

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der

Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. R. Hickel

**Zwei-Jahres-Untersuchung dreier verschiedener kommerzieller Homebleaching-
Produkte in Bezug auf Bleichwirkung und Wirkungsdauer**

in vivo

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Daniel Diethard Pascher

aus

München

2004

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. C. Benz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. B. Elsenhans
Prof. Dr. K. Wurster

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: OA Dr. K. El Mahdy

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter

Tag der mündlichen Prüfung: 30. März 2004

MEINEM VATER

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	9
1.1	Einleitung	9
1.2	Grundlagen der Zahnfarbe	10
1.2.1	Anatomie des Zahnes	10
1.2.2	Physik und Wahrnehmung der Zahnfarbe	12
1.3	Zahnverfärbungen	16
1.3.1	Intrinsische Verfärbungen	16
1.3.1.1	Strukturanomalien, lokale Fehlbildungen	16
1.3.1.2	Systemische Erkrankungen	17
1.3.1.3	Chemikalien und Pharmaka	18
1.3.1.4	Trauma	19
1.3.1.5	Karies	20
1.3.1.6	Alter	21
1.3.1.7	Iatrogene Faktoren	22
1.3.2	Extrinsische Zahnverfärbungen	23
1.3.2.1	Nahrungs- und Genussmittel	24
1.3.2.2	Pharmaka und Chemikalien	25
1.3.2.3	Chromogene Bakterien	26
1.4	Therapiemöglichkeiten zur Korrektur der Zahnfarbe	27
1.4.1	Zahnreinigung	27
1.4.2	Restaurative Maßnahmen	28
1.4.2.1	Plastische Restaurationen	28
1.4.2.2	Veneers	29
1.4.2.3	Kronen, Inlays	29
1.4.3	Mikroabrasion	30
1.4.4	Oxidative Zahnaufhellung (Bleaching)	31
1.4.4.1	Geschichte der Zahnaufhellung	31
1.4.4.2	Vitalbleaching: home bleaching / in office	33

1.4.4.3	Aufhellung devitaler Zähne	35
1.5	Fragestellung	36
2	Material und Methode	37
2.1	Homebleaching-Gele	37
2.1.1	Zusammensetzung	37
2.1.2	Chemismus und Kinetik	38
2.1.3	Nebenwirkungen (Literaturübersicht)	40
2.1.3.1	Zahnhartsubstanz, Speichel	41
2.1.3.2	Pulpa, Gingiva, systemische Auswirkungen	42
2.1.3.3	Zahnärztliche Restaurationen	43
2.1.4	Übersicht Homebleaching Produkte	45
2.1.5	Exemplarische Vorstellung der verwendeten Produkte	46
2.1.5.1	Colgate PLATINUM®	46
2.1.5.2	Dentsply NUPROGOLD™	46
2.1.5.3	Nite White® EXCEL	47
2.2	Technisches Procedere	48
2.2.1	Modellvorbereitung	48
2.2.2	Herstellung der Schienen	48
2.3	Patientenprofil	51
2.4	Durchführung und Kontrolle	52
2.4.1	Vorbereitungen	52
2.4.2	Anwendung zu Hause	53
2.4.3	Kontrolltermine und Überwachung	54
2.5	Datenerfassung und Datenverarbeitung	56
2.5.1	Gesundheitszustand und orale Parameter	56
2.5.2	Schienen, Bleichmittel und Heimanwendung	57
2.5.3	Farbmessung	57
2.5.4	Fotodokumentation	59
2.5.5	Datenverarbeitung	60

3	Ergebnisse	62
3.1	Farbveränderung	62
3.1.1	Überblick	62
3.1.2	In Abhängigkeit vom Alter der Patienten	67
3.1.3	In Abhängigkeit des Tabakkonsums	68
3.1.4	In Abhängigkeit von Geschlecht und Zahnnummer	69
3.1.5	Interaktionen mit bestehenden Restaurationen	70
3.2	Orale und systemische Befunde	72
3.2.1	Plaque, Speichel	72
3.2.2	Hypersensibilität und Schmerz	76
3.2.3	Irritationen Gingiva, Geschmack	79
3.2.4	Systemische und sonstige Nebenwirkungen	81
3.3	Ergebnisse zur Anwendung	82
3.3.1	Ergebnisse zur Handhabung der Schienen	82
3.3.2	Beurteilung der Bleichmedien durch die Probanden	83
3.3.3	Sonstige Erhebungen	84
4	Diskussion	86
5	Zusammenfassung	96
6	Literatur	98
7	Anhang	107
7.1	Befundbögen	107
7.2	Herstellerverzeichnis	115
7.3	Danksagung	116
7.4	Lebenslauf	117

1 Einführung

1.1 Einleitung

Die Zahnästhetik gewinnt auch in Deutschland zunehmend an Bedeutung. Sind es doch nach den Augen vor allem die Zähne, die den berühmten „ersten Eindruck“ von einem Menschen maßgeblich beeinflussen.

Dabei hat die Kultur erheblichen Einfluss auf das Schönheitsempfinden der Menschen. Während die Ideale in unserer zivilisierten Kultur Westeuropas ebenmäßige weiße Zähne mit korrekter Stellung darstellen, ist es in den islamischen Ländern bis heute Brauch, Zähne im sichtbaren Bereich mit Goldkronen zu versehen, um die Zugehörigkeit zu einer wohlhabenden Schicht zu demonstrieren. Ein ähnliches Beispiel ist die Schwarzfärbung der Zähne in Japan (bis in das 19. Jahrhundert) als Zeichen der Vermählung [1]. In unserer von Erfolg und Leistung geprägten Kultur stellen gleichmäßige helle Zähne ein Symbol für Gesundheit, Attraktivität und Leistungsfähigkeit dar. Neben medizinischen Indikationen gibt es daher zunehmend auch ästhetische Gründe für eine Zahnbehandlung.

Wie wichtig den heutigen Patienten ihre makellose Zahnästhetik ist, belegt eine Studie des Emnid-Instituts initiiert von Degussa-Dental, wonach über 92 % der Befragten die Ästhetik für „sehr wichtig“ oder „wichtig“ halten [70]. In den USA werden dazu immer mehr spezielle „Whitening clinics“ eingerichtet.

Dass die Zahnfarbe bei einem Großteil der Bevölkerung meist von einem strahlendem Weiß eines A1-Wertes der VITA[®]-Skala abweicht, macht sich die Industrie zu Nutze. Der ständig wachsende Markt im Bereich der Homebleaching-Produkte mit steigenden Umsatzzahlen [6] belegt das zunehmende Bedürfnis nach Zahnaufhellung.

Wer als Zahnarzt diesem Wunsch der Patienten nicht nachkommt, ignoriert einen wichtigen Aspekt im ganzheitlichen Konzept der Gesundheit wie wir es heute verstehen. „Ein gesundes Lächeln fördert das Selbstvertrauen und strahlt auf andere einen Zustand des Wohlbefindens aus (frei aus dem Englischen nach Ronald E. Goldstein) [38].

Während in den USA das Bleaching seit den frühen 90er Jahren des letzten Jahrhunderts als fester Bestandteil der ästhetischen Zahnheilkunde angesehen wird, ist man in Deutschland lange Zeit zurückhaltender bei der Akzeptanz dieser Behandlungsmethode geblieben. Heute hat sich das Aufhellen von Zähnen weitgehend durchgesetzt, ein breites Angebot an Bleichmitteln ist auf dem deutschen Markt zu finden. Trotz meist ähnlicher Zusammensetzung gibt es große Unterschiede in der Wirkung sowie der Ausprägung von Nebenwirkungen bei den verschiedenen Produkten.

Die vorliegende Arbeit möchte dieses Phänomen näher untersuchen.

1.2 Grundlagen der Zahnfarbe

1.2.1 Anatomie des Zahnes

Die Kenntnis von der Anatomie des Zahnes ist entscheidend für das Verständnis der Entstehung von Zahnverfärbungen sowie deren Beseitigung.

Zähne bestehen aus den Hartsubstanzen Schmelz, Dentin und Zement. Diese schließen das Weichgewebe, die Pulpa, ein. (Abbildung 1)

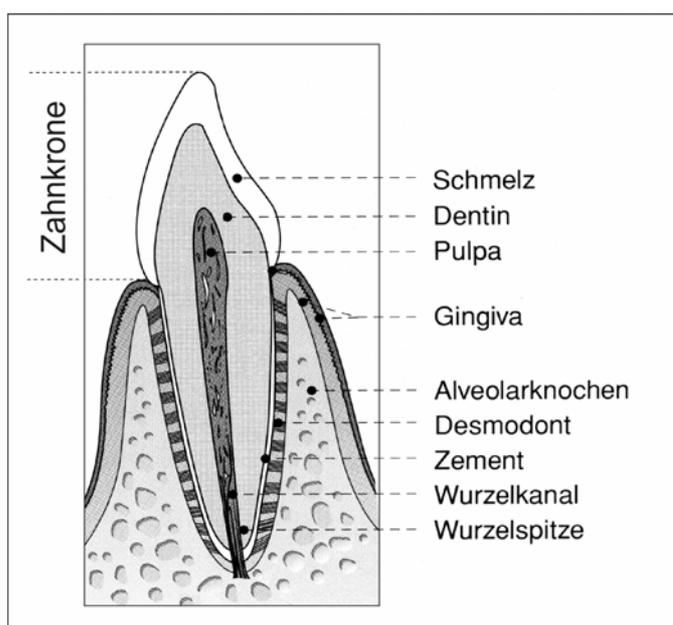


Abb. 1:
Anatomie eines Schneidezahnes
sowie seiner umgebenden Strukturen.

Modifiziert nach [12].

Der Zahnschmelz als härteste Substanz des menschlichen Körpers [51] ist ein kristallines Gefüge vorwiegend aus Kalzium-Phosphat-Verbindungen (Apatit). Der Anteil anorganischer Verbindungen beträgt zwischen 93 und 98 Gew.%, der Wassergehalt liegt bei etwa 1,5 bis 4 Gew.% [51]. Mit etwa 1 Gew.% ist der Anteil an organischer Matrix sehr gering [98].

Der natürlich vorliegende Hydroxylapatit kann durch eine Substitutionsreaktion zu säurebeständigerem Fluorapatit umgewandelt werden. Diese Eigenschaft macht man sich in der Kariesprophylaxe zu Nutze.

Schmelz ist aufgrund seines geringen Anteils an organischer Substanz sehr transluzent und hat keine ausgeprägte Eigenfarbe.

Dentin (Zahnbein) stellt die Hauptmasse des menschlichen Zahnes. Es ist zu 70 Gew.% aus anorganischem Material, der Anteil an organischer Masse beträgt etwa 20 Gew.%, 10 % ist Wasser. Dadurch ist Dentin weniger hart als Schmelz und auch weniger spröde. Seine Eigenfarbe variiert zwischen hellerem und dunklerem gelb bis hin zu braun. Ausläufer von Zellen der Pulpa (sog. Odontoblastenfortsätze) liegen in den Dentinkanälchen (Tubuli, Durchmesser: 0,8 bis 1,9 μm), die das gesamte Dentin bis hin zur Schmelz-Dentingrenze durchziehen [98]. Das Dentin ist durch diese Kanälchen gewissermaßen „porös“, Farbstoffe können sich einlagern und zu Zahnverfärbungen führen. Dentin liegt im frisch durchgebrochenen Zahn als regulär strukturiertes Primärdentin vor, später von Pulpaseite angebautes Dentin wird als Sekundärdentin bezeichnet (regulär oder irregulär aufgebaut). Tertiärdentin (Reizdentin), das nach verschiedenen Reizen (z.B. Karies) entsteht, ist mehr oder weniger irregulär strukturiert und weist oft eine dunklere Farbe auf [93].

Zement bildet die Wurzeloberfläche der Zähne. In ihn inserieren die sog. Sharpey'schen Fasern der Wurzelhaut (Desmodont) [98], die den Zahn am Alveolarknochen befestigen. Zusammensetzung und Eigenschaften des Zements ähneln der des menschlichen Knochens.

Die Pulpa liegt in der Cavitas dentis, umschlossen von Dentin. Sie enthält Blut- und Lymphgefäße, sowie Nervenzellen. Dentinbildende Zellen (Odontoblasten) sitzen am Übergang zum Zahnbein [86]. Ihre Fortsätze erstrecken sich in die o.g. Dentintubuli im Dentin bis zur Schmelz-Dentingrenze. Diese vermitteln Sinnesrezeptionen.

Die Größe des Pulpenkavums, sowie die Dicke der umgebenden Hartsubstanzen Schmelz und Dentin haben entscheidenden Einfluss auf die Farbe des Zahnes.

1.2.2 Physik und Wahrnehmung der Zahnfarbe

Voraussetzung dafür, dass ein Körper für das menschliche Auge sichtbar wird, ist Licht mit einer Wellenlänge von 380 nm (blau) bis 780 nm (rot) [86]. Materie an sich ist farblos, die Zusammensetzung und Struktur des Objektes bestimmen die Art der Absorption, Lichtbrechung und Reflexion; aus dem reflektierten Restlicht resultiert die dann charakteristische Farbe, die wir sehen.

Für den menschlichen Zahn findet man folgende Beschreibung:

„Die klinische Farbe der Krone eines normalen vitalen Zahnes wird, abhängig von Dicke und Transparenzgrad des Schmelzes, von der gelblichen Eigenfarbe des Dentins, seiner Dicke und der durchbluteten Pulpa bestimmt. Sie ist individuell verschieden und variiert zwischen hell-weißlich-gelbgrau und hellgelb.“ (SCHROEDER, [93])

Dies gilt nur bei bestimmten festgelegten Lichtverhältnissen, denn es gibt eine Reihe von Phänomenen, die die Farbwahrnehmung beeinflussen.

Erscheinen zwei Farben bei einem bestimmten Licht identisch, bei anderer Lichtquelle (anderes Spektrum) jedoch unterschiedlich, spricht man von Metamerie. Ursache dafür sind die chemisch-physikalischen Eigenschaft der Pigmente. In der zahnärztlichen Praxis kann man diesem Problem begegnen, indem man bei Bestimmungen der Zahnfarbe am Patienten neben Tageslicht auch künstliches Licht zum Vergleich verwendet [87].

Nicht nur die Farbe charakterisiert das Aussehen eines Zahnes. Auch die Transluzenz muss beachtet werden. Sie hängt ab von der Menge an Trübungspartikeln (Streuung des Lichts), die im Zahn enthalten sind; diese sind durch den Begriff Opazität charakterisiert. Besonders die transluzenten Anteile eines Zahnes führen zum lebendigen und natürlichen Aussehen.

Darüber hinaus weist jeder Zahn Fluoreszenzeigenschaften auf, die vor allem im Dentin nachzuweisen sind [87].

Ein schwierig zu messendes Phänomen jedes Zahnes ist die mehr oder weniger ausgeprägte Opaleszenz, die an Trennflächen verschiedener Substanzen oder durch Beugung an Gittern (Kristallen) entsteht. Während der Zahn im Auflicht unter einem bläulichem Schimmer erscheint, zeigt er sich im Durchlicht eher rötlich/orange. Dies hängt mit der unterschiedlichen Streuwirkung von langwelligem (rotem) und kurzwelligem (blauem) Licht zusammen [87].

Manche Farbeigenschaften werden jedoch durch den sogenannten Chamäleoneffekt kaschiert. Dieser beruht auf der Eigenschaft, eines Körpers, die Farbe eines benachbarten Körpers anzunehmen. Dies gilt besonders bei hoher Transluzenz, niedriger Farbsättigung und helleren Farben [87].

Dieser Gesetzmäßigkeiten muss man sich bewusst sein, wenn man die Zahnfarbe bestimmen will, sei es zu vergleichenden Zwecken wie in dieser Arbeit oder zur Anfertigung von individuell passendem Zahnersatz.

Auch die im Folgenden aufgelisteten Faktoren spielen eine große Rolle bei der Farbwahrnehmung [97]:

- Physiologie des Sehorgans (z.B. Farbenfehlsichtigkeit)
- Farbe des Umfeldes (Lippenstift, Kleidung des Patienten, Raumgestaltung)
- Dauer der Betrachtung
- Zeitlicher Kontrast (vorheriges grelles Licht lässt das Objekt anders aussehen, als nach Adaptation an gedämpftes Licht)
- Form- und Oberflächenbeschaffenheit des Objektes (nasse Oberfläche reflektiert)
- Physische und psychische Beeinträchtigung (Krankheit, Gemütszustände)
- Betrachtungswinkel

Für die Abmusterung und Wiedergabe der Zahnfarbe braucht man ein reproduzierbares System zur Farbnahme. Aufgrund der strukturellen Besonderheiten eines Zahnes ist es meist nicht möglich, eine reproduzierbare Zahnfarbe zu ermitteln.

Man kann jedoch versuchen, die Zahnfarbe näherungsweise zu bestimmen:

- Anwendung von Vergleichsmustern
- Einsatz elektronischer Farbmessgeräte

Bei der Verwendung (empirisch erstellter) standardisiert geschichteter Farbmuster (sog. Farbringe) werden Farbproben mit dem Zahn verglichen. Von der Industrie werden verschiedene solcher Farbringe angeboten.

Exemplarisch sollen vier Systeme genannt werden (Tab. 1).

Chromascop®	Ivoclar, FL - Schaan
Biodent®	De Trey Dentsply, D-Dreieich
VITAPAN® classical	VITA Zahnfabrik, D-Bad Säckingen
VITAPAN 3D-Master®	VITA Zahnfabrik, D-Bad Säckingen

Tab. 1: Übersicht Farbringe (Auswahl) [97].

Dabei kommt in Deutschland zumeist die Vitapan® classical Farbskala (VITA, D-Bad Säckingen) mit ihrer Einteilung der Zahnfarben von A bis D (Farbton gelblich, rötlich, sowie bläulich und gräulich) und von 1 (sehr hell) bis 4 (sehr dunkel) zum Einsatz. Der dritte Parameter, die Farbtintensität, wurde in diesem System nicht berücksichtigt. Mit der neueren Farbmessskala „Vitapan 3D-Master®“ (Abb. 2) wurde dieser Mangel beseitigt. Auch die hellen Zahnfarben nach Bleaching können nun erfasst werden.



Abb. 2: Beispiel für einen Farbring (VITAPAN 3D-Master®, VITA Zahnfabrik, D-Bad Säckingen).

Die Farbbestimmung hängt maßgeblich von der Beschaffenheit der verwendeten Lichtquelle (emittiertes Spektrum) ab. Um eine Reproduzierbarkeit zu erreichen, sollte ein weites und v.a. konstantes Spektrum verwendet werden. Im Falle von Sonnenlicht entsteht dabei das Problem der tages- bzw. jahreszeitlich und witterungsbedingten Änderung des Spektrums. Als guten Kompromiss hat man das indirekte Tageslicht (möglichst Nordlicht) von 10 bis 11 Uhr sowie zwischen 14 und 15 Uhr gewählt [97]. Verwendet man Kunstlicht, so sollte es eine Farbtemperatur von ca. 5500 Grad Kelvin aufweisen und bei einer Beleuchtungsstärke von 1200 bis 1500 Lux ein breites Lichtspektrum, ähnlich dem des Tageslichts, emittieren [87].

Möchte man die subjektiven Fehlerquellen eliminieren, so kann man heute auf elektronische Farbmessgeräte zurückgreifen, die die physikalischen Parameter der Farbe einzeln messen.

Bestimmt werden können Farbton (Hue), Helligkeit (Value) sowie Farbsättigung (Anteil des Grauwertes), die als Shade oder Chroma bezeichnet wird [97]. Es handelt sich dabei um mobile Geräte, sogenannte Dreifiltermessgeräte. Eine Normlichtquelle erzeugt in der Regel weißes Licht, das durch Filtergruppen in die Primärfarben zerlegt wird; ermittelt wird das reflektierte Restlicht. Trotz der geringeren Langzeitreproduzierbarkeit gegenüber einem Spektralkolorimeter haben sich Dreifiltermessgeräte wegen ihrer mobilen Verwendung und des geringeren Anschaffungspreises durchgesetzt [87].

Voraussetzung für wahrheitsgetreue Ergebnisse sind je nach Gerätetyp sehr transparente oder sehr opake Materialien mit homogener Struktur und glatter Oberfläche. Zähne erfüllen diese Anforderungen nur zu einem sehr geringen Teil, wodurch sich einige Anwendungsprobleme ergeben [47].

Außerdem werden Opaleszenzphänomene, fluoreszente Eigenschaften und Chamäleon-effekte nicht berücksichtigt, so dass das erfahrene Auge des Behandlers bzw. Zahntechnikers eine wichtige Kontrollinstanz ist und wohl auch bleiben wird.

Für eine weitere Optimierung der Farbmessung werden zunehmend kleinere Sensoren verbaut, die es erlauben, mehrere (bis zu neun) Messpunkte der Zahnfläche abzumustern.

1.3 Zahnverfärbungen

Zahnverfärbungen sind definiert als Abweichungen von der jeweils individuell normalen Zahnfarbe. Es werden intrinsische und extrinsische Verfärbungen unterschieden.

1.3.1 Intrinsische Verfärbungen

Intrinsische Zahnverfärbungen können sowohl prä- als auch posteruptive Ursachen haben [93]. Neben farbverändernden Prozessen im Inneren des Zahnes können auch Strukturveränderungen die Zahnfarbe insgesamt beeinflussen.

1.3.1.1 Strukturanomalien, lokale Fehlbildungen

Strukturanomalien und Fehlbildungen entstehen, wenn Noxen während der Bildung und Reifung der Zahnhartsubstanzen einwirken und eine normale Entwicklung des Zahnes verhindern.

Das häufigste Phänomen ist die genetisch determinierte Amelogenesis imperfecta. Die genetischen Defekte manifestieren sich als leichte Kalzifizierungsfehler (Hypomaturation) bis hin zum völligen Fehlen des Schmelzes [93]. Je nach Ausmaß der Defekte zeigen sich farbliche Auffälligkeiten durch die Dominanz des gelblich-braunen Dentins.

Entsprechend der Amelogenesis imperfecta ist auch eine genetisch gesteuerte Dentin-Fehlbildung (Dentinogenesis imperfecta) möglich [39]. Davon betroffene Zähne zeigen vorwiegend eine bernsteinperlmutterartige blaubräunliche schillernde Farbe [95]; zumeist ist die Pulpa vollständig obliteriert [54],[93]. Als Therapie dieser Fehlentwicklungen ist eine plastische Restauration oder Überkronung indiziert.

Zu den seltenen Formen der Zahnfehlbildung zählt Taurodontismus, der durch überdimensional ausgeprägte Pulpenhöhlen den Zahn dunkler erscheinen lässt.

Zu Strukturanomalien mit verfärbender Wirkung zählen auch interne Granulome („innere Resorptionen“), die infolge einer irreversiblen chronischen Pulpitis entstehen können. Dabei kommt es in der Pulpa zu einer Ausbildung von Granulationsgewebe, welches schließlich Resorptionen am Dentin auslösen kann. Als Ursache werden Trauma, Pulpo-

tomie, chronische Pulpitis und direkte Pulpa-Überkappung genannt [39]. Im Verlauf der Resorptionen wird das Dentin derart ausgedünnt, dass am betroffenen Zahn ein rosaroter Fleck imponiert [95]. Ohne Therapie kann es zu einer Perforation nach außen kommen, Schmerzsymptome treten dabei nur gelegentlich auf [39]. Bei internen Resorptionen ist eine frühzeitige Pulpektomie angezeigt.

Auch Erkrankungen der schwangeren Mutter können zu Entwicklungsstörungen beim Kind führen, die oft auch Strukturveränderungen an den Zähnen hervorrufen.

Infektionen mit dem Röteln-Virus in den ersten Schwangerschaftswochen führen zum sog. Rubeolasyndrom [93]. Die Auswirkung auf die Zähne bestehen in einer Schmelzhypoplasie, Hypodontie und allgemein dysplastischen Zähnen.

Auch eine Syphilis-Erkrankung der Mutter während der Schwangerschaft kann schwere Entwicklungsschäden am Kind zur Folge haben. Die Symptome äußern sich in der sogenannten „Hutchinson´schen Trias“. Dabei treten neben Innenohrschwerhörigkeit und Keratitis parenchymatosa Formfehler an den oberen Schneidezähnen (tonnenförmig mit halbmondförmiger Einbuchtung der Schneidekante) und den 6-Jahr-Molaren auf („Maulbeermolaren“) [95].

Weitere Erkrankungen werden beschrieben, von denen als bekannteste die Salmonelleninfektion während der Schwangerschaft hervorzuheben ist; sie verursacht Schmelzhypoplasien.

Bei allen Struktur anomalies ist das Dickenverhältnis von Schmelz und Dentin, sowie die Gleichmäßigkeit der Strukturen verändert, wodurch die Zahnfarbe mehr oder weniger deutlich von der gesunder Zähne abweicht.

1.3.1.2 Systemische Erkrankungen

Einige systemische Erkrankungen haben deutliche Auswirkungen auf die Zahnentwicklung.

Bei neonataler Hepatitis, sowie bei Morbus haemolyticus neonatorum wird oxidiertes Bilirubin aus dem Blut in Schmelz und Dentin eingelagert, was später bei Milch- und bleibenden Zähnen zu einer grau-gelbbraunlichen Verfärbung führt [93].

Auch die kongenitale Porphyrrie führt zu deutlichen Farbveränderung in der Zahnkrone und v.a. in den Wurzeln, die indigofarben erscheinen. Ursache für die meist rötlichbraunen Verfärbungen [95] ist im Blut zirkulierendes Hämatoporphyrin, das in Knochen und Zähnen bei der Mineralisation gebunden wird [93].

Zustände der Mangelernährung (besonders Mangel an Kalzium und Phosphor, sowie an Vitaminen A, C (Skorbut), D (Rachitis)) während der Zahnbildung führen zu Substanzdefekten [13] die denen bei Amelo- / Dentinogenesis imperfecta ähneln.

1.3.1.3 Chemikalien und Pharmaka

Die Fluorose stellt den bekanntesten Vertreter der präeruptiven intrinsischen Verfärbungen durch Chemikalien dar. Wegen seiner kariespräventiven Eigenschaft ist Fluorid heute einigen Nahrungsmitteln (Speisesalz) und Zahnpflegeprodukten beigemischt. Eine Überdosierung der Fluoridzufuhr während der Schmelzbildungsphase führt jedoch zu Schmelzverfärbungen und Schmelzdysplasien [13]. Einen Anhaltspunkt für eine angemessene Fluoriddosierung bei Kindern geben die Empfehlungen der DGZMK, die den Fluoridgehalt des örtlichen Trinkwassers berücksichtigen [56]. Die Ausprägung der Fluorose korreliert mit der Menge des aufgenommenen Fluorids [93].

Bei leichter Fluorose erkennt man feine weißliche Linien, die gleichmäßig über die vestibulären Zahnflächen verteilt sind. Von fluorbedingtem „Mottling“ spricht man bei stärkerer Ausprägung, wenn diese Linien zu größeren weißen Arealen konfluieren. Hochgradige Schmelzfluorose führt zu lochartigen Oberflächendefekten („Pitting“), die wegen der Dentinadenudation bräunlich erscheinen [13].

Auch einige Pharmaka können die Zahnbildung beeinflussen und neben Strukturabweichungen auch Farbveränderungen auslösen.

Antibiotika auf Basis der Tetracykline (Aureomycin[®], Ledermyzin[®]) verursachen typische Schmelzverfärbungen, die im UV-Licht fluoreszieren [13] und bereits präeruptiv ihre Wirkung haben. Dabei besteht ein Zusammenhang zwischen der Dosis der Tetracyklingabe und dem Grad der Verfärbung [95]. Tetracyclin-Moleküle bilden mit den Kalzium-Ionen des Apatits einen Komplex aus, der vom Körper nur sehr langsam abgebaut wird. Nicht abgebaute Komplexe sind nach der Eruption irreversibel mit der Zahnhart-

substanz verbunden und führen zu einer dauerhaften Verfärbung mit gelblich bis braun-gräulicher Ausprägung. Eine Nachdunkelung dieser Verfärbungen ist auf die Oxidation der Tetrazyklin-Moleküle zurückzuführen [54].

Da Schmelz und Dentin beinahe gleichermaßen das Tetrazyklin binden, sind bei einer Gabe ab dem dritten postnatalen Monat bis zum sechsten Lebensjahr die bleibenden Schneide- und Eckzähne gefährdet. Tetrazyklinmoleküle sind plazentagängig, somit können auch im fetalen Blut hohe Konzentrationen erreicht werden [93]. Für die Milchschneide- und Eckzähne liegt die kritische Zeit zwischen dem viertem Schwangerschaftsmonat und dem neunten Monat nach der Geburt.

Eine Verabreichung von Tetrazyklin vor dem 8. Lebensjahr bzw. an Schwangere ist heute obsolet.

Auch bei ausgereiften Zähnen kann es zu posteruptiver Einlagerung von Farbstoffen nach Langzeitmedikation kommen. So verursacht Minozyklin[®] (Tetrazyklinanalog) eine Grauverfärbung im koronalen Bereich der Zahnkronen [93]. Auch Zytostase-Pharmaka (z.B. Nitrofurantoin) sowie eine Überdosierung von Vitamin-D-Präparaten können entsprechende Zahnverfärbungen verursachen [13],[95].

1.3.1.4 Trauma

Auch Verletzungen des Zahnes können Verfärbungen hervorrufen. Einige Traumata führen zu Blutungen innerhalb des Pulpenkavums (Ruptur von Blutgefäßen). Das ausgetretene Blut dringt in Frakturspalten, Risse sowie in die Dentintubuli ein und wird dort hämolysiert. Aus dem freigewordenen Eisen des Hämoglobins entsteht mit von Bakterien gebildetem Schwefelwasserstoff eine Sulfidverbindung [39]. Anfänglich zeigt sich eine Rosaverfärbung [7] (frisches Blut), die sich über die Farben der Blutabbauprodukte (Hämin, Hämatin, Hämatoidin, Hämosiderin, Hämotoporphyrin) grün und bläulich zu dunkel-braun und dunkelgrau (schwarzes Eisensulfid) verändert [39].

Gravierendere Verletzungen können zu einem Absterben der gesamten Pulpa führen. Ohne endodontische Behandlung verfärbt sich der Zahn in oben genannter Weise.

Bei einigen Traumata folgt eine Degeneration der Pulpa und Sklerosierung des Dentins. Die Zahnfarbe wird zunehmend vom gelblichbraunen Dentin dominiert [7].

Traumata, die den Zahnkeim treffen oder während der Bildung auf nicht ausgereifte Zahnstrukturen einwirken, haben erheblichen Einfluss auf die Ausbildung des bleibenden Zahnes. Leichte Traumata manifestieren sich meist als weißliche bis gelbbraunliche Schmelzflecken, während gravierendere Ereignisse Farbveränderungen bis hin zu tiefbraun verursachen können [13]. Bei weiter zunehmender Krafteinwirkung kommt es zur Ausbildung sog. Turner-Zähne. Diese zeigen Braunverfärbungen [13], sowie Schmelz- und Dentinreifungsstörungen (Hypoplasien, wallförmige Defekte und Dilazationen).

Auch metabolische Traumata und Infektionen im periapikalen Bereich von Milchzähnen können die genannten Störungen auslösen [93].

Ionisierende Strahlen in hoher Dosis, wie sie beispielsweise bei der Bestrahlung von Tumoren angewendet werden, sind ebenfalls als lokale Traumata einzustufen.

1.3.1.5 Karies

Karies ist die hauptsächliche Erkrankung der Zahnhartsubstanzen, in deren Verlauf es zu einem irreversiblen Verlust an Schmelz oder Dentin kommt. Sie entsteht durch das Vorhandensein von Mikroorganismen (vorwiegend Streptokokken und Aktinomyzeten) und Substrat (Kohlenhydrate). Durch sekundäre Faktoren wird die Kariesbildung beeinflusst: Speichel, der den pH-Wert in gewissem Umfang puffern kann sowie Dauer und Häufigkeit der Substratzufuhr.

Auch die Zahnstruktur und Form wie auch die Zahnstellung (Vorhandensein von Prädiaktionsstellen) haben Einfluß darauf, wie schnell sich eine Karies manifestieren kann. Die Anheftung der Bakterien an den Zahn geschieht über den Zahnbelag, der sogenannten Plaque. Plaque ist nach SCHROEDER per definitionem eine „weiche, variabel dicke, dicht verfilzte, stumpfgelblich-graue Auflagerung, die aus verschiedenen Bakterien und einer Matrix (bakterielle Produkte, Speichelkomponenten)“ [93] besteht.

Als Spezialform ist der Zahnstein hervorzuheben (verkalkte Plaque). Supragingival erscheint er als sehr harte weisslich-gelbe bis dunkelgelbe Substanz oberhalb des Gingivalsaums [93]. Durch verringerte Hygienefähigkeit erhöht sich bei zahnsteinbefallenen Zähnen die Wahrscheinlichkeit vermehrter Bakterienbesiedlung mit der Gefahr einer Karies- oder Parodontitis-Entstehung. Während unverkalkte Plaque durch gute Mund-

hygienemaßnahmen entfernt werden kann, ist Zahnstein nur mit entsprechenden Ultraschall- oder Handinstrumenten zu beseitigen.

Plaque entsteht in mehreren Stufen auf Basis des Zahnoberhäutchens und wächst innerhalb von vier bis sieben Tagen zu einer sog. ausgereiften Plaque mit zunehmend anaeroben Charakter heran, die dann zu 60-70 Prozent aus Bakterien besteht. Diese verwerten die über die Nahrung zugeführten Kohlenhydrate. Es entstehen Glucane, die ihnen die feste Anheftung am Zahn ermöglichen sowie Säuren (Laktat, Pyruvat). Diese Säuren führen zu einem pH-Wert-Abfall, der ab einem Wert von ca. 5,2 bis 5,7 zu einer Demineralisation des Zahnschmelzes (Karies) führt [33].

Initiale Schmelz-Karies („white spots“) ist als einzige Kariesform durch gute Mundhygiene und Fluoridierungsmaßnahmen reversibel [93]. Mit zunehmender Demineralisation kommt es zu regelrechter Auflösung der Apatitstrukturen des Schmelzes; Porositäten und Kavitäten entstehen. Die Karies ist in eine chronische und v.a. irreversible Form übergegangen, in deren weiterem Verlauf bei weiterer Kavitation schließlich das Dentin aufgelöst wird. Die Zerstörung der gesamten Zahnhartsubstanz und eine bakterielle Infektion der Pulpa markieren das Ende des Krankheitsverlaufs.

Die verschiedenen Formen der Karies führen zu unterschiedlichen Verfärbungen an den Zähnen. Die ruhende Karies (Caries sicca) manifestiert sich in hell- bis dunkelbraunen Flecken, mit meist geringer Kavitation [93]. Dagegen imponieren bei Initialkaries (partielle Entkalkung) weißlich opake Flecken und Streifen [33],[95], wie sie auch bei mittelschwerer Fluorose beobachtet werden [93].

Aktive Dentinkaries ist ab einer bestimmten Dimension als dunkelbrauner Schatten von außen erkennbar, schließlich ist der Schmelz so weit unterminiert, dass er einbricht.

1.3.1.6 Alter

Mit zunehmendem Alter wird der transluzente Schmelz durch Attrition (Abrieb durch Nahrungszerkleinerung, Parafunktionen), Abrasion (Fremdkörperabrieb) und Erosion sowie infolge von Traumata in seiner Dicke reduziert [93]. Die Zahnfarbe wird zunehmend von der Eigenfarbe des Dentins bestimmt. Zusätzlich reduziert sich im Schmelz über die Jahre der Wasseranteil sowie der Anteil an organischer Matrix [93]. Der

Schmelz wird transparenter und die Zähne erscheinen entsprechend der Eigenfarbe des Dentins gelblicher und bräunlicher, im Bereich der Schneidekanten auch gräulich aufgrund der durchscheinenden dunklen Mundhöhle.

Mit zunehmendem Alter verkleinert sich das Pulpenkavum durch fortwährende Sekundärdentinbildung, sowie durch besonders nach dem 45. Lebensjahr einsetzende Sklerosierung. Die Zahnfarbe verschiebt sich aufgrund der Dickenzunahme des Dentins in Richtung dunkelgelblichgrau [7],[93]. Darüber hinaus sind gealterte Zähne durch ihre veränderte Struktur empfänglicher für extrinsische Verfärbungen [38].

1.3.1.7 Iatrogene Faktoren

Wie bei einer traumatisch bedingten Pulpanekrose (1.3.1.4) treten auch bei unsachgemäßer Trepanation mit Belassen von nekrotischen Pulparesten Zahnverfärbungen durch freiwerdende Eisenverbindungen auf [7]. Dies führt entsprechend den Ausführungen unter 1.3.1.4 zu den dort beschriebenen dunklen Verfärbungen durch Eisensulfid [39].

Auch bestimmte Wurzelkanalfüllmaterialien können durch Einlagerung in Dentin und Zement Verfärbungen der Zahnkrone verursachen. Diese variieren von grau über orange bis hin zu dunkelrot [93]. Dies ist besonders dann zu beobachten, wenn das Wurzelkanalfüllmaterial im Pulpenkavum persistiert. Auch ein Liegenbleiben von Silbernitrat (Desinfektionslösungen), Jodoform und ätherischen Ölen kann Verfärbungen auslösen [39]. Siehe auch Tab. 3 (1.3.2.2).

Neben Wurzelkanalfüllmaterialien bewirken auch Amalgamfüllungen eine graue Verfärbung der Zahnhartsubstanzen. Dies kann zwei Ursachen haben. Zum einen kann bei ausgedünntem Schmelz das silbergraue Amalgam durchschimmern. Zum anderen sind metallische Abscheidungen in das Dentin sowie in den Schmelz möglich.

Die grau-schwarzen Diskolorationen können auch die Gingiva betreffen (Amalgamtätowierung), wenn Amalgam während der Füllungslegung in das Gewebe gelangt oder für retrograde Wurzelfüllung verwendet wird. Es imponiert ein bläulich-schwarzer Fleck im Bereich der Gingiva oder im Vestibulum [95].

Nicht unterschätzt werden dürfen die Auswirkungen farblich nicht abgestimmter Restaurationen, die das Erscheinungsbild der gesamten Zahnkrone beeinträchtigen können,

sowie Unterfüllungszemente. Dabei verfärbt vor allem Zinkoxid-Eugenol-Zement den Zahn gelbbraun [7].

1.3.2 Extrinsische Zahnverfärbungen

Extrinsische Zahnverfärbungen werden durch Stoffe verursacht, die von außen auf den Zahn einwirken. Dabei ist für das Verständnis der Genese wichtig, dass „Farbstoffe jeglicher Herkunft nicht direkt dem kristallinen Schmelz aufgelagert, sondern in bereits bestehende oder entstehende organische Auflagerungen bzw. in die Matrix des oberflächlichen Schmelzes eingelagert“ [93] wird. Es ist bekannt, dass das Zahnoberhäutchen (acquired pellicle) (1.3.1.5) für die Adhäsion der Chromogene am Zahn eine entscheidene Rolle spielt, wobei der exakte Vorgang bis heute nicht lückenlos geklärt ist. Die Speichelproteine des Zahnoberhäutchens binden an die Kalzium- sowie an die Phosphatgruppen des Apatits des Zahnschmelzes [33]. Farbstoffe oder chromogene Substanzen (v.a. Tannine) können an diese semipermeable Membran binden (Abb. 3).

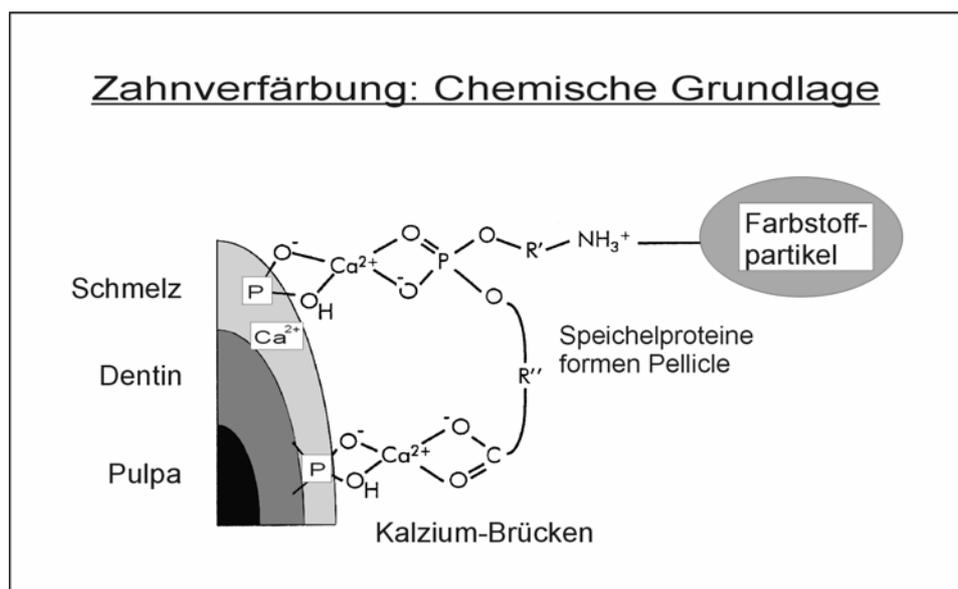


Abb. 3: Interaktion der Farbpartikel mit dem Zahnoberhäutchen (Pellicle) durch Kalzium-Brücken [80] (modifiziert nach [21]).

Die farbliche Erscheinung wird bestimmt von der Lichtabsorption an den ungesättigten Doppelbindungen (C=C) der Chromogene.

Es werden drei Verfärbungstypen unterschieden:

N 1 - Typ	Das Chromogen reagiert mit der Zahnoberfläche. Die Farbe des Chromogens ist mit der zu beobachtenden Verfärbung identisch. Bsp: Kaffee, Tee, Wein.
N 2 - Typ	Nach Bindung an das Pellicle erfährt die färbende Substanz eine Farbänderung. (Akkumulation oder chemische Modifikation der Substanz). Bsp.: Kaffee, Tee nach längerer Verweildauer.
N 3 - Typ	Primär farblose Substanzen werden nach Bindung an die Zahnoberfläche chemisch derartig verändert, dass sie eine meist bräunliche Farbe zeigen. Bsp.: Chlorhexidin.

Tab. 2: Klassifizierung extrinsischer Verfärbungen mit Beispielen [54],[71],[80].

Neben dieser chemischen Anheftung der Verfärbungen können sich Farbpigmente auch durch Einlagerung in Rauigkeiten, Porositäten oder Substanzdefekte (Alter, Karies, Turnerzähne, Amelogenesis imperfecta, zahnärztliche Restauration mit mangelnder Randständigkeit) am Zahn festsetzen, in die Tiefe vordringen und dadurch eine dauerhafte Verfärbung bewirken [5].

1.3.2.1 Nahrungs- und Genussmittel

Zahlreiche Nahrungs- und Genussmittel bergen die Gefahr einer mehr oder weniger starken Verfärbung der Zähne. Vor allem Tee, Wein sowie roter Cayenne-Pfeffer besitzen aufgrund ihres Tannin-Gehaltes [93] ein besonderes Potenzial zur Zahnverfärbung. Bei diesen Diskolorationen spielt die oben erläuterte chemische Adhäsion am Zahn eine außerordentlich große Rolle [54].

Auch zahlreiche Pigmente können sich am Pellicle, der dentalen Plaque oder in Strukturinhomogenitäten festsetzen. Chlorophyll aus pflanzlicher Nahrung [93], Kondensate aus Rauchwaren (Zigaretten, Pfeifen- und Kautabak) sowie die Farbstoffe aus Gewürzen wie beispielsweise Safran zeigen dieses Verhalten verstärkt. Die umschriebenen Verfärbungen entstehen auch bei regelmäßigem Konsum von Beerenfrüchten, Fruchtsäften, Kaffee (Koffein) und Cola, sowie dem Kauen von Betelnüssen [93]. Ebenso können zahnärztliche Restaurationen mit mangelhafter Oberflächengüte oder bestimmte Füllungswerkstoffe eine Auf- bzw. Einlagerung von Farbstoffen ermöglichen.

Einige Nahrungsmittel enthalten starke Säuren (Zitronensaft, Rhabarber, Erfrischungsgetränke). Diese lösen den Schmelz an und ermöglichen so eine Einlagerung von Pigmenten in die geschaffenen Porositäten, die die natürliche Zahnfarbe verändern.

Auch Temperaturwechsel von bis zu 60° C innerhalb weniger Sekunden (Eis und heiße Getränke im Wechsel) führen zu Gefügeveränderungen, Expansion und Kontraktion der Zahnhartsubstanzen, die eine Einlagerung von Fremdkörpern ermöglichen.

1.3.2.2 Pharmaka und Chemikalien

Vor allem eisenhaltige Medikamente können insbesondere bei schlechter Mundhygiene zu einer dunkelbraunen Verfärbung der Zähne führen [95].

Einige Spüllösungen (z.B. Chlorhexidin) verursachen bei längerer Anwendung deutliche Zahnverfärbungen [98], besonders bei Tee- und Kaffeetrinkern [95]. Durch die Reaktion des kationischen Chlorhexidinmoleküls mit anionischen Phosphoproteinen resultieren aus der mehrstufigen Maillard-Reaktion (Abbau der Aminosäuren zu Aldehyden, Folgereaktionen) [3] auffällige braune Ablagerungen auf der Zahnoberfläche [54].

In seltenen Fällen treten Zahnverfärbungen aufgrund von Chemikalien-Exposition auf. Zu nennen sind gräuliche Verfärbungen, die bei Chrom-Exposition (beruflich) oder Bleiaufnahme (Trinkwasser) nachgewiesen wurden. Stärkere Bleiaufnahme manifestiert sich auch als „Bleisaum“ in der marginalen Gingiva [95].

Denkbar sind ferner Zahnverfärbungen durch Anwendung von Lippenstiften und anderen kosmetischen Produkten, die auf die Zähne gelangen [39].

Stoffe	Quelle	Farbe
Cadmium	Beruflich	Gelblich bis gold
Eisen	Medikamente	Grün (schwarz)
Iod	Iatrogen	Gelblich-braun
Kalium	Desinfektion (Kalium-Permanganat)	Violett bis schwarz
Kupfer	Beruflich, Spüllösungen	Grün
Nickel	Beruflich	Grün
Silbernitrat	Desinfektionslösungen	Graubraun, grauschwarz
Zinn	Spüllösungen, Zahnpasta (Zinnfluorid)	Goldbraun

Tab. 3: Stoffe und deren verfärbenden Eigenschaften [54].

1.3.2.3 Chromogene Bakterien

Einige Bakterien können erhebliche Zahnverfärbungen durch ihre Stoffwechselprodukte verursachen. Besonders eindrucksvoll zeigt sich dies in der Entwicklung des Zahnbelags, der dentalen Plaque (1.3.1.5). Gelegentlich treten bei Kindern zwischen dem 6. und 15. Lebensjahr schwarze Verfärbungen auf, die nur sehr schwer entfernbar sind. Darin wurden verschiedene Actinomyceten nachgewiesen, deren Stoffwechselprodukt (Schwefelwasserstoff) mit Speichелеisen unlösliches Eisensulfid bilden [93].

Häufig erkennt man auch eine Grünverfärbung der Labialflächen oberer Incisivi bei Kindern mit unzureichender Mundhygiene. Neben Bakterien werden dafür auch Ablagerungen von Hämoglobin-Abbauprodukten nach Zahnfleischbluten und Chlorophyll-Einlagerungen (aus pflanzlichen Nahrungsmitteln) verantwortlich gemacht [93],[95].

Gelegentlich werden auch Orange-Verfärbungen durch Bakterien beobachtet, deren Genese jedoch nicht schlüssig geklärt ist [93].

1.4 Therapiemöglichkeiten zur Korrektur der Zahnfarbe

Die moderne Zahnheilkunde bietet eine Reihe von Möglichkeiten, Verfärbungen an Zähnen zu entfernen. Neben professioneller Zahnreinigung, gibt es die Möglichkeiten der Mikroabrasion oder des Bleaching zur Optimierung der Zahnfarbe. Gravierendere Defekte und stärkere Farbabweichungen lassen sich oftmals nur durch invasive Therapien wie adhäsive Rekonstruktion oder Überkronung beheben.

Es ist unerlässlich, die genaue Ursache für die Verfärbung zu erkennen, um die richtige Therapie sicher auswählen zu können.

1.4.1 Zahnreinigung

Die Mundhygiene hat das Ziel, jegliche Plaque und sonstige Ablagerungen von der Zahnhartsubstanz zu entfernen. Man erreicht dadurch zum einen eine Kariesprävention und verhindert zusätzlich die Entstehung marginaler Parodontopathien. Durch die regelmäßige Plaqueentfernung kann die Entstehung der meisten extrinsischen Verfärbungen inhibiert werden.

Es wird eine persönliche (durch den Patienten zu Hause) und professionelle (durch zahnmedizinisches Personal) Zahnreinigung unterschieden.

Bei der häuslichen Mundhygiene werden in erster Linie Zahnbürsten zur Reinigung der Okklusal- und der seitlichen Zahnflächen verwendet. Diese sollten möglichst mit abgerundeten Nylonborsten in mehreren Reihen (multi-tufted) bestückt sein. Elektrische Zahnbürsten haben bei richtiger Anwendung eine ähnliche Reinigungswirkung wie Handzahnbürsten. Sie sind besonders geeignet für Menschen, deren manuelle Geschicklichkeit reduziert ist.

Die verwendete Zahnpasta wirkt durch ihre chemische Zusammensetzung hemmend auf die Neuanlagerung von Bakterien (Chlorhexidin) sowie die Entstehung von Zahnstein (Pyrophosphate). Eine zentrale Stellung nehmen Fluoride ein, die bei einer Konzentration von 0,1 bis 0,15 % eine Kariesreduktion von bis zu 20 % (bei täglicher Anwendung) bewirken können [33].

Abrasivstoffe unterstützen die reinigende Wirkung der Zahnbürste.

Für die Approximalflächen eignen sich je nach Größe des Interdentalraumes Zahnseide, Interdentalbürste oder die Einbüschelbürste [29]. Der Unterschied zwischen gewachster und ungewachster Zahnseide zeigt sich lediglich in der Handhabung, nicht jedoch in der Reinigungswirkung. Moderne Zahnreinigungshilfen (z.B. Wasserstrahlgeräte) dienen weniger der Plaqueentfernung [33] als vielmehr der Gesunderhaltung der marginalen Gingiva [29].

Bei Ausbildung von Zahnstein bzw. subgingivalen Konkrementen oder stärkeren externen Verfärbungen, die durch die häusliche Mundhygiene nicht zu entfernen sind, ist eine Reinigung durch zahnärztliches Personal nötig. Mithilfe von Scalern, Ultraschall- oder Pulverstrahlgeräten (z.B. Airflow[®], EMS, CH-Nyon) können die meisten aufgelaagerten Verfärbungen entfernt werden. Zur Entfernung subgingivaler Ablagerungen werden auch Küretten verwendet.

Tiefsitzende Verfärbungen oder Pigmenteinlagerungen sowie endogene Verfärbungen können durch diese Behandlung nicht entfernt werden.

Durch eine Politur mit rotierenden Kunststoffkelchen und speziellen Pasten wird die Oberfläche geglättet, um die erneute Anlagerung von Verunreinigungen zu minimieren. Abschließend werden die Zähne fluoridiert.

1.4.2 Restaurative Maßnahmen

Verfärbungen und Substanzdefekte können heute durch eine Vielzahl restaurativer Therapiemöglichkeiten behandelt werden.

1.4.2.1 Plastische Restaurationen

Seit Einführung der Säure-Ätz-Technik durch BUONOCORE (1955) [33] ist es möglich, Defekte direkt mit plastischen zahnfarbenen Füllmaterialien adhäsiv zu versorgen. Durch die Einführung von Dentinhaftvermittlern wurde die Belastbarkeit und Haltbarkeit dieser Füllungen weiter erhöht, in vielen Fällen kann durch die adhäsive Befestigung eine Überkronung selbst bei größeren Defekten vermieden werden. Mittlerweile

gibt es ein breites Angebot an plastischen zahnfarbenen Füllmaterialien auf Komposit- (z.B. Tetric Ceram, Ivoclar Vivadent, FL-Schaan; Filtek Z 250, 3M-ESPE, D-Seefeld), Kompomer- (z.B. Dyract[®], DENTSPLY DeTrey GmbH, D-Konstanz) oder Ormocer-Basis (z.B. Admira[®], Voco, D-Cuxhaven). Mehrere Viskositäten und eine reichliche Farbauswahl ermöglichen eine schnelle und ästhetisch anspruchsvolle Restauration, die zudem den besonderen Belastungen in der Mundhöhle gewachsen ist.

Diese Therapieform ist indiziert bei größeren Strukturanomalien, kariösen Defekten sowie tiefreichenden intensiven Verfärbungen. Durch plastische Restauration können außerdem sowohl die Zahnstellung wie auch die Morphologie geringfügig beeinflusst werden.

1.4.2.2 Veneers

Veneers sind laborgefertigte Verblendschalen aus Keramik oder modifizierten Kompositen (z.B. Belle-Glass[®], Kerr Corporation, CA-Orange) zum Ersatz der labialen Frontzahnfacette. Durch die flächige adhäsive Befestigung am Schmelz können sehr dünne Restaurationen mit minimaler Präparation des Zahnes erreicht werden. Ein nachträgliches Bleichen der versorgten Zähne ist möglich und kann durchaus Wirkung zeigen [48].

Die Indikation für Veneers besteht bei tiefen Schmelzrissen, starken, nicht entfernbaren oberflächlichen Verfärbungen, sowie bei größeren Defekten. In geringem Umfang sind auch Änderungen der Zahnform und -stellung möglich [57].

1.4.2.3 Kronen, Inlays

Sind große Anteile des Zahnes zerstört oder handelt es sich um großflächige und tiefreichende Verfärbungen, sind die Grenzen einer Veneer- oder Kompositversorgung erreicht. Dies gilt besonders bei verfärbten devitalen Zähnen mit größerem Substanzverlust. Nur durch Überkronung kann ein ausreichender Schutz der restlichen Zahnschubstanz sowie ein ansprechendes ästhetisches Ergebnis erreicht werden; auch kleinere Stellungskorrekturen sind möglich [57].

Bei der Herstellung von Kronen kommen verschiedene Materialien zum Einsatz. Neben Vollgusskronen aus Gold gibt es metallkeramische Verblendkronen, reine Keramikronen sowie Kronen aus Verbund-Werkstoffen (z.B. Targis-Vectris[®], Ivoclar Vivadent, FL-Schaan) oder modifizierten Kompositen (z.B. Belle Glass[®], Kerr Corporation, CA-Orange). Seit einigen Jahren etablieren sich auch CNC-gefräste Kronen. Dabei wird der Zahnersatz aus einem Werkstoffblock (Keramik, Komposit, oder Zirkonoxid) von einer Fräseinheit herausgearbeitet (z.B. CEREC 3[®], Sirona, D-Bensheim; PRECISCAN/PRE-CIMILL, DCS Dental[®], CH-Allschwil; LAVA[®], 3M-ESPE, D-Seefeld).

Vollkeramische sowie Komposit- und Verbundkronen sind den klassischen Kronen mit Metallgerüst ästhetisch weit überlegen. Meist muss dafür jedoch ein hoher Verlust an Zahnschmelz bei der Präparation (Ausnahme Zirkonoxid) und nicht zuletzt ein hoher Preis in Kauf genommen werden.

Bei kleineren Defekten kommen im Seitenzahngebiet auch Einlagefüllungen (sog. Inlays) zum Einsatz, die der besonderen Belastung durch Kaukräfte bessere Materialeigenschaften entgegensetzen als plastische Füllungen. Sie werden aus Gold oder zahnfarbenen Materialien wie Keramik oder Komposit gefertigt.

1.4.3 Mikroabrasion

Bei der Therapie der Mikroabrasion können hartnäckige Auflagerungen und oberflächlich gelegene Verfärbungen im Zahnschmelz sowie Strukturinhomogenitäten durch geringfügiges Abtragen entfernt werden. Unter Kofferdam wird ein langsam rotierender Kunststoff-Kelch mit einem Bimsmehl-/ Wasserstoffperoxid-Gemisch beschickt [10]. Alternativ kann das Schleifmittel auch mit 10-18 prozentiger Salzsäure versetzt werden [7]. Eine abschließende Politur mit fluorid-haltiger Politurpaste ist obligatorisch.

Auch der Einsatz von Finierdiamanten mit feinsten Körnung (8-15 µm) ist möglich. Es ist zu beachten, dass bei jeder Anwendung der Mikroabrasion zwischen 75 und 250 µm Schmelzsubstanz irreversibel verloren gehen [7],[10]. Aus diesem Grund gilt bei diesem Verfahren eine besonders enge Indikationsstellung.

1.4.4 Oxidative Zahnaufhellung (Bleaching)

Verschiedene Produkte und Behandlungsmethoden zum Aufhellen verfärbter Zähne stehen heute zur Verfügung. Die Entdeckung geht zurück bis in späte 19. Jahrhundert.

1.4.4.1 Geschichte der Zahnaufhellung

In den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts wird Wasserstoffperoxid erstmals als desinfizierende Mundspüllösung erwähnt [71]. Die zahnbleichende Wirkung dieser Substanz wurde jedoch erst 1884 durch Harlan [38] beschrieben. Frühere Bleichversuche im Jahr 1877 durch Chapple wurden mit Oxalsäure durchgeführt [38],[58],[83].

Das Bleichen devitaler Zähne wurde erstmals 1895 von Garretson erwähnt, dabei kam Chlor zur Anwendung [25].

1916 entdeckte Dr. Walter Kane (Colorado Springs) die bleichende Wirkung von Salzsäure und setzte diese erfolgreich gegen Verfärbungen, auch bei Fluorose, ein [79].

1937 war Ames der Erste, der statt Salzsäure Wasserstoffperoxid bei gleichzeitiger Hitzeapplikation zum Bleichen von Zähnen verwendete. Dabei mischte er Wasserstoffperoxid mit Äther, diese Mischung wurde mit nassen Watterollen auf die Zähne appliziert und mit einem Metallinstrument erhitzt [2],[79]. Wenige Jahre später wurde das Bleichen vitaler Zähne mit Wasserstoffperoxid eine allgemein akzeptierte Behandlungsmethode [55].

Der Einsatz von Wasserstoffperoxid zum Bleichen devitaler Zähne geschah erst 1950 durch Pearson; er verwendete 35 %iges Wasserstoffperoxid und erhitzte dieses. Zu einer ausgereiften Behandlungsmethode wurde dieses Procedere erst 1976, als Nutting und Poe die sog. „Walking-bleach-Technik“ einführten. Sie applizierten eine Mischung aus Wasserstoffperoxid und Natrium-Perborat in die Kavität und verschlossen diese. Die Einlage konnte je nach Bedarf nach einigen Tagen erneuert werden, bis die gewünschte Zahnfarbe erreicht war.

Die Technik des Bleichens vitaler Zähne wurde 1968 durch eine Entdeckung des Kieferorthopäden Dr. William Klusmier erweitert. Zur Ausheilung einer marginalen Parodontopathie setzte er einen Positioner, angefüllt mit 10%igem Carbamidperoxid (dessen desinfizierende Wirkung längst bekannt war [19]), ein. Die Entzündungen waren nach

einigen Tagen abgeklungen, als Nebeneffekt stellte Klusmier die aufhellende Wirkung dieses Medikaments an den Zähnen fest [55].

Auch diese Entdeckung erfuhr eine Weiterentwicklung und wurde schließlich im Jahre 1989 als sog. „Nightguard-vital bleaching“ von HAYWOOD und HEYMANN offiziell eingeführt, sowie im Rahmen mehrerer Studien getestet [44],[55],[62]. Bei dieser Art des Vital-Bleaching kommen individuell gefertigte Kunststoffschienen, sog. Trays, zum Einsatz, die das Bleichmedium an den Zähnen halten.

Die Vorgehensweise ist bis heute annähernd gleich geblieben. Unterschiede gibt es lediglich in der Schienengestaltung (mit oder ohne Reservoir) [76] sowie der Trageweise (tagsüber oder bei Nacht) [5],[43].

Eine Übersicht über die wichtigsten Stationen der Entwicklung von Bleichtherapien ist in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Jahr	Bleichbehandlung	Behandlung	Verwendetes Mittel
1850	-	Mundspülung	Wasserstoffperoxid
1877	Chapple	Vitalbleaching	Oxalsäure
1884	Harlan	Vitalbleaching	Wasserstoffperoxid, 30 %
1895	Garretson	Bleaching avital	Chlor
1916	Kane	Vitalbleaching	Salzsäure
1937	Ames	Vitalbleaching	Wasserstoffperoxid
1950	Pearson	Bleaching avital	Wasserstoffperoxid, 35 %
1968	Klusmier	Vitalbleaching	Carbamidperoxid, 10 %
1976	Nutting, Poe	Bleaching avital	Wasserstoffperoxid, 35 %, Natrium-Perborat
1989	Haywood, Heymann	Vitalbleaching	Carbamidperoxid, 10 %

Tab. 4: Entwicklung der Bleichtechniken

Drei verschiedene Produktarten für die Bleichbehandlung kann man heute unterscheiden:

- (1) Professionelle Produkte für die Anwendung in der Praxis:
 - 30 – 35 prozentiges Wasserstoffperoxid, optional aktiviert durch Wärme/Licht (= thermo-katalytisches Bleichen) und
 - 35 prozentiges Carbamidperoxid.
- (2) Professionelle Produkte für die Heimanwendung (Homebleaching), diese enthalten drei bis 22 Prozent Carbamidperoxid [62].
- (3) Kosmetische Produkte mit einem Gehalt von maximal 0,1 % Wasserstoffperoxid gemäß den Bestimmungen der EU seit Juli 1993 [21].

Im Rahmen der gesellschaftlichen Entwicklung vor allem in den USA wuchs der Wunsch nach perfekter äußerlicher Erscheinung, bei der auch die Zahnästhetik nicht fehlen durfte. Dies war der Motor für eine schnelle und erfolgreiche Weiterentwicklung dieser Anwendung durch die Industrie.

In Deutschland werden professionelle Bleichprodukte mit einem Wasserstoffperoxid-Gehalt von mehr als 0,1 % zu den Medizinprodukten gezählt. Eine Verabreichung darf ausschließlich durch zahnärztliches Personal erfolgen [6].

1.4.4.2 Vitalbleaching: home bleaching / in office

Man unterscheidet das Bleichen in der zahnärztlichen Praxis (in office bleaching) und die Anwendung zu Hause (Homebleaching).

Heimanwendung

Gegenwärtig werden vorwiegend Tiefziehschienen, ähnlich den bewährten Bruxismus-Schienen, als Träger für das Bleichgel verwendet. Dies entspricht dem ursprünglichen Prinzip des 1989 von Haywood und Heymann eingeführten „nightguard vital bleaching“ [62]. Der Patient muss lediglich zur Beratung, Instruktion der Anwendung und zur Abdrucknahme die zahnärztliche Praxis aufsuchen. Mithilfe der Abformungen wer-

den Gipsmodelle erstellt, auf welchen tiefgezogene Schienen gefertigt werden. Diese Schienen besitzen ein Reservoir zur Aufnahme des Bleichmediums (siehe 2.2.2). Der Patient befüllt die Schienen und bestimmt selbst die Anzahl der Bleichvorgänge, bis er mit dem Ergebnis zufrieden ist.

Als Bleichmittel werden zumeist peroxid-haltige Gele verwendet. Diese niedrigdosierten (5-22 % gebundenes Peroxid) Bleichmittel [62] sind in Deutschland als Medizinprodukte ausschließlich in der zahnärztlichen Praxis erhältlich.

Einige frei verkäufliche Bleichsysteme erreichen ihre aufhellende Wirkung durch Säuren in Kombination mit abrasiven Pasten. Schäden an der Zahnhartsubstanz können bei Anwendung dieser Materialien nicht ausgeschlossen werden; eine aufhellende Wirkung ist nicht garantiert [49]. Die beigefügten Materialien zur eigenen Schienenherstellung sind nicht geeignet, exakt passende Trägerschienen anzufertigen. Es besteht die Gefahr erhöhter Exposition von Bleichmaterial in der Mundhöhle sowie der Verschluckung.

In office bleaching

Die Anwendung wird in der zahnärztlichen Praxis durchgeführt. Es kommen höher (ca. 35 % Carbamidperoxid) konzentrierte Bleichmedien [38] zum Einsatz. Der Bleichvorgang wird dadurch wesentlich beschleunigt. Die Einwirkzeit beträgt etwa 30 Minuten, bei (thermo-) katalytischem Bleichen werden 5 Minuten empfohlen [90].

Für eine beschleunigte Freisetzung des Sauerstoffs und schnellere Penetration der Zahnhartsubstanzen kommen verschiedene Akzeleratoren zum Einsatz [78]. Plasmalampen [14] oder Laser [9] sind mögliche Energiequellen. Auch Hitze als Katalysator beschleunigt die Freisetzung des reagierenden Sauerstoffs [39]. Chemisch akzelerierte Systeme werden bei thermisch sensiblen Patienten verwendet [38]. KREJI ist jedoch der Ansicht, dass auf jegliche Art von Akzeleratoren verzichtet werden kann [59].

Hauptvorteil der Behandlung in der zahnärztlichen Praxis ist die absolute Kontrolle der Anwendung durch den Behandler. Jedoch ist In-office-Bleaching gegenüber dem Homebleaching kostenintensiver. Das Risiko für Nebenwirkungen ist durch die höhere Konzentration bei geringerer Einwirkzeit bei korrekter Anwendung nicht größer als bei der Heimanwendung [38]. Eine Kombination mit der häuslich angewendeten Therapie ist möglich [38].

1.4.4.3 Aufhellung devitaler Zähne

Wie eingangs beschrieben, entstehen bei devitalen Zähnen die Verfärbung vor allem durch belassene Blutreste sowie durch verschiedene Wurzelkanalfüllmaterialien. Da die Pulpa bereits entfernt wurde, ist es möglich, Bleichmedien mit hohen Konzentrationen zu verwenden.

Die 1976 von Nutting und Poe eingeführte "Walking-bleach-Technik" [38] (1.4.4.1) findet auch heute noch Anwendung. 30 prozentiges Wasserstoffperoxid (Superoxol) wird mit Natriumperborat-Pulver (Tetrahydrat) zu einer gesättigten cremigen Paste vermischt.

Das Wurzelkanalfüllmaterial wird ca. 1-2 mm subgingival reduziert und das Kavum von organischen Einlagerungen gereinigt. Um der Gefahr zervikaler Resorptionen vorzubeugen, empfiehlt es sich, das Pulpenkavum nach apikal mit Glasionomerkement bis auf Höhe der Schmelz-Zementgrenze dicht zu verschließen [31]. Die nachfolgende Behandlung ist unter Kofferdam vorzunehmen. Vor dem Einbringen des Superoxol-Natriumperborat-Gemisches kann das Dentin mit 35 %iger Phosphorsäure angeätzt werden, um eine bessere Penetration der Dentintubuli nach Entfernen der Schmierschicht zu erreichen [4]. Das Bleichmedium bleibt für ca. eine Woche (Walking-bleach-Methode) im verschlossenen Pulpenkavum. Nach Ablauf dieser Zeit ist das Potenzial der Chemikalien erschöpft.

Eine neue Einlage wird so oft appliziert, bis die gewünschte Helligkeit erreicht ist.

Alternativ kann in diesem Fall auch thermokatalytisches Bleichen angewendet werden. Analog den Ausführungen beim In-office-Bleaching (1.4.4.2) werden Halogen- oder Rotlicht-Lampen als Energiequelle verwendet, die die Freisetzung von Sauerstoff beschleunigen [37]. Dabei kann innerhalb derselben Sitzung das Bleichmedium noch ein- bis zweimal gewechselt werden. Problematisch bei dieser Methode ist die Gefahr einer Hitzeschädigung der marginalen Gingiva, sowie der große zeitliche Aufwand am Behandlungsstuhl.

Nach erfolgreicher Aufhellung wird für etwa eine Woche ein feuchtes Wattepellet in die Kavität appliziert; in dieser Zeit findet eine Rehydrierung des gebleichten Zahnes statt, wodurch dieser wieder etwas nachdunkeln kann [104]. Danach kann der Zahn konservativ oder prothetisch versorgt werden.

Eine allgemein erhöhte Frakturgefahr durch das interne Bleichen konnte nicht nachgewiesen werden [37], es kommt auch zu keiner Zunahme der Sprödigkeit des Dentins [36]. Eine maximale Substanzschonung bei der Präparation ist trotzdem oberstes Gebot. Die Gefahr zervikaler Resorptionen auf Grund des niedrigen pH-Werts von Wasserstoffperoxid-Natriumperborat-Mischungen wurde in mehreren Studien beschrieben [37],[53]. ROTSTEIN konnte jedoch zeigen, dass Einlagen aus Natriumperborat mit Wasser oder mit 30%igem Wasserstoffperoxid beide von alkalischer Natur sind, sofern eine „thick paste“ mit geringem Peroxidgehalt angemischt wird [91]. Bei Applikation eines reinen Natriumperborat-Wasser-Gemisches erreicht man bei einem pH-Wert von zehn bis elf ebenso gute Aufhellungsergebnisse [7].

Vor Beginn der Behandlung ist abzuklären, ob der zu behandelnde Zahn eine suffiziente Wurzelkanalfüllung aufweist. Des weiteren müssen eventuelle Risse oder Frakturen ausgeschlossen werden.

Auch eine kombinierte Anwendung von Bleichen und Mikroabrasion ist möglich.

1.5 Fragestellung

Trotz annähernd gleicher Zusammensetzung zeigen moderne Bleichmedien eine unterschiedliche Kinetik und führen zu verschiedenen starken Nebenwirkungen.

Im Rahmen dieser Studie soll die Bleichwirkung von drei verschiedenen Homebleaching-Produkten verglichen werden. Getestet werden folgende Produkte:

- COLGATE Platinum[®]
- DENTSPLY NuproGold[™]
- DISCUS DENTAL Nite White Excel[®]

Bei Kontrolluntersuchungen werden Nebenwirkungen analysiert und dokumentiert. Dabei gilt es, sofern möglich, verschiedene Faktoren (Alter, Geschlecht und Rauchgewohnheiten der Probanden sowie die Auswahl des Bleichmittels) in Abhängigkeit zur Ausprägung von Nebenwirkungen zu setzen. Bei einer Abschlussuntersuchung, zwei Jahre nach der Anwendung, soll die Wirkungsdauer überprüft werden.

2 Material und Methode

2.1 Homebleaching-Gele

Von der Industrie werden für die Heimanwendung fertig gemischte Bleichgele mit verschiedenen Konsistenzen und Geschmacksrichtungen angeboten. Diese sind in der Zusammensetzung ihrer Wirkkomponenten und Zusatzstoffe meist sehr ähnlich. Auf eine Beschreibung professioneller in-office-Produkte sowie kosmetischer Homebleaching-Produkte wird im Rahmen dieser Studie verzichtet.

2.1.1 Zusammensetzung

Bleichgele für die häusliche Anwendung (Homebleaching) enthalten als Wirkstoff Wasserstoffperoxid in der stabilisierten Form, dem Carbamidperoxid (Harnstoffperoxid).

Des weiteren sind enthalten:

- modifizierte Polyacrylsäure für eine gelartige Konsistenz
- Natriumhydroxid als Puffer (pH-Wert liegt in der Regel zwischen 5,7 und 6,5)
- Lösungsmittel: Glyzerin, gereinigtes Wasser
- Ggf. Carbopol (Carboxypolymethylen polymer) zur kontrollierten langsameren Dissoziation des Carbamidperoxids und zur Steigerung der Viskosität [94]
- Ggf. Fluoridverbindungen zur Remineralisierung
- Ggf. Aromastoffe

Carbamidperoxid ist eine Verbindung, die es ermöglicht, die eigentliche Wirksubstanz, Wasserstoffperoxid, in einer stabilen Form zu lagern. Erst bei Kontakt mit Ionen, Speichelproteinen oder Wasser wird die Dissoziation eingeleitet [18]. Das Harnstoffperoxid zerfällt in einem Verhältnis von etwa 7:3 in Harnstoff und Wasserstoffperoxid. (Abb. 4, nachfolgende Seite). Die wirksame Konzentration an freigesetztem Wasserstoffperoxid beträgt daher bei einem Bleichgel mit zehn Prozent Carbamid-Peroxid etwa 3,5 % [20]. Der Harnstoff wird weiter in Ammoniak und CO₂ aufgespalten.

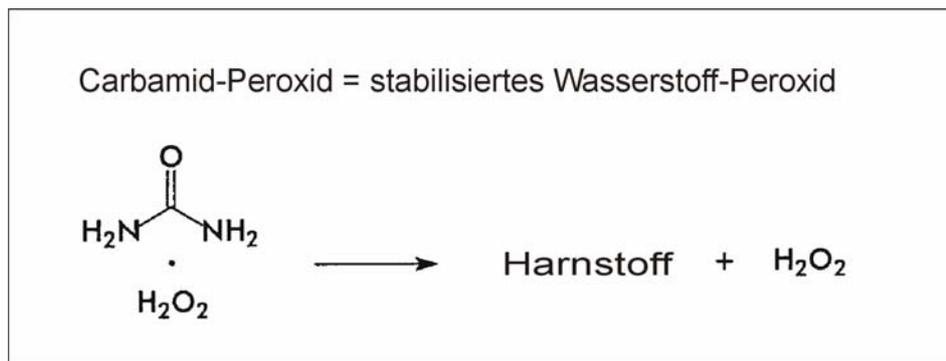


Abb. 4: Carbamid-Peroxid als Komplex aus 1:1 Harnstoff und Wasserstoffperoxid (modifiziert nach [21]).

2.1.2 Chemismus und Kinetik

Auf der Zahnoberfläche wird die Dissoziation des Carbamidperoxid eingeleitet, Wasserstoffperoxid und Harnstoff werden freigesetzt [18]. Wasserstoffperoxid diffundiert in Zahnschmelz und Dentin ein, der dabei freigesetzte Sauerstoff führt bereits zu einer mechanischen Entfernung von eingelagerten Verfärbungen [78].

Der chemische Bleichvorgang vollzieht sich durch Oxidation der Verfärbungen. Dabei werden die Doppelbindungen der chromophoren Gruppen durch (Hydroxyl-)Radikale aufgebrochen und das Absorptionsspektrum der Moleküle in den nicht sichtbaren Bereich verschoben; es entstehen kleinere, farblose Moleküle [33]. Dieser Vorgang ist in Abb. 6 und 7 (nachfolgende Seiten) schematisch dargestellt.

Hydroxylradikale entstehen beim Zerfall von Wasserstoffperoxid [18],[102]. (Abb. 5). Aus der Eigenschaft, freie Elektronen zu binden, kann aus dem freigesetzten Sauerstoff das Superoxid (O_2^-) entstehen, welches mit H_2O_2 zu weiteren Hydroxylradikalen reagiert [18]. (Abb. 5).

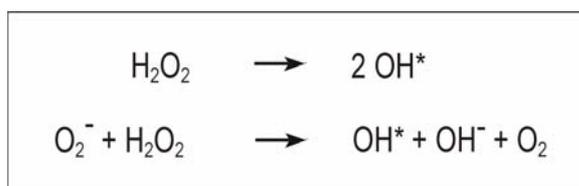


Abb. 5:
Entstehung von Radikalen (OH^*) [18].

Um zu verhindern, dass Radikale körpereigene Strukturen (v.a. DNA, Membran-Lipide) angreifen, bildet der Körper wirksame Mechanismen zu deren Inaktivierung. Die Lactoperoxidase des Speichels sowie Katalase im Inneren der Gewebe können H_2O_2 zu unschädlichen Substanzen abbauen [16]. Der oxidative Stress durch die Anwesenheit von Radikalen kann im Gewebe zudem durch die Vitamine C (Ascorbinsäure) und E (Tocopherol) sowie durch Superoxid-Dismutase abgemildert werden [5],[18],[30].

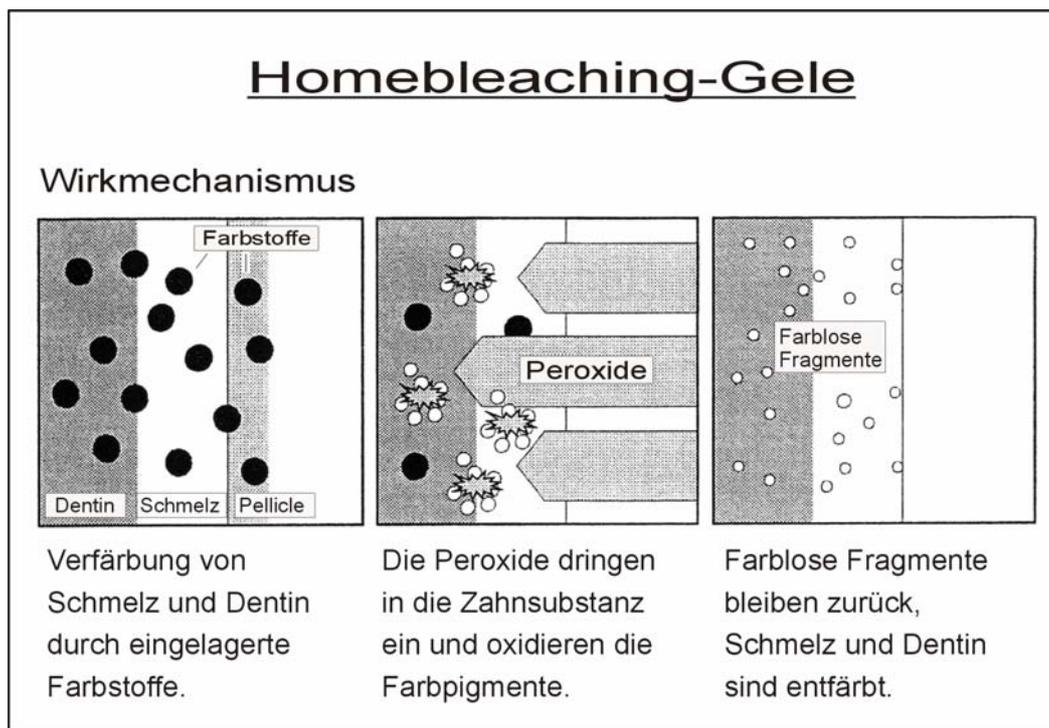


Abb. 6: Bleichvorgang, schematische Darstellung (modifiziert nach [21]).

Nach Oxidation aller Farbstoffpartikel wird ein Sättigungspunkt „Saturation Point“ erreicht. Weiteres Bleichen führt lediglich zu einer weiteren Aufspaltung in Kohlendioxid und Wasser, es kommt zu keiner weiteren Aufhellung [21]. (Abb. 7, nachfolgende Seite).

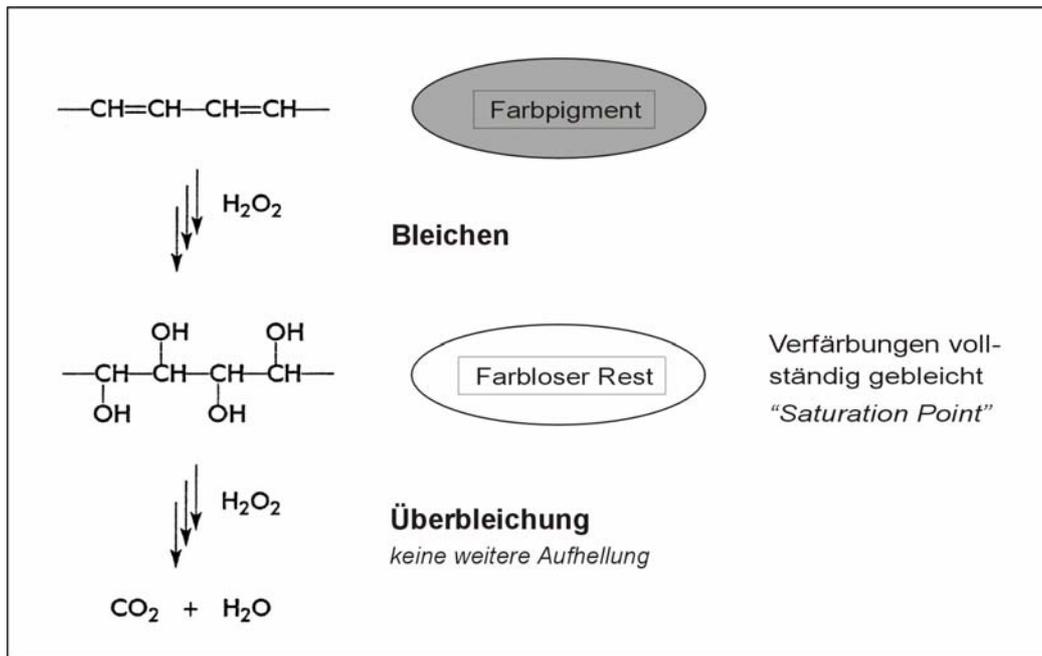


Abb. 7: Schematische Darstellung der Oxidation von Farbstoffmolekülen (ungesättigte Doppelbindungen) mit Wasserstoffperoxid zu farblosen Molekülen. (modifiziert nach [21]).

Entsprechend ihrer Zusammensetzung werden langsam freisetzende (Carbopol enthaltende) Bleichmedien von schnell freisetzenden (ohne Carbopol) unterschieden. Inwieweit sich dieser Unterschied in der Bleichwirkung sowie in der Ausprägung von Nebenwirkungen bemerkbar macht, soll in dieser Studie näher untersucht werden. In bisher veröffentlichten Studien wird von einem ursächlichen Zusammenhang zwischen Carbopol-Gehalt und Ausprägung von Nebenwirkungen ausgegangen [49],[61].

2.1.3 Nebenwirkungen (Literaturübersicht)

Die nachgewiesene Freisetzung von Radikalen aus den Bleichmedien sowie eine Reihe von zum Teil nicht angegebenen Zusatz- und Hilfsstoffen wirft die Frage nach der Ausbildung von Nebenwirkungen auf.

2.1.3.1 Zahnhartsubstanz, Speichel

Peroxide wie sie aus Bleichmitteln freigesetzt werden, sind „gegenüber Hydroxylapatit, der mineralischen Komponente von Knochen und Zähnen, vollkommen inert“ [23]. So konnte bewiesen werden, dass eine Bleichtherapie mit Schiene und zehn prozentigem Carbamidperoxid keine klinisch relevanten Veränderungen am Zahnschmelz bewirkt [45].

Als Ursache für geringfügige nachweisbare Strukturveränderungen [15],[24],[50] werden u.a. Zusätze in Bleichmitteln vermutet [23]. Auch die proteindenaturierende Eigenschaft von Harnstoff steht im Verdacht, Veränderungen im Schmelz hervorzurufen. Eine Erhöhung der Permeabilität gegenüber Wasserstoffperoxid durch das Eindringen von Harnstoff und Sauerstoff wird diskutiert [50].

Untersuchungen zur Eigenschaften der Mikrohärtigkeit von Schmelz nach dem Bleichvorgang zeigten nicht einheitlich, wie der Einfluss der Bleichmedien zu bewerten ist. Von deutlich nachweisbarer Herabsetzung [67] bis zu klinisch nicht relevanten Veränderungen [81] wurden Ergebnisse veröffentlicht. Der Einfluss von Speichel wurde dabei nicht berücksichtigt. Jedoch sind diese Veränderungen bei korrekter Anwendung nicht gravierender als beispielsweise Entmineralisierungen nach dem Genuss von säurehaltigen Erfrischungsgetränken [77]. Ein Substanzverlust durch Bleichen mit 10 % carbamidperoxid-haltigen Mitteln konnte auch bei Zahnputzen im Anschluss an die Behandlung nicht nachgewiesen werden [50].

GANSS ET. AL. [32] konnten nachweisen, dass durch die Bleichtherapie mit Carbamidperoxid die Kariesanfälligkeit mit großer Wahrscheinlichkeit nicht erhöht wird. In einem Laborversuch konnte zwar eine erhöhte Adhärenz von *Streptococcus mutans*, der ursächlich mit der Kariesentstehung in Verbindung gebracht wird, nachgewiesen werden. Es wird jedoch in derselben Untersuchung auf das Fehlen von Speichel bei der Versuchsanordnung hingewiesen, der einen entscheidenden Einfluss auf die Anheftung von Bakterien am Schmelz hat [40].

Veränderungen des Speichel-pH finden verschiedenen Studien zufolge nur in sehr geringem Umfang statt, eine Absenkung in den sauren Bereich wurde dabei in keinem Fall beobachtet [64]. Es ist zu beachten, dass Speichel eine relativ starke Pufferwirkung be-

sitzt. Durch vermehrte Speichelsekretion während des Bleichvorgangs kommt es zu einer Verdünnung und Pufferung der aktiven Bleichsubstanzen [64].

Durch das Bleichmittel tritt eine Dehydrierung des Schmelzes ein [27]; diese ist reversibel. Die Rehydrierung vollzieht sich in einem Zeitraum von etwa ein bis zwei Wochen, sie äußert sich in einer leichten Nachdunkelung nach dem Bleichen [26].

2.1.3.2 Pulpa, Gingiva, systemische Auswirkungen

Hypersensibilitäten sind das Hauptproblem bei Bleichbehandlungen vitaler Zähne [52]. Ursächlich werden leichte Entzündungsreaktionen des Pulpagewebes mit in das Pulpenkavum penetriertem Wasserstoffperoxid diskutiert [20],[47]. Bereits 15 Minuten nach Applikation von 10 prozentigem Carbamidperoxid konnte Wasserstoffperoxid im Pulpenkavum nachgewiesen werden [32]. Es wurde jedoch bereits mehrfach dokumentiert, dass eine Pulpaschädigung bei korrekter Anwendung nahezu ausgeschlossen ist [23], [38].

LEONHARD untersuchte Faktoren, die die Ausprägung von Hypersensibilitäten beeinflussen [61]. Dabei stellte sich heraus, dass bei mehrmaliger Anwendung pro Tag, sowie bei Verwendung von Bleichgelen mit einem pH-Wert von unter 5,5 vermehrt Beschwerden auftraten. Ein Zusammenhang zwischen der Ausbildung von Hypersensibilitäten und dem Gehalt an Carbopol wurde ebenfalls beschrieben [61].

Kein Zusammenhang konnte festgestellt werden in Bezug auf Alter, Geschlecht, Zahncharakteristika (Rezessionen, keilförmige Defekte), Ober- oder Unterkiefer. Bestehende Allergien haben, Untersuchungen zufolge, keinen Einfluss auf die Ausprägung von Hypersensibilitäten [61].

In Studien von HAYWOOD, 1994 [47], zeigten 52 % der Patienten Hypersensibilitäten während der Bleichbehandlung; diese waren bei Nachuntersuchungen einige Monate später vollständig abgeklungen.

Neuere Untersuchungen zeigen, dass durch eine Fluoridbehandlung nach der Bleichanwendung das Auftreten von Hypersensibilitäten deutlich reduziert werden kann [41].

Neben Hypersensibilitäten gehören Irritationen der Gingiva zu den häufigsten Nebenwirkungen bei Bleichbehandlungen [62]. In einer 1994 von Haywood veröffentlichten Studie kam es bei 31% der Patienten während der Bleichbehandlung zu Gingivairritationen, die bei Nachuntersuchungen 13-25 Monate nach dem Bleaching abgeklungen waren [47]. In der Literatur gibt es keine Anhaltspunkte für bleibende Gingivaschäden durch die Bleichbehandlung.

Es ist bekannt, dass die korrekte Anwendung von carbamidperoxid-haltigen Bleichmitteln nicht zu systemischen Auswirkungen führt [61]. Speziell eine Karzinogenität durch die freigesetzten Radikale konnte nicht oder nur in sehr geringem Umfang bei extremer Überdosierung nachgewiesen werden [49],[68]. Carbopol ist nicht toxisch und wird im Magendarmtrakt resorbiert; auch Glycerin und Carbamidperoxid gelten in der verwendeten Menge als unproblematisch bei korrekter Anwendung [18].

Generell sind geno- und zytotoxische Wirkungen durch Radikale nur bei einer Einnahme von mehr als 10 mg Carbamidperoxid pro Kilogramm Körpergewicht (dies entspricht 1 g Bleichmittel pro Kilogramm Körpergewicht bei 10 prozentigem Gehalt von Carbamid-Peroxid) zu erwarten [69]. Symptome einer akuten Wasserstoffperoxid-Vergiftung sind Blähungen, Magenblutungen, Atemstillstand, neurologische Ausfälle und in der Folge Leberschäden [18].

Sonstige Beimengungen, die von den einzelnen Firmen vorgenommen werden, sind meist nicht explizit angegeben, ein Gefährdungspotenzial durch diese Zusatz- und Hilfsstoffe wird in der Literatur nicht beschrieben.

2.1.3.3 Zahnärztliche Restaurationen

Es konnte nachgewiesen werden, dass ein Versagen des Verbunds adhäsiver Restaurationen häufiger bei gebleichten als bei ungebleichten Zähnen auftritt. Die Ursache wird in Veränderungen der Abläufe beim Ätzen und Bonden, die den Verbund des Komposits zum Zahn herstellen, vermutet [33].

Es ist vorstellbar dass durch den erhöhten Sauerstoffanteil in der Zahnhartsubstanz unmittelbar nach dem Bleichen die Polymerisation des Bondings oder des Komposits behindert wird [100].

Es wurde gezeigt, dass die Anwendung von Bleichmitteln zu keiner klinisch relevanten Aufhellung von Kompositmaterialien führt [23],[100]. Widersprüchliche Ergebnisse liegen in der Literatur über den Einfluss von Bleichmedien auf die strukturellen Eigenschaften von Kompositrestaurationen vor. Klinisch relevante Strukturveränderungen wurden nur zum Teil festgestellt [81],[89],[100].

Aussagen über Einflüsse von Bleichmitteln auf den Haftverbund vor der Bleichtherapie gelegter adhäsiver Restaurationen sind aufgrund der Vielzahl an Einflüssen, die das Verbundsystem beeinflussen (Material, Anwendungsfehler, Milieu im Mund, ...) nicht sicher zu treffen.

Bei Amalgamfüllungen wurde nach Peroxid-Exposition eine bis zu 30fach erhöhte Freisetzung von Quecksilber (Gasphase) registriert [23]. Prognosen zum dadurch bedingten Gefährdungspotenzial können nicht formuliert werden, da in einigen Fällen eine erhöhte Quecksilberfreisetzung über einen Zeitraum von Stunden oder auch von Tagen berichtet wurde [100]. Nach Bleichanwendung sind gelegentlich Schwarzverfärbungen in der Schiene nachzuweisen. Dies gilt jedoch scheinbar nicht für alle Amalgame und Bleichmedien [100].

Ein länger andauernder Kontakt von Bleichgel und Amalgam ist zu vermeiden, die Schienen sind daher entsprechend zu gestalten, so dass diese Füllungsbereiche ausgespart werden.

Bei Anwendung von Bleichmittel an provisorisch versorgten Zähnen ist große Vorsicht geboten. Während manche Materialien, v.a. IRM[®]-Zement (Dentsply-Detrey, D-Konstanz) in ihren physikalischen Eigenschaften stark beeinträchtigt werden, erfahren andere Materialien mehr oder weniger starke Verfärbungen (Methacrylate verfärben sich orange). Provisorien aus bis-acryl und Polycarbonat werden nicht beeinträchtigt [100].

Keramische Restaurationen erfahren durch die Bleichmedien keine Veränderungen, sowohl strukturell als auch farblich [100].

2.1.4 Übersicht Homebleaching Produkte

Seit dem Schiedsspruch des Verwaltungsgerichtshofes Düsseldorf vom 30.08.2002 zur Einordnung von professionellen Zahnaufhellungsmitteln, werden Zahnbleichmittel mit einem Gehalt von mehr als 0,1 Prozent Wasserstoffperoxid zu den Medizinprodukten gezählt und nicht in die Gruppe der Kosmetika eingeordnet [6]. Die Bleichmedien werden klassifiziert und durch die jeweilige CE-Bescheinigung zertifiziert.

Produkt	Hersteller	CP-Gehalt	pH-Wert
Blend-a-med Whitestrips™ **	Procter & Gamble Technical Centres Ltd., Egham, UK	--- **	Keine Angaben
Bluemix	Bluemix Dentalprodukte, D-Moers	10 / 15 %	5,8 – 6,3
Illuminé™ home	Dentsply DeTrey, D-Konstanz	10 / 15 %	5,8-6,2
Nite White® EXCEL	Discus Dental Inc., USA	10 / 16 %	6,9
NuproGold™ *	Dentsply DeTrey, D-Konstanz	10 %	6,0
Opalescence PF	Ultradent Products Inc., USA	10 – 20 %	neutral
Perfect Bleach	VOCO, D-Cuxhaven	10 %	6,0 – 7,0
Platinum	Colgate–Palmolive, D-Hamburg	10 %	5,5 – 6,5
Pola Day / Pola Night	SDI Limitée, Australia	3 - 22 %	neutral
Rembrandt Xtra Comfort	Den Mat, Santa Maria, USA	16 %	6,5
Starbrite Vital Bleaching	Dentramar, NL	10 %	Keine Angaben
VivaStyle	Ivoclar Vivadent, FL-Schaan	10 / 16 %	5,8
White Smile	White Smile, D-Tübingen	10 %	6,4

Tab. 5: Auswahl Homebleaching-Produkte mit CE-Zertifizierung in alphabetischer Reihenfolge [6],[92].

Fettdruck: getestete Produkte dieser Studie.

* nicht mehr erhältlich, ersetzt durch das Produkt Illuminé™ home.

** Mit Gel beschickte Kunststoff-Folien, etwa 6 % Wasserstoffperoxid.

Im Rahmen dieser Studie werden folgende zugelassene Bleichmedien miteinander verglichen:

- COLGATE Platinum[®]
- DENTSPLY NuproGold[™]
- DISCUS DENTAL Nite White Excel[®]

2.1.5 Exemplarische Vorstellung der verwendeten Produkte

Die Auswahl der zu testenden Bleichmedien erfolgte durch Prof. Dr. Ch. Benz, Abteilung Zahnerhaltung der Zahnklinik München.

2.1.5.1 Colgate PLATINUM[®]

Das Homebleaching-Kit Platinum[®] der Firma Colgate-Palmolive bietet zum derzeitigen Preis von EUR 99,- (Stand 1.3.2003) 14 Tuben à 5 g Bleichgel. Es ist seit 1995 auf dem europäischen Dentalmarkt erhältlich [58]. Bei einem Gehalt von 10% Carbamidperoxid (Herstellerangaben) liegt der pH-Wert zwischen 5,5 und 6,5 (Herstellerangaben).

Auf die Beimischung von Carbopol wurde verzichtet; stattdessen wurde Polyx beige-fügt, wodurch es zu den schnell wirkenden Bleichmedien zählt. [88].

Das Bleichmaterial ist milchig-weiß und von zähflüssiger pastöser Konsistenz. Geschmacklich lässt sich das Produkt als neutral-frisch ohne Aroma beschreiben. Als Zubehör enthält das Kit eine Aufbewahrungsbox für die Bleichschiene sowie einen Farbmessstreifen zur Beurteilung der Zahnfarbe; dieser orientiert sich jedoch nicht an gängigen Farbschlüsseln der Zahnheilkunde.

Anwendungshinweise für Zahnarzt und Patient liegen bei.

2.1.5.2 Dentsply NUPROGOLD[™]

Dieses Produkt der Firma Dentsply wurde mittlerweile durch das Nachfolgematerial Illuminé[™] home abgelöst. Für umgerechnet ca. EUR 23,- war eine Standard-Packung

NuproGold mit zwei durchsichtigen Spritzen à 3 ml Bleichgel erhältlich. Es wird ein Carbamidperoxid-Gehalt von zehn Prozent ausgewiesen, der pH-Wert liegt mit etwa sechs (Herstellerangaben) etwas unterhalb des neutralen Bereiches. NuproGold™ ist ein hoch-visköses Gel mit Zusatz von Carbopol (Herstellerangaben), wodurch es besonders gut in der Bleichschiene und am Zahn persistiert und damit zu den langsam freisetzenenden Bleichmedien zählt.

Das Bleichmedium ist durchsichtig, geschmacklich ist es als neutral-frisch mit geringer Pfefferminznote zu beschreiben. Jeder Packung liegt ein Behältnis für die Bleichschiene sowie eine Anwendungsbeschreibung für Behandler und Patient bei.

2.1.5.3 Nite White® EXCEL

Als einziges Produkt dieser Studie enthält Nite White® EXCEL von DiscusDental® 16 % Carbamidperoxid. Dass der erhöhte Carbamid-Peroxidgehalt keine signifikant besseren Bleichergebnisse liefert, wurde als bekannt vorausgesetzt [49],[55]. Auch hinsichtlich der Ausprägung von Nebenwirkungen (v.a. Hypersensibilität) nach der Bleichanwendung, konnte bisher kein relevanter Unterschied festgestellt werden [55].

Nite White® enthält Carbopol als Dickungsmittel und zur Stabilisierung des Carbamidperoxids [88].

Der pH-Wert ist mit 6,9 der neutralste Wert von allen Bleichmitteln dieser Studie. Mit einer Packung, Preis: ca. EUR 120,- (Stand 1.4.2001) erhält man sechs wiederver-schließbare durchsichtige Spritzen mit je 3,0 g Bleichgel.

Seit 2002 ist Nite White® EXCEL von Nite White® EXCEL 2 und EXCEL 3 abgelöst worden.

Nite White® EXCEL ist durchsichtig und von hochvisköser gelartiger Konsistenz. Es werden zwei verschiedene Aromen angeboten (Mint, Wildkirsche). Bei den Probanden dieser Untersuchung wurde einheitlich die Geschmacksrichtung „Wildkirsche“ verwendet.

Als Zubehör sind 2 weichbleibende Tiefziehfolien der Stärke 1 mm, eine Aufbewahrungsbox sowie eine detaillierte Patienten- und Laboranweisung beigelegt.

2.2 Technisches Procedere

Nach Farbbestimmung der Zähne 11, 23, 43 (siehe 2.5.2) im mittleren Drittel der fazialen bzw. vestibulären Flächen, erfolgt je eine Alginatabformung von Ober- und Unterkiefer zur Herstellung der Bleichschienen. Dabei ist besonders auf eine saubere Abformung im Bereich des Gingivalsaums zu achten, da dieser Bereich entscheidend für die Dichtigkeit der Schienen ist.

2.2.1 Modellvorbereitung

Mithilfe der Abformungen werden Kiefermodelle aus weißem Superhartgips FujiRock[®] hergestellt. Damit die Folien beim Tiefziehen nicht einreißen, werden die Modelle von Graten und scharfen Kanten befreit.

Der Gingivalrand wird auf Ungenauigkeiten überprüft und von Gipsblasen gesäubert.

2.2.2 Herstellung der Schienen

Im Unterschied zu anderen Verfahren, bei denen zur Schaffung eines Reservoirs ein Ausblock-Kunststoff zur Anwendung kommt [26],[27], wird in dieser Versuchsreihe eine dünne Platzhalterfolie verwendet. Eine Folie aus Polyäthylen (ERKOLEN[®], 1 mm) wird auf dem Modell tiefgezogen und soweit reduziert, bis sie die Zähne nur bukkal, inzisal mit 2-3 mm Überlappung nach lingual bzw. palatinal, sowie okklusal zur Hälfte bedeckt (Abb. 9 und 10, nachfolgende Seite). Dabei ist darauf zu achten, dass dieser Platzhalter für das spätere Reservoir vestibulär ca. 0,5 mm vor dem Gingivalsaum endet (Abb. 8, nachfolgende Seite). Die endständigen Molaren werden teilweise ausgespart, da diese als Verankerung für die endgültige Schiene dienen (Abb. 8 und 9, nachfolgende Seite).

Die Platzhalterfolie weist nach dem Tiefziehen eine optimale Stärke von ca. 0,5 mm auf.

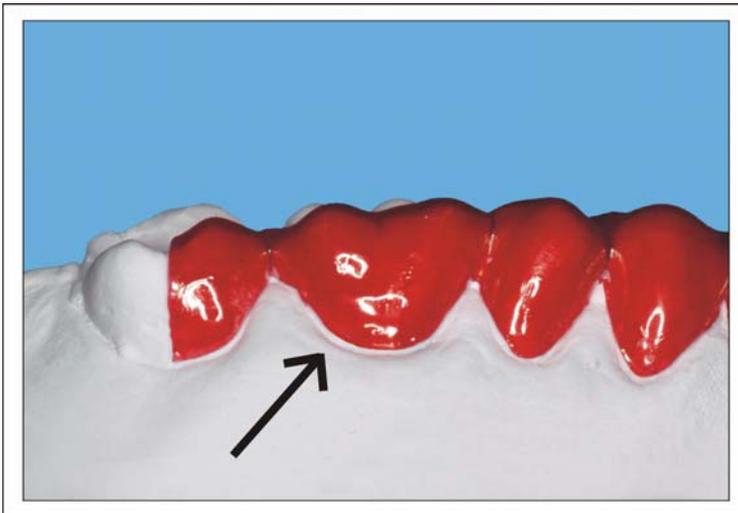


Abb. 8:
Abstand des Platzhalters (rot gefärbt) zur Gingiva.

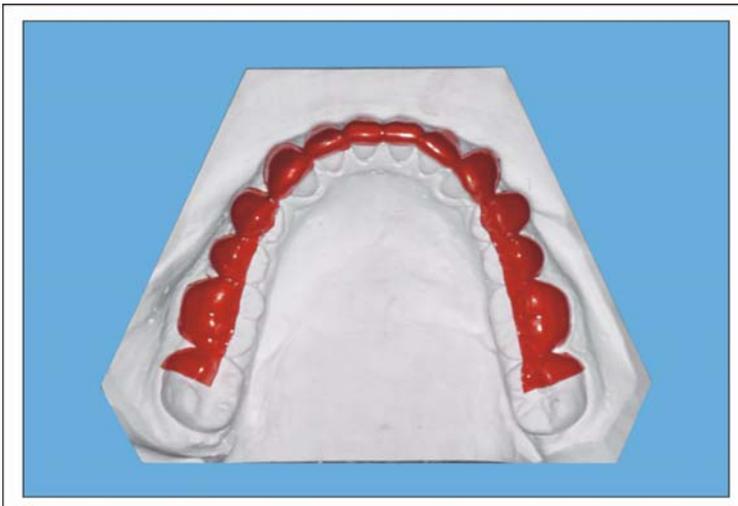


Abb. 9:
Okklusale Ansicht
(Platzhalterfolie rot gefärbt).

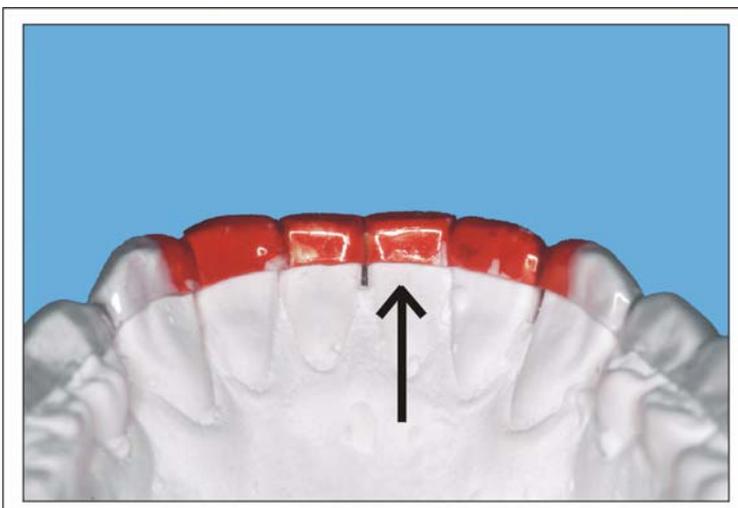


Abb. 10:
Überlappung lingual
(Folie teilweise rot gefärbt).

Mit ein paar Tropfen Sekundenkleber befestigt, wird über diesen Platzhalter eine Folie ERKODUR[®], 1,5 mm, aus Copolyester tiefgezogen. Die blaue Schutzfolie (Polyäthylen) ist nach unten gerichtet; sie ermöglicht ein problemloses Entfernen der Platzhalterfolie nach dem Tiefziehen. Mit einer Vierkantfräse wird die Schiene nun in ihre endgültige Form getrimmt. Sie soll den Gingivalsaum vestibulär um ca. 0,5 bis 1 mm nach apikal überlappen (Abb. 11 und 12, nachfolgende Seite). Dies ermöglicht eine Dichtfunktion der marginalen Gingiva. Ein Materialverlust während des Bleichens sowie übermäßiger Kontakt des Bleichgels mit der Gingiva werden dadurch vermieden [72].

Eine besonders sorgfältige Ausarbeitung in diesem Bereich ist angezeigt, um eine Verletzung des Gingivalsaumes ausschließen zu können. Palatinal bzw. lingual endet die Schiene mit minimalem Abstand vor der Gingiva (Abb. 11).

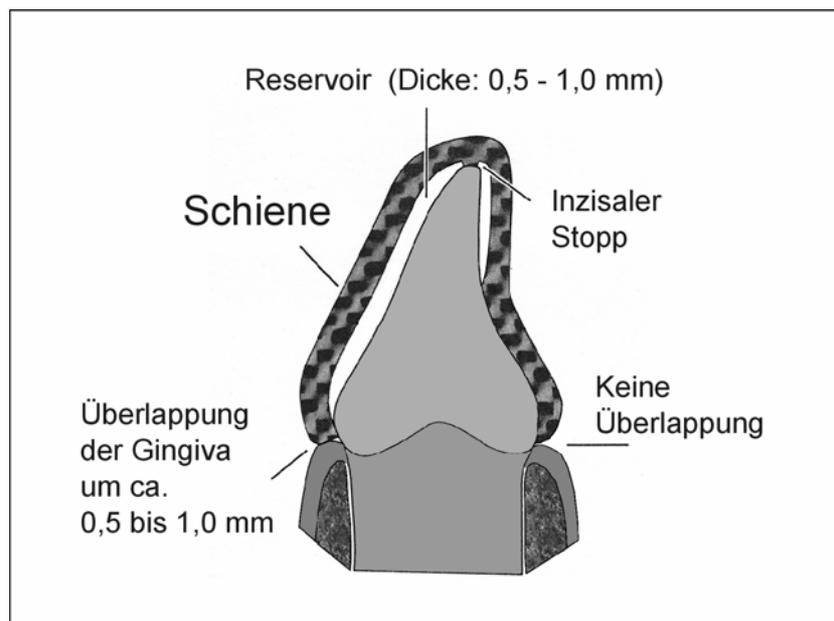


Abb. 11: Querschnitt der Bleachingschiene in situ.

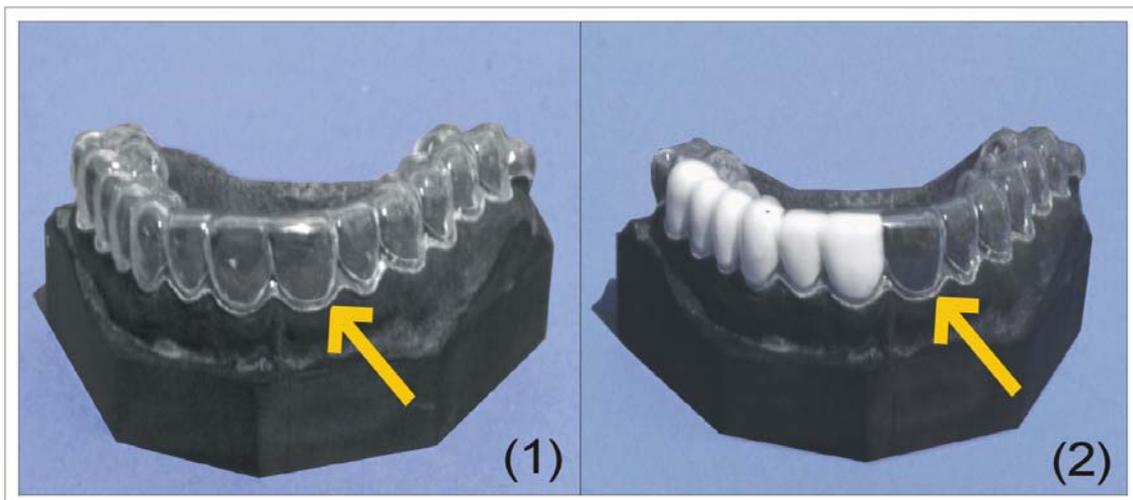


Abb. 12: (1) Fertige Schiene auf dem Modell
(2) Teilweise angefüllt mit COLGATE Platinum®
Pfeile zeigen den Bereich der Abdichtung an der marginalen Gingiva.

2.3 Patientenprofil

Für die Durchführung dieser in-vivo Langzeitstudie wurden je Bleichmedium 15 Probanden (insgesamt 45) gesucht. Die Testpersonen meldeten sich auf Aushänge im Klinikbereich der Zahnklinik München, Goethestraße 70, 80336 München. Für statistische Untersuchungen wurden folgende Gruppen unterteilt (siehe auch Abbildung 13):

- Altersgruppen: (1) 15 bis 29 Jahre (44,8 % Raucher)
(2) 30 bis 44 Jahre (33,3 % Raucher)
(3) 45 bis 60 Jahre (50 % Raucher)
- Geschlecht: Männlich (M = 57,8 %) / Weiblich (W = 42,2 %)
- Raucher / Nichtraucher (42,2 % / 57,8 %)

Es wurde darauf geachtet, dass von jeder Fraktion annähernd dieselbe Anzahl an Probanden auf die drei Testgruppen verteilt werden konnten.

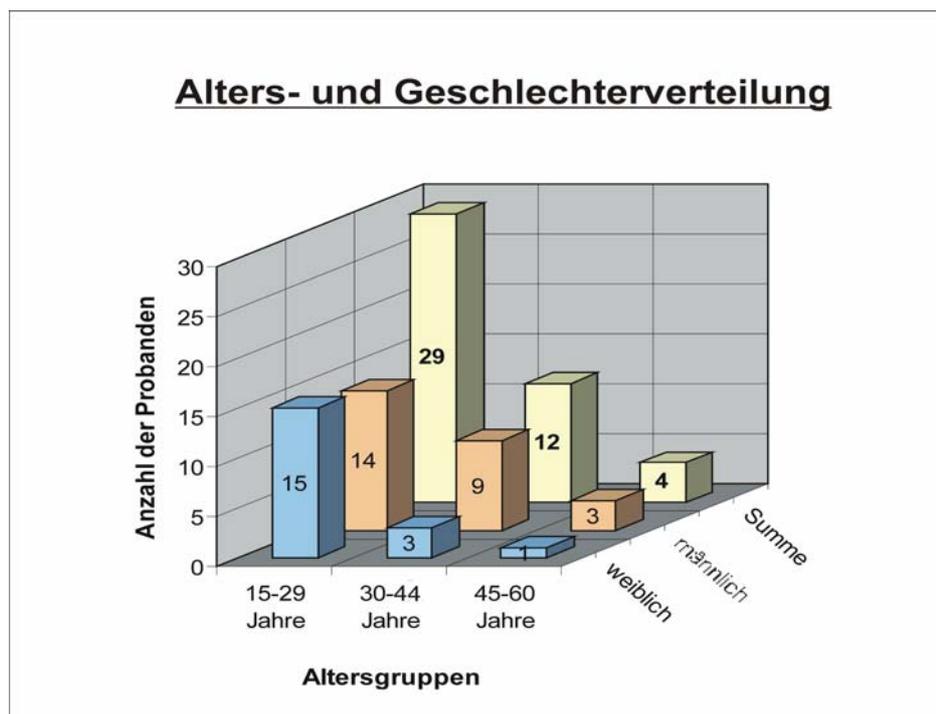


Abb. 13: Probandenverteilung, Anteil an Geschlecht und Altersgruppe

Alle Patienten wünschten eine Zahnaufhellung aus kosmetischen Gründen. Es lagen keine Verfärbungen durch Fluorose, Tetracyclin oder Chemikalien vor.

Die Patienten verpflichteten sich, nach der Bleichbehandlung zu Nachuntersuchungen unmittelbar nach der Anwendung, sowie drei, neun, zwölf und 24 Monate danach vorstellig zu werden. Als Gegenleistung wurde die Bleichbehandlung allen Probanden kostenfrei angeboten.

2.4 Durchführung und Kontrolle

2.4.1 Vorbereitungen

In der ersten Sitzung wurde von allen Probanden eine Anamnese erhoben, um eventuelle Risikopatienten ausschließen zu können. Die orale Gesundheit wurde detailliert in Befundbögen für Zahnstatus, Parodontalstatus sowie für apikalen Plaqueindex API und Sulkusblutungsindex SBI dokumentiert (siehe auch 2.5.1; Abbildungen II, III, IV, V,

VI, Anhang). Des Weiteren wurden die Ess- und Trinkgewohnheiten erfasst; auch die Mundhygiene wurde protokolliert (Abb. I, Anhang; Ausführungen unter 2.5.1).

Vor Bestimmung der Zahnfarbe erfolgte eine professionelle Zahnreinigung mit Ultraschallgerät, Handscaler sowie Polierpasten PROXYT® (VIVADENT, Fl-Schaan) grob und fein mit abschließender Fluoridierung. Die Zahnfarbenbestimmung der Zähne 11, 23, 34 erfolgte elektronisch (siehe 2.5.3), bei visueller Kontrolle durch den Behandler.

Für zusätzliche Kontrollmöglichkeiten, v.a. zur Auswertung von White Spots, Frontzahnfüllungen und Schmelzrisse wurden Fotos von der Ausgangssituation angefertigt (siehe auch 2.5.4).

Abschließend wurden Alginatabdrücke von Ober- und Unterkiefer für die Schienenherstellung (siehe 2.2) genommen.

2.4.2 Anwendung zu Hause

In der zweiten Sitzung wurde die Mundhygiene überprüft, besonders geachtet wurde auf Verletzungen der Gingiva durch die häusliche Zahnreinigung. Die Probanden wurden zu einer sanften Mundhygiene angehalten; dies vor allem, um unnötigen Kontakt von Bleichmittel mit offenen Wunden zu vermeiden.

Anschließend bekamen die Patienten eine Einweisung in das Procedere des Homebleaching. Die Bleaching-Schienen wurden einprobiert und sorgfältig auf ihren festen nicht-traumatisierenden Sitz, sowie auf ihre Dichtigkeit überprüft.

Die Probanden wurden darauf hingewiesen, während der Bleichanwendung nicht zu rauchen, sowie keine Nahrungsmittel oder Getränke zu sich zu nehmen. Bereits eine halbe Stunde vor der Anwendung sollte das Rauchen eingestellt und keine säurehaltigen Nahrungsmittel mehr verzehrt werden.

Bei Zahnfleischverletzung sollte der Bleichvorgang für drei bis vier Tage unterbrochen werden.

Für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden alle Probanden angewiesen, die Bleichanwendung zehn Tage in Folge vorzunehmen. Gemäß der Kinetik der marktüblichen Bleichmedien mit einem Carbamid-Peroxidgehalt von zehn bzw. 16 Prozent, wurden die Patienten angewiesen die Schiene für zwei Stunden am Tage zu tragen.

Nach Ablauf dieser Zeit sind etwa 50 % der Wirkung verbraucht [72],[73]. Aus diesem Grund, sowie wegen der Gefahr des Verschluckens von Bleichmittel während des Schlafens, wurde für diese Studie ein Tragen über Nacht (Nightguard Bleaching) abgelehnt.

Probleme bei der Anwendung sowie etwaige Nebenwirkungen waren in ein Protokoll einzutragen.

2.4.3 Kontrolltermine und Überwachung

Die Kontrolluntersuchung wurde eine Woche nach beendeter Bleichtherapie durchgeführt, um eine Rehydrierung der Zähne zu gewährleisten. Innerhalb dieses Zeitraumes dunkeln die Zähne durch die Wassereinlagerung erfahrungsgemäß etwas nach [104]. Die Farbnahme erfolgte wieder mit dem elektronischen Messgerät ShadeEye Ex[®]. (Ausführungen unter 2.5.2)

Des Weiteren wurden verschiedene Parameter zur häuslichen Bleichanwendung erhoben (Abb. VII und VIII, Anhang). Passgenauigkeit und Tragekomfort der Schiene wurden von den Probanden ebenso bewertet wie Eigenschaften der Bleichmedien.

Neben den eingangs erwähnten oralen Befunden wurde wieder besonderer Wert auf die exakte Erfassung spezieller oraler Befunde gelegt. Auch sonstige gesundheitliche Beeinträchtigungen durch die Bleichanwendung wurden schriftlich festgehalten.

Zusätzliche Erhebungen gab es zu Informationsgehalt der Packungsbeilagen, sowie zur Wertschätzung der Therapie. (Abb. VIII, Anhang).

Anschließend erfolgte jeweils die Fotodokumentation.

Da diese Studie auch Langzeitresultate für eine Bleichbehandlung beschreiben soll, wurden die Patienten zu erneuter Farbbestimmung in folgenden Intervallen einbestellt: drei, neun, sowie zwölf und 24 Monate nach der Anwendung. Diese Dauer wurde gewählt, da in der Literatur von einer Haltbarkeit des Bleichergebnisses von ein bis drei Jahren ausgegangen wird [42],[43],[47],[49],[62],[99].

Ausgenommen die Neun-Monatsnachuntersuchung, wurden jeweils erneut die Gewohnheiten und Befunde zur Zahngesundheit erhoben. Für die optische Kontrolle wurden bis

2.5 Datenerfassung und Datenverarbeitung

Im Folgenden wird beschrieben, welche Parameter auf welche Weise bestimmt wurden. Die Art der Dokumentation sowie die Auswertung werden ausgeführt.

2.5.1 Gesundheitszustand und orale Parameter

Vor der Behandlung wurde von allen Probanden eine sorgfältige Anamnese erhoben, um jegliches Gesundheitsrisiko durch die Bleichbehandlung auszuschließen. Bezüglich der Ernährungsgewohnheiten wurde besonders auf den Verzehr stark färbender Nahrungs- und Genussmittel (Rauchen, Kaffee, Tee, Rotwein) geachtet, um diesbezüglich entsprechende Prognosen für den Bleicherfolg bzw. Andauern der Wirkung ableiten zu können (Abbildung I, Anhang).

Die Mundhygiene wurde sorgfältig überwacht, um Verfärbungen durch lange Zeit anhaftende Beläge sicher ausschließen zu können. Es wurden die Putzhäufigkeit, die verwendete Zahnpasta sowie etwaige sonstige Hilfsmittel zur Mundhygiene (Spülungen, etc.) erfasst. (Abbildungen I und II, Anhang).

Die Erstellung eines vollständigen zahnärztlichen Befundes entsprechend der Abbildungen II, II, IV, VIII (Anhang) berücksichtigt auch besondere Befunde:

- White Spots (Größe und Ausprägung)
- Frontzahnfüllungen (Zustand, Randverfärbungen, farbliche Integrität).
- Hypersensibilität
- Schmerzen während oder nach der Anwendung
- Schmelzsprünge
- Irritationen der Gingiva
- Entzündungen der Gingiva
- Irritation des Geschmacksinns

Für die weitere Erfassung des Zustandes der oralen Gesundheit wurde ein Parodontalstatus (Abb. V, Anhang), sowie ein Befundbogen für apikalen Plaque-Index und Sul-

kus-Blutungs-Index (Abb. VI, Anhang) erstellt. Für die Kontrolle der Nebenwirkungen der Bleichmedien wurden bei jeder Kontrolluntersuchung auch der Zustand der marginalen Gingiva, sowie die Menge und Konsistenz des Speichels überwacht (Abb. II, III, IV, VIII, Anhang). Verletzungen wurden zusätzlich durch Fotografie dokumentiert.

Weiterhin wurden erfasst:

- Allergien
- Magenprobleme

2.5.2 Schienen, Bleichmittel und Heimanwendung

Neben der Passgenauigkeit der Schienen, sowie Tragekomfort, wurden auch Verletzungen ebenso wie sonstige Befunde (z.B. Kiefergelenksprobleme) durch das Tragen der Schienen erfasst.

Um die Akzeptanz des Homebleaching qualitativ beurteilen und zwischen den Bleichmedien vergleichen zu können, wurden folgende Parameter erfasst und ausgewertet:

- Farbe des Bleichmediums
- Geschmack dto.
- Konsistenz dto.
- Ergebnis

Zur Beurteilung der häuslichen Anwendung dienten folgende Parameter:

- Einfachheit der Handhabung
- Verteilung des Bleichgels in den Reservoirs der Schiene
- Probleme beim Entfernen des überschüssigen Bleichmittels nach dem Einsetzen
- Probleme beim Entfernen der Bleichgelreste nach der Anwendung
- Dauer der Einzelanwendung, Dauer der gesamten Therapie

2.5.3 Farbmessung

Die Bestimmung der Zahnfarbe mit dem elektronischen Messgerät ShadeEye Ex[®] (SHOFU[®], D-Ratingen, Markteinführung 1998 [22]) erfolgte jeweils nach Zahnreini-

gung zu folgenden Intervallen: vor Anwendung, eine Woche, drei, neun sowie zwölf und 24 Monate nach der Therapie. Der Sensorkopf des Messgerätes wurde zur Farbbestimmung rechtwinklig auf das inzisale Drittel der Zahnflächen positioniert (Abb. 15).



Abb. 15: Farbmessgerät SHOFU Shade Eye Ex[®] mit Anwendungsbeispiel

Es wurden folgende Parameter gemessen und in gedruckter Form archiviert (Abb. 16).

MODE: Tooth	Legende
Guide No.: A2	
Shade 2.5	
Value ±0	
Hue STD	
	No. = VITA-Zahnfarbe
	Shade = Grauwert
	Value = Helligkeitsstufe
	Hue = Farbton

Abb. 16:
Original Ausdruck SHOFU[®]
ShadeEye Ex[®], Legende

Guide-Werte (entsprechen den VITA[®]-Farben) stellen die Grundlage für die Bewertung der Bleicheffizienz der einzelnen Produkte dar. Die Parameter Shade, Value und Hue flossen nicht in die Datenauswertung ein. Die Ergebnisse des Messgerätes wurden vom Behandler mithilfe des VITA[®]-Farbrings jeweils visuell überprüft.

Für die Quantifizierung der Bleichwirkung wurde die 16-teilige VITA®-Farbskala nach den Helligkeitswerten sortiert [99], entsprechend der nachstehenden Tabelle:

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

Tab. 6: Sortierung der 16 VITA®-Farben nach Helligkeitsstufen

Seit dem Jahr 2001 bietet SHOFU das überarbeitete Farbmessgerät Shade Eye NCC® an. Mit diesem Gerät können auch die helleren sogenannten Bleaching-Farben jenseits von „B1“ registriert werden.

Weitere Systeme zur Farbmessung sind in der Entwicklung, um eine noch feinere objektive Farbmessung durchführen zu können. Beispiele stellen folgende Geräte dar:

ShadeScan (Cynovad), Digital Shade Guide DSG4 (Rieth), SpectroShade (MHT), ShadeVision (X-Rite), Easyshade (VITA) [22].

2.5.4 Fotodokumentation

Zum Nachweis des Therapieerfolges wurden neben der elektronischen Farbmessung auch Aufnahmen von den behandelten Zähnen angefertigt. Es wurde die Situation vor dem Bleichen sowie direkt nach Abschluss der Behandlung und in den Intervallen drei, neun, zwölf und 24 Monate nach dem Bleaching fotografiert. Mit einer analogen Spiegelreflex-Kamera (PENTAX SFXN) entstanden Übersichtsaufnahmen von Ober- und Unterkiefer sowie Nahaufnahmen der sogenannten Smile-Teeth (Abb. 20 und 21 sowie 26 und 27).

Von besonderen Befunden wurden Detailaufnahmen angefertigt (Abb. 24, 25, 32, 33, 34). Verletzungen wurden zur besseren Darstellung mit Mira-2-ton (Hager & Werken, D-Duisburg) angefärbt.

Verwendet wurde dabei ein Makro-Zoom-Objektiv von Pentax (SMC PENTAX-F, 100 mm, Lichtstärke 1:2,8), für eine annähernd ausreichende Schärfentiefe wurde die

Blendenzahl 8 gewählt. Ein montierter Ringblitz (PENTAX AF 080 C) sorgte für eine gleichmäßige schattenfreie Ausleuchtung.

Es wurden ausschließlich Diafilme AGFA[®] RSX II, ISO 50/18°, 36 Exp., verwendet, die ohne Ausnahme im Fotolabor der Fa. Sauter, Sonnenstraße 26, 80331 München, entwickelt wurden. Für die digitale Aufbereitung wurden diese mithilfe eines Diascanners (EPSON[®] perfection 1650) eingelesen (720 dpi Auflösung bei 24 bit Farbtiefe). Im TIFF-Format wurden die Bilder am Bildschirm ausgewertet. Für den Druck wurden die auffälligsten Befunde unter CorelDraw[®] 8 und PhotoPaint[®] 8 (Corel Corp., Ottawa, Kanada) digital nachbearbeitet und im JPEG-Format (Komprimierung 90 %) archiviert.

2.5.5 Datenverarbeitung

Für die Fragestellung dieser Studie bezüglich Bleichwirkung und Wirkungsdauer wurden die Farbveränderungen und deren Verlauf entsprechend den Ausführungen unter 2.5.3 gemessen und dokumentiert. Um signifikante Unterschiede und eindeutige Ergebnisse ableiten zu können, wurden die gemessenen Daten statistisch ausgewertet.

Entsprechend dem orientierenden Charakter dieser Untersuchung wurde das Signifikanz-Niveau auf $\alpha=0.05$ festgesetzt. Dies bedeutet: man akzeptiert, sich in fünf von 100 Tests mit der Testaussage (z.B. dass ein Unterschied zwischen Stichproben besteht) zu irren. Das Ergebnis jedes statistischen Tests ist ein sog. p-Wert, d.h. die Irrtumswahrscheinlichkeit mit der die Nullhypothese (= Hypothese des nicht vorhandenen Unterschieds zwischen den Stichproben) zurückgewiesen werden kann. Mit anderen Worten bedeutet dies: Unterschiede zwischen den Stichproben mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von p sind statistisch zu sichern. Liegt dieser p-Wert unterhalb des gewählten Signifikanz-Niveaus so wird der Unterschied als signifikant bezeichnet.

Testwahl

In der vorliegenden Untersuchung wurde für die Sicherung von Unterschieden zwischen zwei Stichproben bei Daten mit Messwert-Skalenniveau der t-Test benutzt, falls die Voraussetzungen für seine Anwendung gegeben waren, d.h. es wurde überprüft ob die Da-

ten der untersuchten Variable eine Gauss'sche Normalverteilung aufweisen (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest, $p=0.05$) und ob Varianz-Homogenität herrscht (Barlett-Test, $p=0.05$). Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass das Ergebnis valide ist. War eine dieser Voraussetzungen nicht erfüllt, so wurde ersatzweise als sogenannter nichtparametrischer Test der Wilcoxon-Test benutzt, welcher für Daten mit ordinalem Skalenniveau indiziert ist.

In den Fällen, wo der Gesamt-Stichprobenumfang kleiner als $N=20$ war, wurde ein moderner, auf permutatorischen Algorithmen beruhender, Randomisierungstest nach Fisher-Pitman eingesetzt. Dieser hat den Vorteil, dass für die Validität des Ergebnisses keinerlei Testvoraussetzungen an die Verteilungsform zu erfüllen sind.

Für die Sicherung von Unterschieden bei mehr als zwei unabhängigen Stichproben wurde (ebenfalls nach Prüfung der Testvoraussetzungen) die Einweg-Varianzanalyse (ANOVA) benutzt. War eine der Test-Voraussetzungen verletzt, so wurde stattdessen der nicht-parametrische Kruskal-Wallis-Test angewendet.

Für die Sicherung von Veränderungen innerhalb einer Gruppe über mehr als zwei Zeitpunkte hinweg wurde als Test für abhängige Stichproben der Friedman-Test eingesetzt. Bei Daten mit nominalem Skalenniveau wurde der Vier- bzw. Mehr-Felder-Test benutzt.

Der LSD-Test (ein sog. Post-Hoc-Test auf Kontraste) teilt alle Gruppen in gewisse Gruppen-Klassen (Cluster) ein (z.B. A oder B oder C) deren Mitglieder sich untereinander auf dem 5 %-Niveau nicht voneinander trennen lassen. Die Gruppen in der Klasse A unterscheiden sich aber von denen in der Klasse B, sie bilden einen Kontrast auf dem 5 %-Niveau.

Weitere Daten

Alle weiteren Daten zu oralen, gesundheitlichen und sonstigen Befunden wurden in meist zehnteiligen Skalen bewertet und festgehalten. Die Auswertung erfolgte über Bildung von Durchschnittswerten ohne statistische Auswertung. Die auffälligsten Ergebnisse werden in EXCEL[®] Diagrammen dargestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Farbveränderung

Zentrales Thema dieser Studie ist der Verlauf der Farbveränderungen an den Zähnen. Nach einem Überblick über die durchschnittliche Wirksamkeit der Bleichmedien wird auf einzelne Parameter eingegangen. Neben Unterschieden zwischen den Materialien werden Abhängigkeiten bezüglich des Alters, des Geschlechts, der Rauchgewohnheiten und der Zahnnummer herausgestellt.

3.1.1 Überblick

Von insgesamt 45 Probanden (15 je Bleichmedium) haben alle die Bleichanwendung korrekt nach Vorgabe aus 2.4.2 durchgeführt. Insgesamt vier Patienten (Colgate: 2, Dentsply: 2) erschienen ab der Neun-Monate-Kontrolle nicht zu allen Nachuntersuchungsterminen. Dies ist in der statistischen Auswertung berücksichtigt.

Es ist zu beachten, dass für jeden Probanden drei Messwerte (Messung der Zahnfarbe an drei Zähnen 11, 23, 43) aufgenommen und für die statistische Auswertung verwendet wurden.

Des Weiteren ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu bedenken, dass einige Zähne mit einer Ausgangsfarbe von VITA A1 oder B1 vor dem Bleaching durch die Behandlung eine weitere, zum Teil deutliche Aufhellung erfuhren, die jedoch mit dem elektronischen Messgerät nicht feststellbar waren.

Generell kann konstatiert werden, dass es bei allen Probanden zu einer nachweisbaren Aufhellung der Zähne kam. Auffällig ist eine relativ große Standardabweichung bei allen Produkten in sämtlichen durchgeführten Tests.

Für die folgenden statistischen Auswertungen und Graphiken gelten die nachfolgenden Bezeichnungen.

N	= Stichprobenumfang;	Mean	= Mittelwert
SD	= Standardabweichung;	Median	= Medianwert
Gauss	= Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Gauss'sche Normalverteilung		
LSD-Class	= Post-Hoc-Test (<u>L</u> east <u>S</u> ignificance <u>D</u> ifference) auf Kontraste ($p=0.05$)		
Groups	= Gruppennamen (z.B. Colgate, Dentsply, Discus)		
x-Achse	= Zeitpunkte (VITA 0 = vor dem Bleichen, baseline VITA 0,5 = direkt nach dem Bleichen VITA 3, 9, 12, 24: Anzahl der Monate nach Bleaching) oder Zeitdifferenzen: z.B.: VITA 0-0,5 = Vergleich vor und direkt nach dem Bleichen		
y-Achse	= VITA-Farbwerte (1-16) oder Farbwertdifferenzen (-8 bis +8) gemäß der Skala von 2.5.3		

Das Ergebnis des t-Tests beim Vergleich von nur zwei Gruppen (= $p(t)$) bzw. das Ergebnis der Varianz-Analyse (= $p(AOV)$) beim Vergleich von mehr als zwei Gruppen ist unterhalb des Variablennamen angegeben.

Für die Diagramme der statistischen Boxplots gilt folgende Zeichenerklärung:

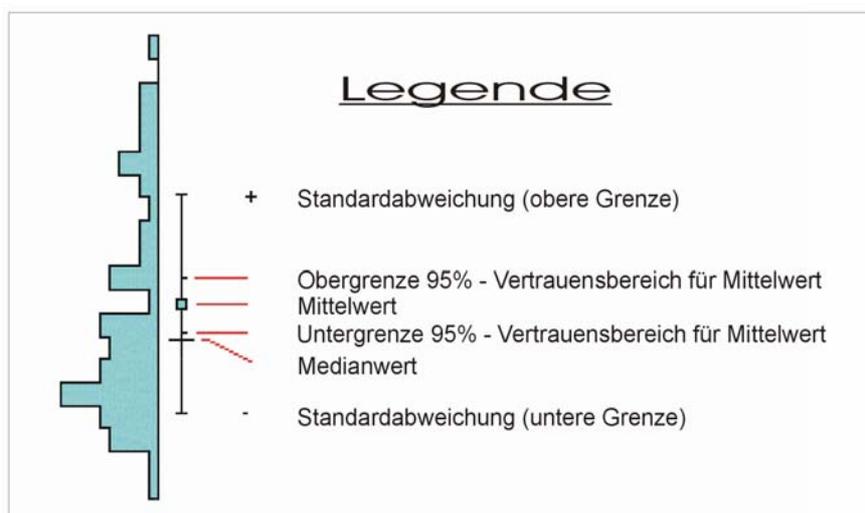


Abb. 17: Zeichenerklärung für statistische Boxplots.

Zahnfarbenveränderungen

Ohne die Parameter Zahnnummer, Alter, Geschlecht, Tabakkonsum zu berücksichtigen, lassen sich aus Abb. 18 (unten) folgende Erkenntnisse ziehen:

Die Zahnfarbe aller Probanden liegt vor der Anwendung (Zeitachse: VITA 0) etwa bei zehn (entspricht VITA D3). Ausgehend von diesem Wert, ist bei jedem Material eine signifikante Aufhellung der Zahnfarbe nach der Anwendung (Zeitachse: VITA 0,5) feststellbar. Des weiteren ist abzulesen, dass es zu einer leichten Nachdunkelung im Verlauf der Nachuntersuchungen drei, neun, zwölf und 24 Monate (Zeitachse: VITA 3, 9, 12, 24) nach dem Bleichen kommt.

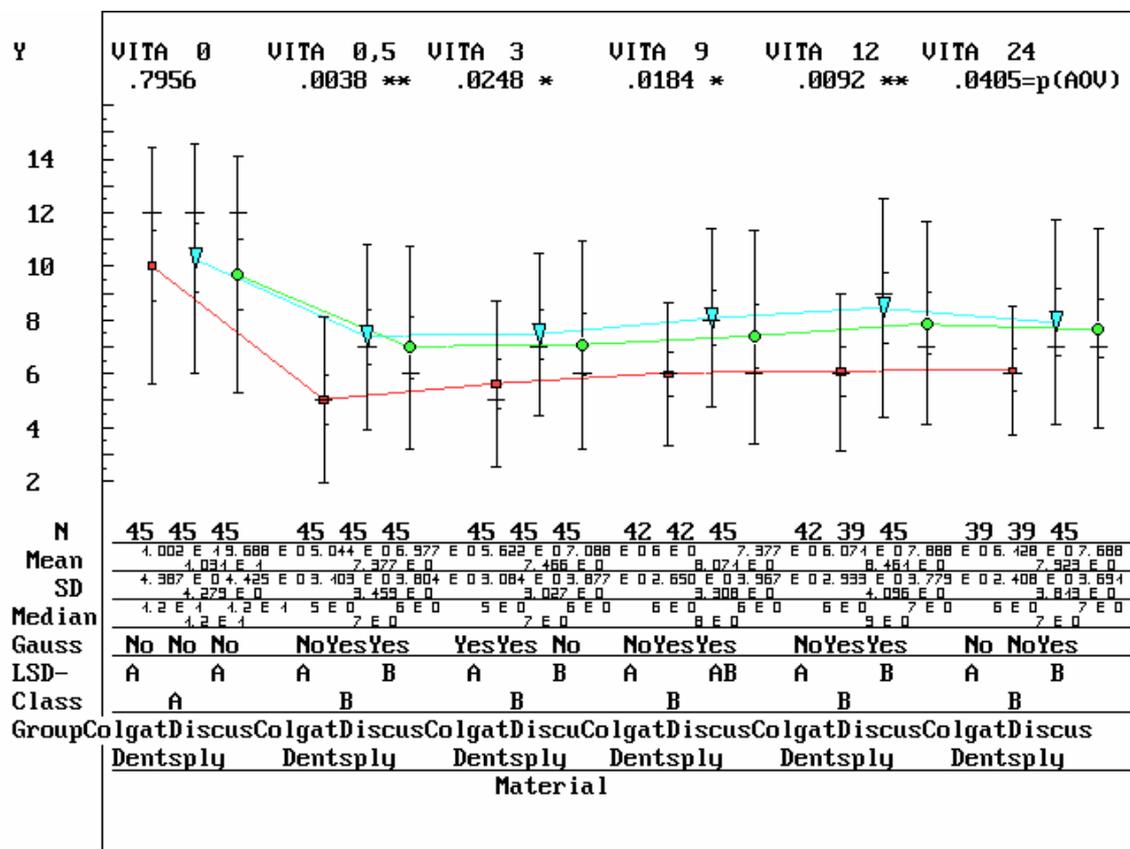


Abb. 18: Vergleich Farbveränderung aller Probanden bei allen Zähnen (11, 23, 43), unterschieden nach Materialien.

Für die einzelnen Materialien ergeben sich nachfolgend beschriebene Charakteristika. Es ist abzulesen, dass mit Colgate (rot) signifikant bessere Bleichergebnisse erzielt wurden, als mit den Vergleichsprodukten von NuproGoldTM (blau) und Nite White[®] (grün).

Dies zeigt sich besonders in einem Einzelvergleich der Bleichmedien vor dem Bleichen und danach (VITA 0-0,5) in Abb. 19.

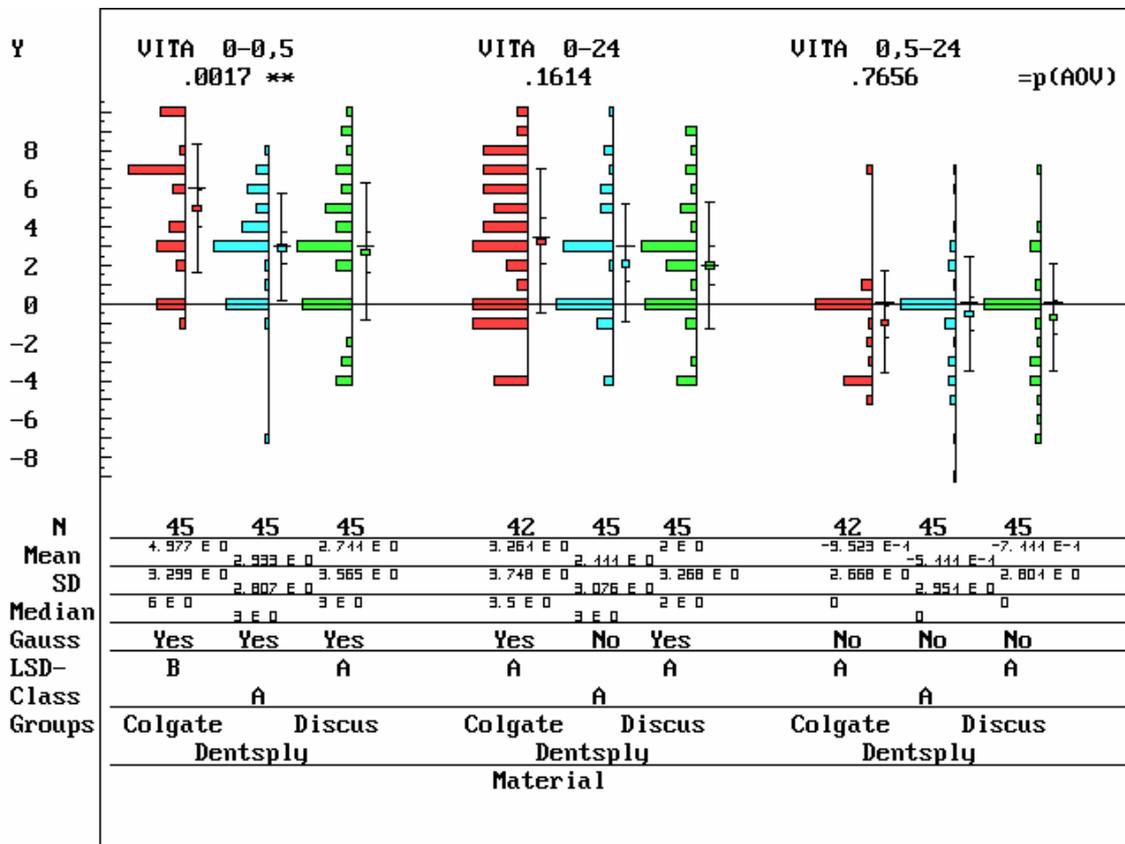


Abb. 19: Farbdifferenzen zu folgenden Untersuchungszeiten:

- (1) Vor dem Bleichen - unmittelbar nach dem Bleichen (VITA 0-0,5).
- (2) Vor dem Bleichen - 24 Monate nach dem Bleichen (VITA 0-24).
- (3) Direkt nach d. Bleichen - 24 Monate nach d. Bleichen (VITA 0,5-24).

Der mittlere Aufhellungsgrad beträgt fünf Punkte bei Colgate (rot), während bei den Vergleichsmaterialien (Dentsply = blau, Discus Dental = grün) lediglich drei Punkte Unterschied feststellbar sind.

Im Mittelteil des Boxplots der Abb. 19 zeigt Colgate (rot) zudem das bessere Langzeitergebnis mit einem Punktunterschied von drei Einheiten, 24 Monate nach der Behandlung gegenüber der Ausgangssituation. Bei den Produkten von Dentsply (blau) und Discus Dental (grün) liegt dieser Wert etwa bei zwei.

Bezüglich der Nachdunkelung in den 24 Monaten nach der Anwendung kann man aus dem rechten Abschnitt des Plots in Abb. 19 keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Materialien feststellen. Die Probanden aus der Gruppe Colgate (rot) zeigen eine etwas stärkere Nachdunkelung (Wert: -1) innerhalb von 24 Monaten als die Vergleichsprodukte mit je etwa einem halben Punkt Verlust auf der Skala.

Nur bei wenigen Probanden kam es zu derart guten Bleichergebnissen, dass diese auch eindeutig in der Photodokumentation nachzuweisen waren. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel zeigen die Abbildungen 20 und 21 (22-jährige Patientin, Dentsply).



Abb. 20: Patient vor der Behandlung (BaseLine).



Abb. 21: Patient nach der Behandlung.

3.1.2 In Abhängigkeit vom Alter der Patienten

Gemäß der Einteilung in Altersgruppen aus 2.3 wurde der Einfluss des Alters auf die Bleichwirkung und Remanenz der Aufhellung über die folgenden 24 Monate untersucht (Abb. 22).

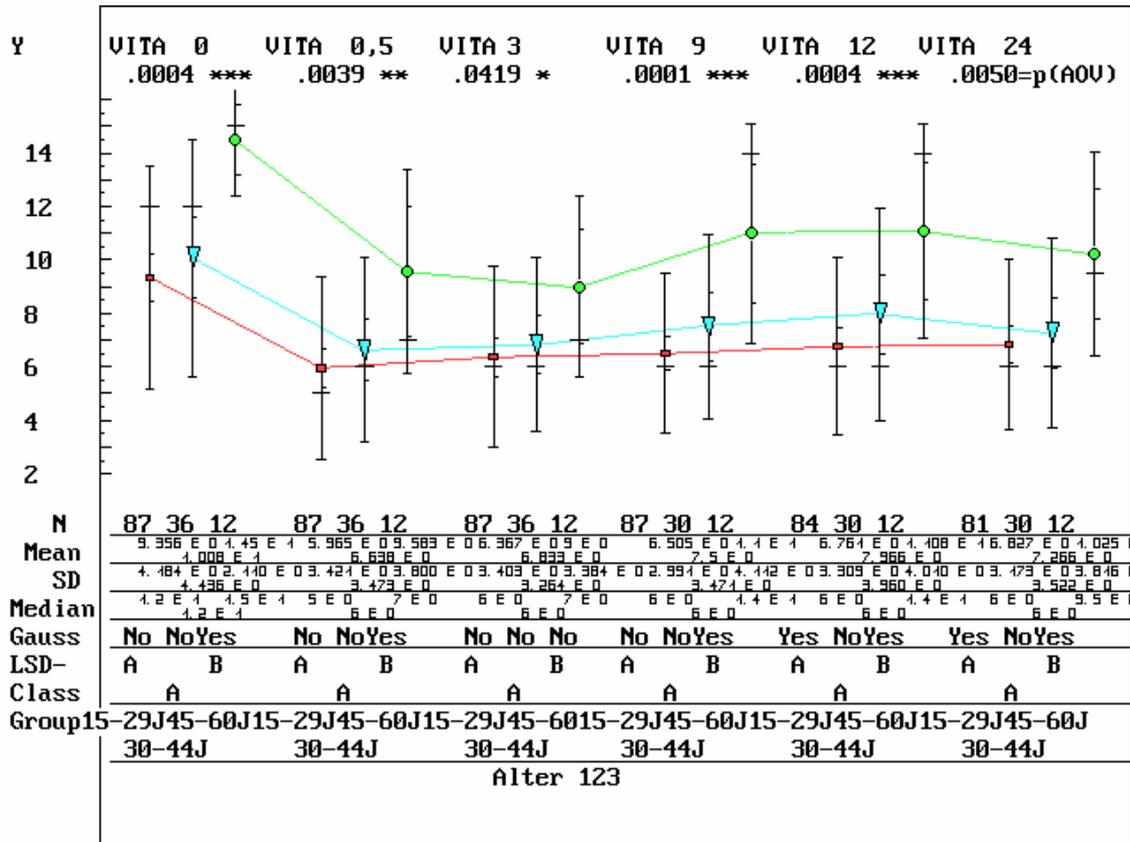


Abb. 22: Vergleich der Zahnfarben vor (VITA 0) und nach (0,5; 3; 9;12; 24 Monate danach) dem Bleichen. Gruppierung nach Altersklassen.

Anhand der Ausgangsdaten vor dem Bleichen (Zeitachse: VITA 0) lässt sich ableiten, dass mit zunehmendem Alter die Zähne dunkler werden. Während sich die Zähne der jungen (15 bis 29 Jahre, rot) und mittleren (30 bis 44 Jahre, blau) Altersgruppe jeweils um etwa 3,5 Farbwerte aufhellen lassen, zeigt sich bei der älteren Probandengruppe (45-60 Jahre, grün) ein wesentlich besserer Wert von ca. fünf Punkten. Hinsichtlich der Nachdunkelung im Verlauf der Nachuntersuchungen in den folgenden Monaten ist bei allen Altersgruppen ein Anstieg um etwa einen Punkt zu erkennen.

3.1.3 In Abhängigkeit des Tabakkonsums

Wie aus Abbildung 23 ersichtlich, bestand vor dem Bleaching kein signifikanter Unterschied in der Zahnfarbe zwischen Rauchern und Nichtrauchern. Beide Gruppen zeigen eine deutlich messbare Aufhellung, jedoch keine signifikante Differenz untereinander. Nichtraucher (rot) verbessern sich um etwa vier Punkte, Raucher (blau) um etwa drei. Auch im Verlauf nach der Anwendung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern festgestellt werden. Beide Gruppen zeigen eine leichte Nachdunkelung im Verlauf der Nachuntersuchungen bis 24 Monate nach der Anwendung.

Detailliertere Plots für die einzelnen Bleichmedien zeigen dasselbe Ergebnis.

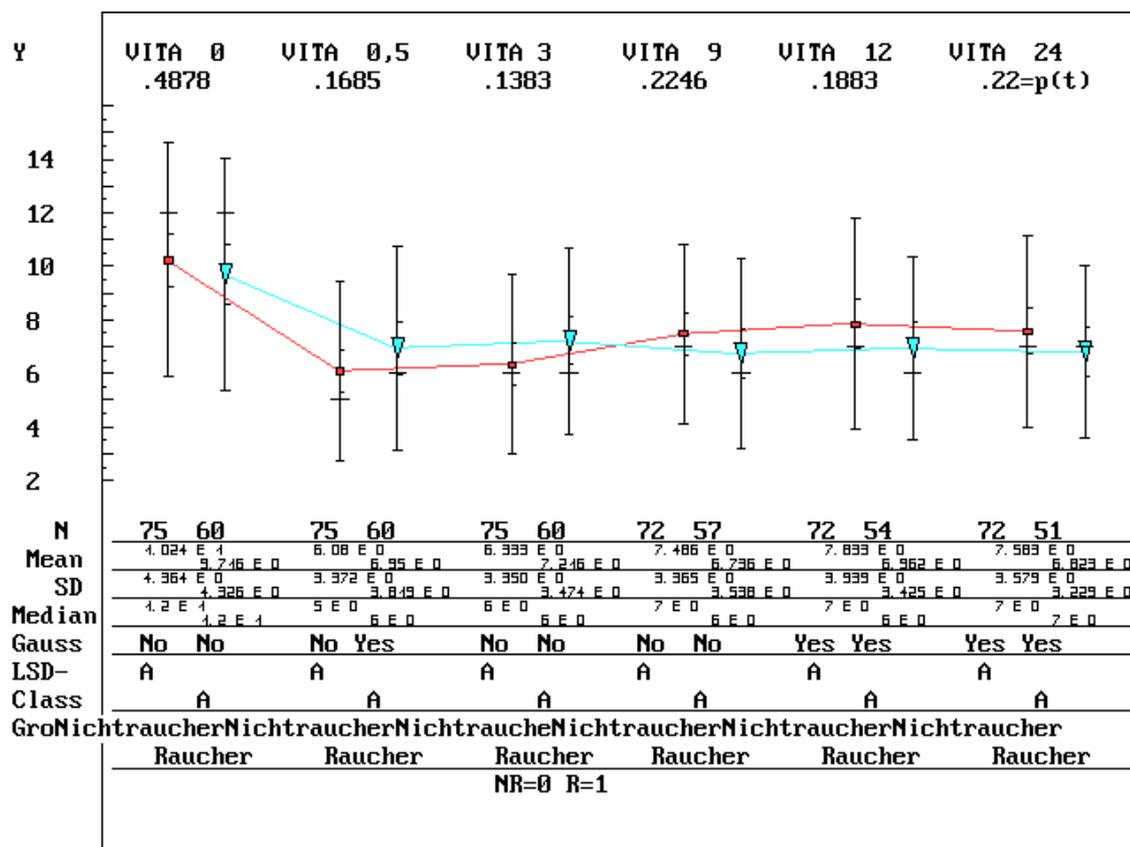


Abb. 23: Vergleich der Zahnfarben vor (VITA 0) und zwei Wochen, drei, neun, zwölf und 24 Monate (VITA 0,5; 3; 9; 12; 24) nach dem Bleichen in Abhängigkeit vom Tabakkonsum.

3.1.4 In Abhängigkeit von Geschlecht und Zahnnummer

Geschlecht

Betrachtet man alle Bleichmedien gemeinsam, so zeigt sich, unabhängig von der Zahnnummer, dass Männer (Mittelwert 11 vor dem Bleichen) dunklere Zähne haben als Frauen (Mittelwert 9 vor dem Bleichen). Keine signifikanten Unterschiede zeigen sich jedoch hinsichtlich des Bleichverhaltens. Bei beiden Geschlechtern kommt es zu einer durchschnittlichen Aufhellung um etwa 3,5 Farbwerte durch das Bleichen. Auch hinsichtlich des Verlaufs drei, neun, zwölf sowie 24 Monate nach der Behandlung zeigen sich keine nennenswerten Differenzen.

Zahnnummer

Generell kann aus den statistischen Auswertungen abgelesen werden, dass die ersten oberen Incisivi (Mittelwert 5,5) etwa 7,5 Farbwerte heller sind als die oberen Canini und etwa 6,5 Farbwerte heller als die unteren Canini. Es zeigt sich eine signifikant bessere Aufhellung bei den oberen und unteren Eckzähnen (Farbdifferenz jeweils fünf Punkte) als bei den Incisivi (Farbdifferenz 1,5 Punkte).

Im Verlauf über drei, neun, zwölf und 24 Monate erkennt man bei allen Zahngruppen eine leichte Nachdunkelung (bis 24 Monate nach der Behandlung um etwa einen Punkt).

Signifikante Unterschiede zwischen den Zahngruppen lassen sich nicht erkennen. Dies zeigt erneut, dass die Bleichwirkung über den Beobachtungszeitraum hinaus anhält. Eine gesonderte Einzelbetrachtung der Bleichwirkung an den jeweiligen Zähnen für jedes Bleichmedium liefert keine nennenswerte Unterschiede.

Insgesamt lässt sich ableiten, dass der von der Natur aus meist relativ große Farbunterschied zwischen Canini und Incisivi durch das Bleichen deutlich abgeschwächt wird.

3.1.5 Interaktionen mit bestehenden Restaurationen

Entsprechend den Erfahrungen aus früheren Studien [23],[100], konnte gezeigt werden, dass eine Aufhellung von Kompositrestaurationen nicht oder nur im nicht wahrnehmbaren Bereich möglich ist. So waren bei fünf Patienten die ursprünglich farblich unauffälligen Füllungen im Frontzahnbereich nach dem Bleichen zu dunkel. Siehe Abb. 24 und 25. Bei weiteren drei Patienten waren die Kompositrestaurationen nach der Bleichtherapie weniger auffällig, da verfärbte Ränder verschwunden waren und die vorher zu helle Füllung nach der Behandlung farblich besser harmonierte.



Abb. 24:
Zahn 21 mit Komposit-
Restauration (Pfeil) vor der
Behandlung.

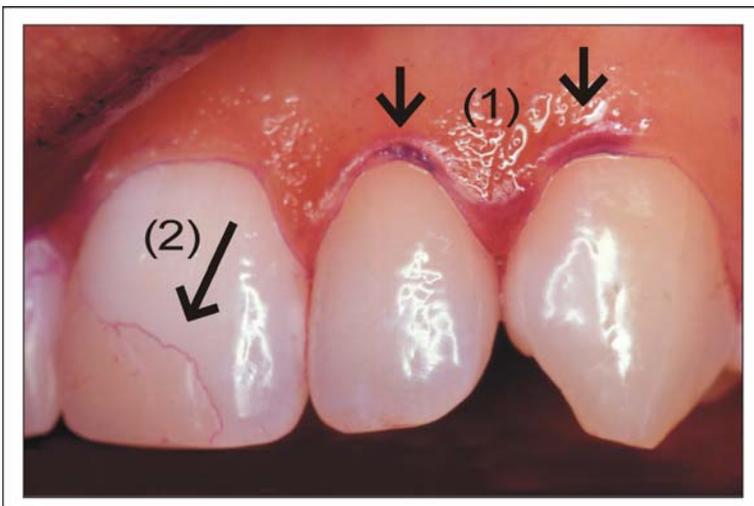


Abb. 25:
(1) Verletzung durch Zahn-
bürste, eingefärbt mit
Mira-2-ton®.
(2) Farbdifferenz zwischen
Komposit-Restauration
und natürlicher Zahn-
hartschubstanz, Rand ein-
gefärbt mit Mira-2-ton®.

Lediglich eine Probandin war mit Keramikrestaurationen im Frontzahnbereich versorgt. Das Material zeigte keine bzw. nicht wahrnehmbare Farbveränderungen. Infolge der Bleichbehandlung erscheinen die vorher farblich angepassten Kronen nach der Anwendung etwas zu dunkel (Abbildung 26 und 27).



Abb. 26: 27-jährige Patientin mit keramisch verblendeten Frontzahnkronen 21,22 vor dem Bleichen



Abb. 27: Patientin aus Abb. 26 nach dem Bleichen.

Probanden mit intakten Zahnrestorationen aus Goldlegierungen (Kronen oder Inlays) hatten zu keinem Zeitpunkt Beschwerden an den versorgten Zähnen. Auch Patienten mit Keramikinlays konnten keine besonderen Nebenwirkungen feststellen.

Ergebnisse zu Interaktionen mit Amalgam-Füllungen liegen nicht vor, da derartig versorgte Zähne von der Bleichtherapie ausgenommen wurden. Keiner der Probanden hatte während der Behandlung Zementfüllungen oder provisorisch versorgte Zähne.

In keinem Fall kam es zu einem Verlust einer Zahnrestauration oder zu einer auffälligen Verschlechterung der Integrität einer Restauration.

Ein Proband war mit Implantaten versorgt. Die marginale Gingiva im Bereich des Implantates zeigte keine Veränderungen im Rahmen der Bleichbehandlung; gleiches gilt für die Suprakonstruktion.

3.2 Orale und systemische Befunde

Neben dem Nachweis der Wirksamkeit von Bleichmitteln ist es essentiell, deren Nebenwirkungen aufzudecken. Es wurden Parameter für parodontale und gingivale Gesundheit sowie Effekte an Zähnen und Gingiva wie Hypersensibilität und Schmerzen festgehalten. Zudem wurden auch systemische Auswirkungen erfasst.

3.2.1 Plaque, Speichel

Aufgrund der ursprünglichen Verwendung von Carbamidperoxid zur Behandlung von parodontalen Problemen in den Sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts [55], wurde die desinfizierende Wirkung der verwendeten Bleichmedien überprüft. Als Gradmesser für die Hygieneverhältnisse am Zahn wurde der API (apikaler Plaque-Index) ermittelt. Die Bestimmung der Werte erfolgte entsprechend der Messpunktvorgabe aus Abb. V (Anhang). Zur Einfärbung der Plaque wurde Mira-2-Ton (Hager und Werken, D-Duisburg) verwendet.

Die Ergebnisse sind in Abb. 28 (nachfolgende Seite) aufgeteilt nach Bleichmedium für jeden Patienten einzeln dargestellt. Betrachtet man jeweils den Durchschnittswert (AV) der Plaqueentwicklung, so ist ein deutlicher Rückgang der Plaque festzustellen. Für die einzelnen Produkte beträgt der Rückgang 15 Prozent bei Colgate, 22 Prozent bei Dentsply und 30 Prozent bei Discus Dental. In einer gesonderten Auswertung wurde die Entwicklung des API bei Rauchern betrachtet. Bei annähernd gleichen Ausgangswerten mit einem durchschnittlichen API-Wert von etwa 55 Prozent, zeigte sich bei den Rauchern (26,8 Prozent) ein signifikant besserer Vergleichswert nach dem Bleichen, als bei den Nichtrauchern (47,3 Prozent).

Bei der Abschlussuntersuchung, 24 Monate nach der Bleichbehandlung, wurden jeweils annähernd gleiche API-Werte für jeden Probanden wie zur Ausgangssituation vor dem Bleaching gemessen.

Um den Zustand des marginalen Parodontiums beurteilen zu können, wurde der SBI (Sulkus-Blutungsindex) erhoben (Abb. 29). Die Auswahl der Messpunkte erfolgte ebenfalls entsprechend dem Befundplan aus Abb. V (Anhang). Für jedes Bleichmedium sind die Messwerte jedes einzelnen Patienten aufgetragen. Der Durchschnittswert (AV) zeigt auch in diesem Fall, dass es durch die Bleaching-Anwendung zu einer Verbesserung der marginalen Verhältnisse gekommen ist. In der statistischen Betrachtung zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern. Im besonderen Fall des mit Implantaten versorgten Probanden war ebenso keine Verschlechterung der marginalen Verhältnisse festzustellen.

Entsprechend der Entwicklung der API-Werte zeigt sich auch am SBI-Index, dass die Messwerte aller Probanden 24 Monate nach dem Bleichen etwa den Ausgangswerten vor dem Bleaching entsprechen.

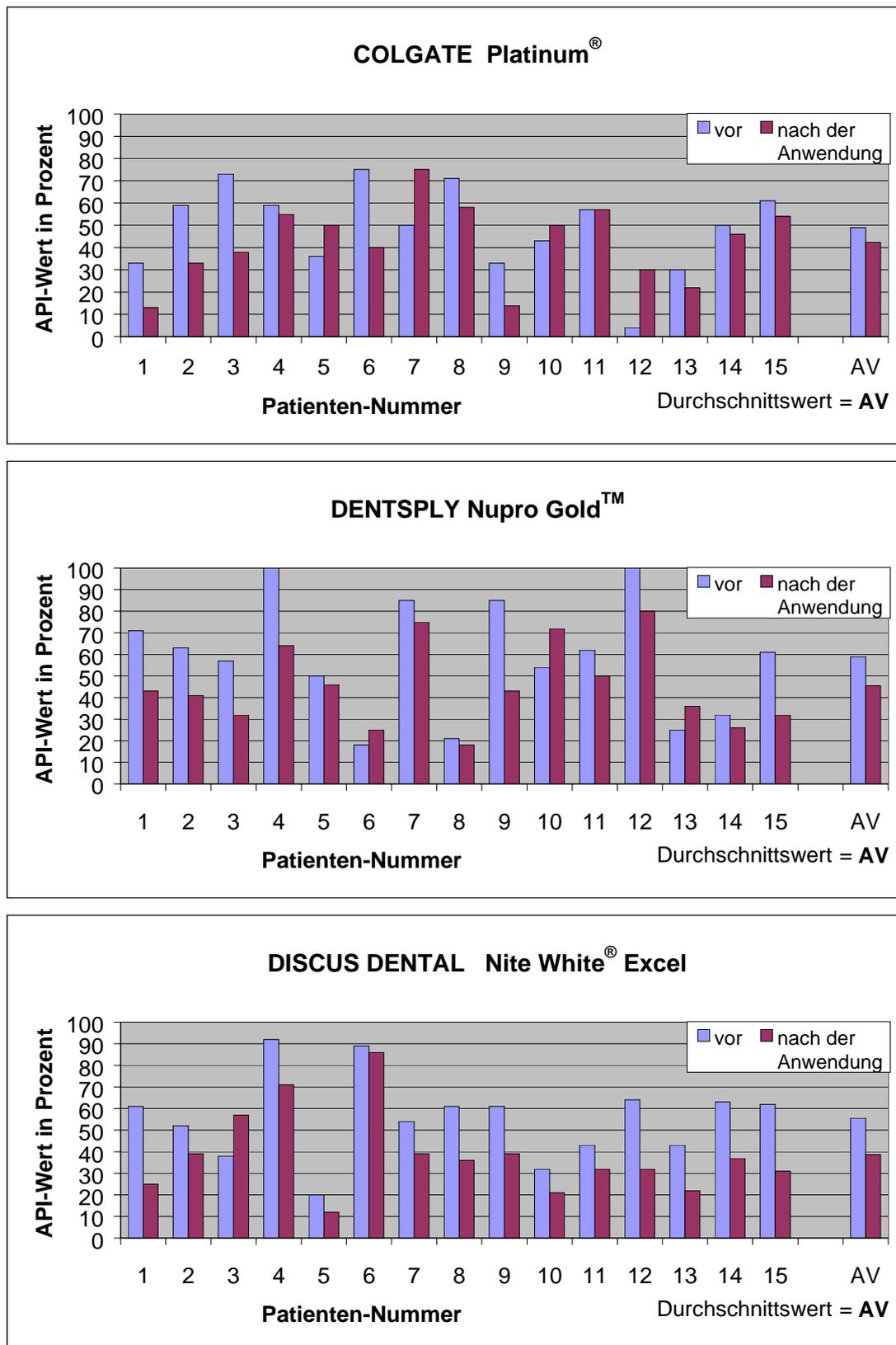


Abb. 28: Vergleich der API-Messwerte vor und unmittelbar nach der Behandlung.

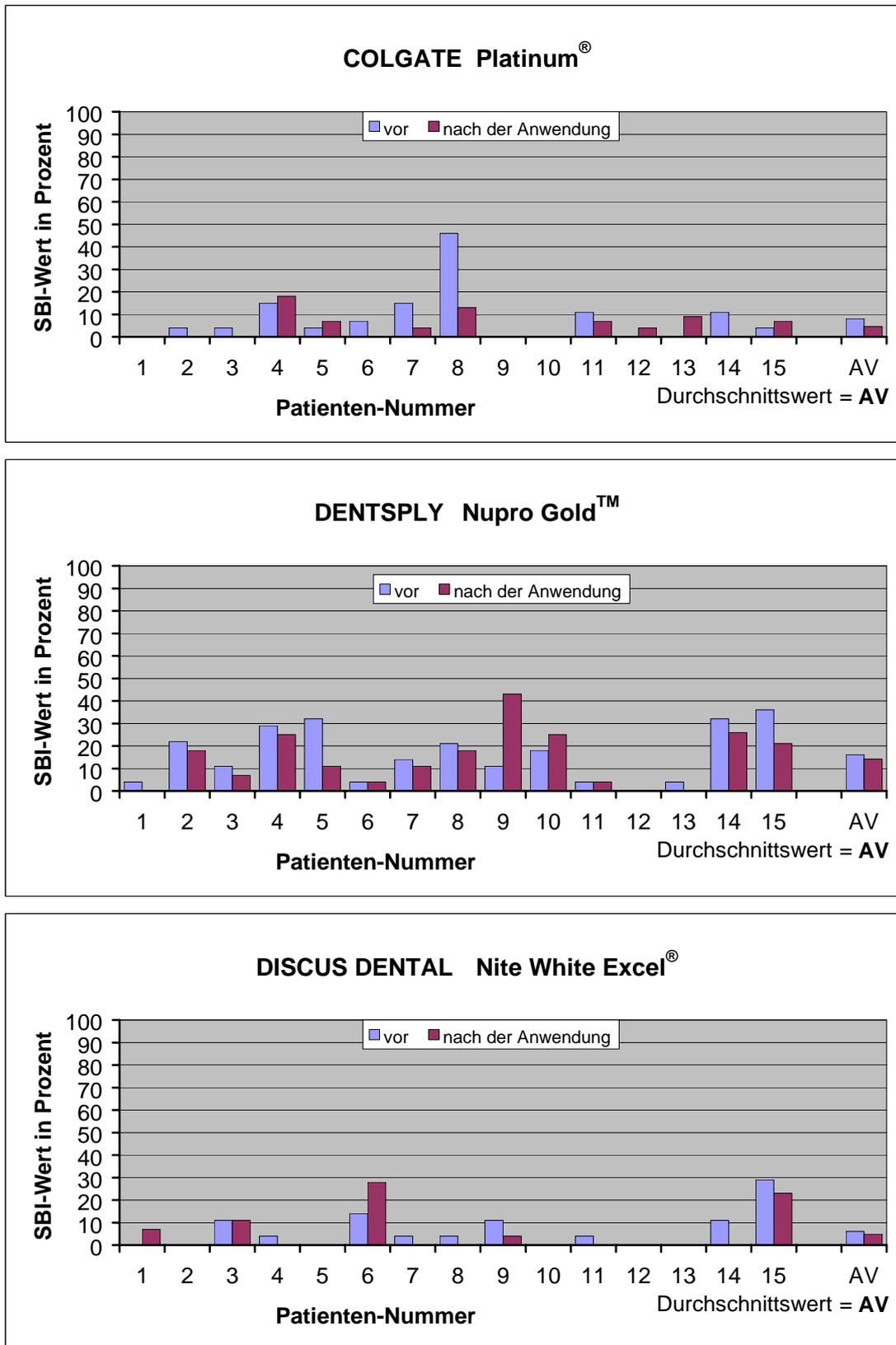


Abb. 29: Vergleich SBI-Messwerte vor und direkt nach der Behandlung.

Ein weiterer Faktor zur Bestimmung der oralen Gesundheit ist die Menge und Konsistenz des Speichels. Es kam (erwartungsgemäß) bei allen Probanden zu einer gesteigerten Speichelsekretion während der Anwendung, da die Bleichschiene im Mund einen Fremdkörper darstellt und der pH-Wert der Bleichmedien nicht mit dem des Speichels übereinstimmt. Die Speichelkonsistenz war bei allen Probanden eindeutig als dünnflüssig zu konstatieren.

Die Speichelsekretionsrate normalisierte sich bei allen Probanden binnen weniger Stunden nach Herausnehmen der Schienen.

3.2.2 Hypersensibilität und Schmerz

Eine der häufigsten Nebenwirkungen von Homebleaching-Produkten ist nach wie vor die Entwicklung von Hypersensibilitäten während der Anwendung [41],[47],[62],[68], die auch über den Zeitraum der Anwendung hinaus anhalten kann. Im Rahmen dieser Studie wurden diese Erfahrungswerte überprüft. Zu Beginn der Studie waren bei keinem Probanden Hypersensibilitäten feststellbar. Wie in Abb. 30 (nächste Seite) zu erkennen ist, bemerkten 65 Prozent der Probanden eine Hypersensibilität während der Anwendung. 80 Prozent waren es bei Platinum[®], 47 Prozent bei NuproGoldTM und 67 Prozent bei Nite White[®]. Das Produkt von Colgate, das die stärkste Aufhellungskraft zeigt (vgl. 3.1), führt auch zu den meisten Überempfindlichkeiten.

Auffällig ist, dass besonders jüngere Probanden eine Ausprägung von Hypersensibilitäten zeigten: 70 Prozent der unter 40-Jährigen bzw. 37,5 Prozent der über 40-Jährigen waren betroffen.

Eine Überprüfung direkt nach Abschluss (etwa 24 Stunden) der Bleichbehandlung („ein Tag danach“) zeigte, dass die Befunde im Durchschnitt um etwa 45 Prozent zurückgegangen waren (Abb. 30).

16 Probanden (8 Colgate, 4 Dentsply, 4 Discus Dental) gaben an, dass die Hypersensibilitäten erst etwa vier Wochen nach Beendigung der Bleichtherapie vollständig verschwunden waren.

Bei Kontrolluntersuchungen, drei Monate nach der Anwendung (nicht dargestellt), waren sämtliche Hypersensibilitäten verschwunden. Auch in den Folgeuntersuchungen,

neun, zwölf und 24 Monate nach der Anwendung, waren keine weiteren Hypersensibilitäten feststellbar.

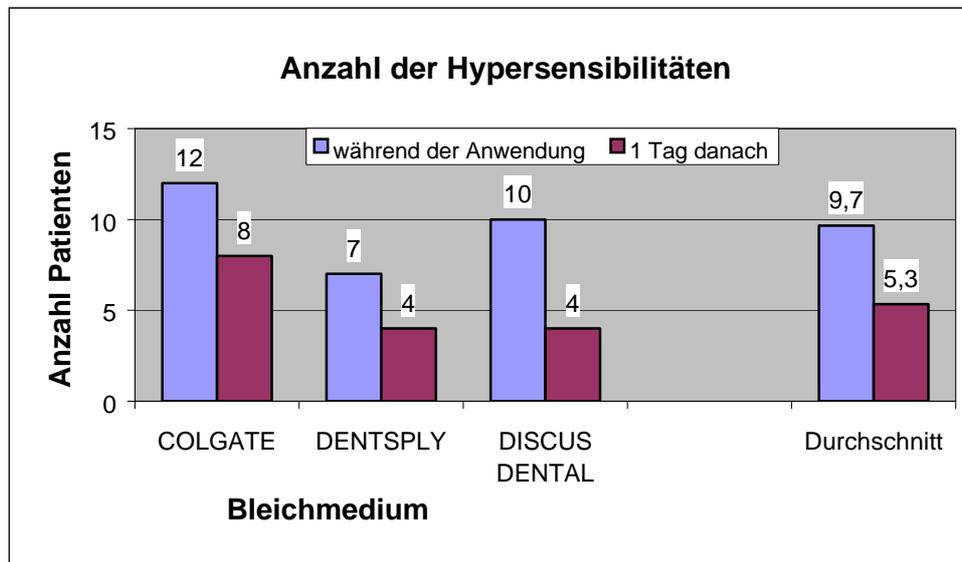


Abb. 30: Produktabhängige Ausprägung von Hypersensibilitäten während und ein Tag nach dem Bleichen

Bei einigen Patienten kam es während der Anwendung zu Schmerzempfindungen an den Zähnen, die zu einer vorübergehenden Unterbrechung der Behandlung führten. Diese Schmerzen waren nur von sehr kurzer Dauer (wenige Sekunden) und klangen sofort wieder ab. Sie traten ausschließlich an ungefüllten, kariesfreien Zähnen der Probandengruppe unter 30 Jahren auf. Die Größe des Pulpenkavums und die damit verbundene Nähe zur Oberfläche könnte eine Erklärung für diesen Befund sein.

Auch in diesem Fall zeigt Platinum[®] von Colgate die stärkste Ausprägung von Nebenwirkungen, gefolgt von Discus Dental und Dentsply (Abb. 31, nächste Seite).

Nach Abschluss der Behandlung traten bei vier Probanden (3 bei Colgate[®] und 1 bei Discus Dental) für etwa zwei Wochen noch spontan Schmerzempfindungen auf, die durch verschiedene thermische oder osmotische Reize zu provozieren waren.

Drei Monate nach der Anwendung traten keine Schmerzempfindungen mehr auf. Eine Devitalisierung von Zähnen war auch zu Abschluss der Untersuchungen, 24 Monate nach der Anwendung, bei keinem Probanden festzustellen.

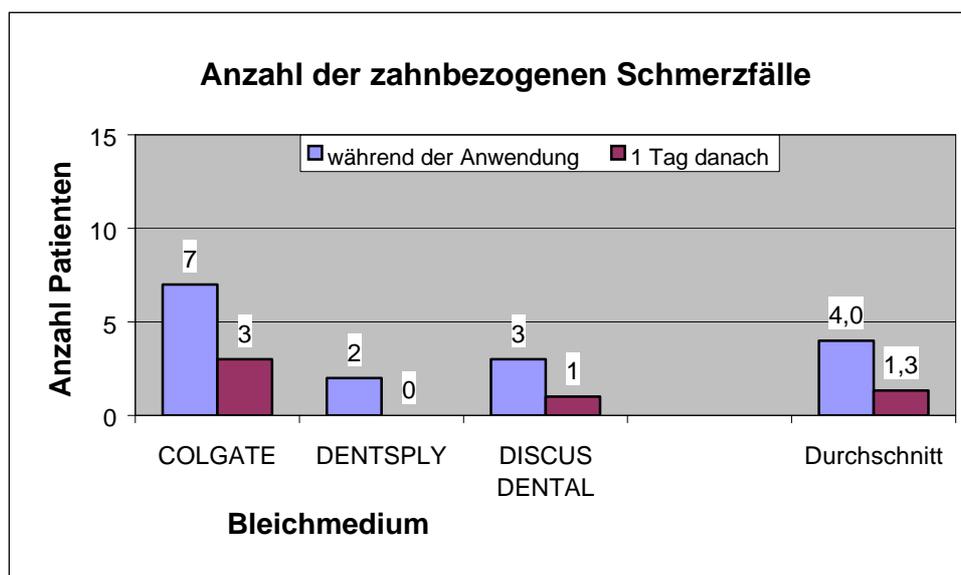


Abb. 31: Produktabhängige Ausprägung von zahnbezogenen Schmerz-Sensationen während und ein Tag nach dem Bleichen.

Wie in der Literatur beschrieben [94], werden Schmelzsprünge mit verantwortlich gemacht für die Ausbildung stärkerer Hypersensibilitäten und Schmerzsymptome. In dieser Studie konnte jedoch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von Schmelzsprüngen und einer Überempfindlichkeit bzw. Schmerzsymptomatik festgestellt werden. Auffällig war jedoch, dass größere Schmelzsprünge direkt nach dem Bleichen stärker hervortraten, als vor der Anwendung (Abb. 32-(2), nachfolgende Seite).

Entsprechend der Erkenntnis, dass durch den Bleichvorgang dem Zahn Wasser entzogen wird [27],[104] ändern sich die Lichtbrechungsverhältnisse an den Grenzstrukturen. Der durch das Bleichen nicht mehr mit Wasser gefüllte Zwischenraum eines Schmelzsprunges erscheint weiß und damit auffälliger.

Die Auffälligkeiten bildeten sich ca. 4 – 6 Wochen nach der Bleichanwendung vollständig zurück (Abb. 32-(3), nachfolgende Seite).

Bezüglich ihrer Wirkung auf vorhandene Schmelzsprünge konnte zwischen den einzelnen Bleichmedien kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Eine Neubildung von Schmelzsprüngen durch die Bleichanwendung konnte nicht beobachtet werden.

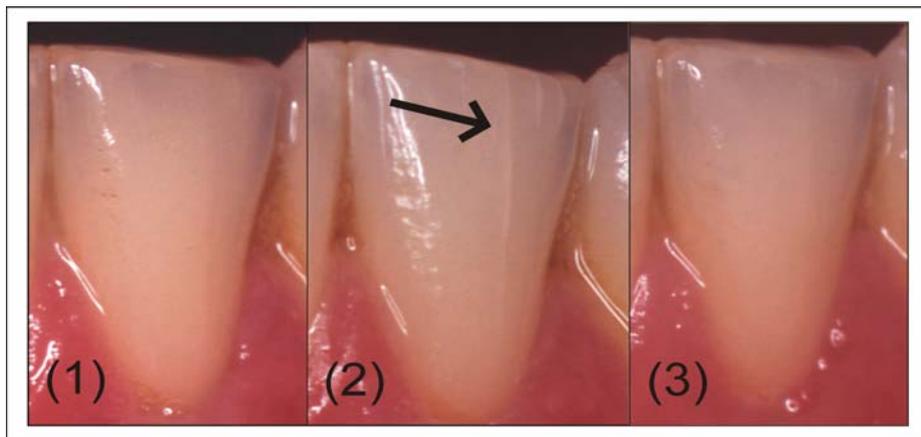


Abb. 32: Schmelzrisse an Zahn 32 bei einem 26-jährigen Patienten
(Colgate Platinum®).

(1) vor,
(2) direkt nach und
(3) 3 Monate nach Bleaching

3.2.3 Irritationen Gingiva, Geschmack

Auch das Weichgewebe wird durch die Bleichmedien beeinflusst, da eine absolute Dichtigkeit der Schiene nicht zu erreichen ist. Ebenso kommen die Überschüsse während des Einbringens, sowie die Reste beim Entfernen der Schiene mit der Schleimhaut in Kontakt. Nebenwirkungen äußerten sich in Form von Brennen oder Elektrisieren der Schleimhaut wie sie auch in der Literatur beschrieben werden [47].

60 Prozent der Anwender von Colgate Platinum® hatten Gingiva-Irritationen während der Anwendung. Bei Dentsply waren es 46,7 Prozent, bei Discus Dental 26,7 Prozent der Probanden, die eine Reizung angaben. Auch in diesem Fall ist ein höhere Aggressivität von Platinum® auffällig.

Zu einer besonders starken Form der Gingiva-Reizung kam es bei einer 25-jährigen Probandin (Colgate). Nach kurzer Anwendungsdauer (ca. 30 Minuten) stellte sich eine schmerzhaftige Gingiva-Hyperplasie (Abb. 33, nächste Seite) ein, die zum vorübergehenden Abbruch der Anwendung veranlasste. Die Beschwerden wurden mit jeder Anwendung schwächer. Nach Abschluss der Behandlung waren keine Reizungen oder gar Alterationen der marginalen Gingiva dieser Patientin festzustellen. Dass die Gingiva-Irritationen nach der Bleichbehandlung vollständig abklingen, zeigen auch andere Studienergebnisse [47],[62],[68].



Abb. 33: Gingiva-Hyperplasie nach 30-minütiger Anwendung.

Bei allen Patienten waren sämtliche Beschwerden an der Gingiva nach Beendigung der Bleichanwendung verschwunden. Auf den Photographien konnten keine bleibenden Veränderungen der Gingiva nachgewiesen werden. Eine dauerhafte Schädigung der Gingiva gilt damit als sehr unwahrscheinlich.

Als Nebenfund zeigten sich bei genauer Untersuchung der Gingiva bei einigen Patienten horizontale Zahnfleischverletzungen, die sich in Größe und Art jeweils sehr ähnlich waren. Die Befunde zeigen das typische Bild einer Zahnbürstverletzung (Abb. 34 und 3.1.5, Abb. 25).

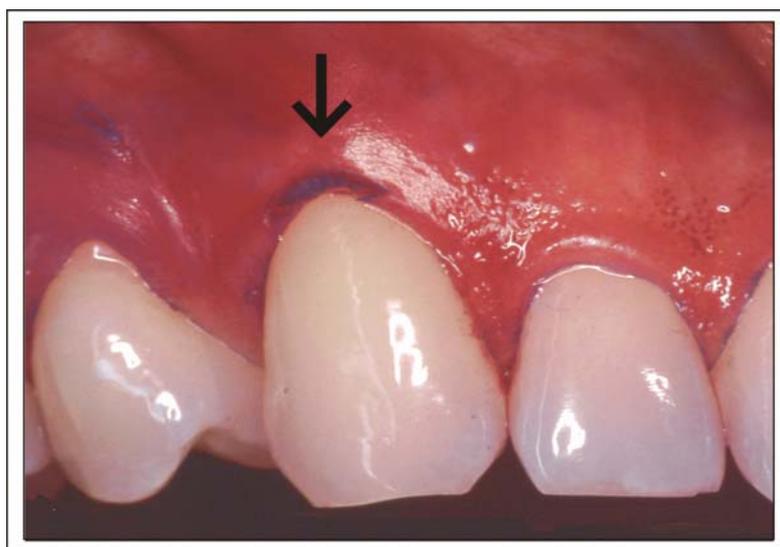


Abb. 34: Typische Verletzung durch Zahnbürste (Pfeil).

Neben Irritationen der Gingiva kam es in insgesamt acht Fällen zu Reizungen der Zungenschleimhaut mit leichter Alteration des Geschmackssinns. Diese Art der Nebenwirkung trat ausschließlich bei den Produkten von Dentsply (drei Fälle) und Discus Dental (fünf Fälle) auf, sie hielt maximal zwei Stunden an. Lediglich bei einer Probandin (Discus Dental) persistierte die Geschmacksirritation nach dem Bleichen noch zwei Tage.

3.2.4 Systemische und sonstige Nebenwirkungen

Im Rahmen der Nachuntersuchungen wurden auch die auffälligsten systemischen und sonstige Nebenwirkungen erfasst.

Insgesamt vier Probanden (1 Colgate, 2 Dentsply und 1 Discus Dental) beklagten leichte Magenbeschwerden, die ausschließlich während der Bleichbehandlung auftraten. Die Symptome klangen jeweils 30 bis 60 Minuten nach der Anwendung ab.

Von keinem der 45 Probanden wurde eine Refluxsymptomatik im Zusammenhang mit der Anwendung des Bleichmediums angegeben.

Kein Proband bemerkte Herz-Kreislaufprobleme während oder nach der Bleichbehandlung.

Allergische Reaktionen auf Bleichmedien werden in der Literatur allenfalls als mögliche Komplikation erwähnt, jedoch selten festgestellt [21]. Entsprechend verhält es sich in dieser Untersuchung; lediglich ein Patient zeigte Effloreszenzen in der linken Gesichtshälfte. Diese traten nach seinen Angaben zum ersten Male und ausschließlich in Verbindung mit der Anwendung des Bleichmittels (NuproGoldTM, Dentsply) auf. Da die Symptome nach der ersten Anwendung wieder verschwanden und nicht erneut in Erscheinung traten, wurde die Bleichbehandlung zu Ende geführt.

Weitere Nebenwirkungen konnten nicht festgestellt werden.

Insgesamt gesehen sind die festgestellten Nebenwirkungen als nur sehr gering gesundheitsschädlich einzustufen und falls nötig durch ein Absetzen der Therapie sofort rückbildend. Über weitergehende Nebenwirkungen wie Schäden an Zahnschmelz oder Pul-

pa sowie kanzerogenen Eigenschaften des Bleichmediums etc. kann aus der Veranlassung dieser Studie keine Beurteilung abgeleitet werden.

3.3 Ergebnisse zur Anwendung

3.3.1 Ergebnisse zur Handhabung der Schienen

Passgenauigkeit, Verletzung

Voraussetzung für eine gingivaschonende Bleichtherapie ist eine optimale Passgenauigkeit der Schienen. Alle 45 Patienten gaben an, keine Verletzungen der Gingiva durch die Schienen erlitten zu haben. Diese Angaben bestätigten sich bei Kontrollen während der Bleichanwendung bzw. bei Nachuntersuchungen direkt nach dem Bleichen. Die Anfärbung der Gingiva mit Mira-2-ton zeigte typische Zahnbürstverletzungen (3.1.5, Abb. 25 und 3.2.3, Abb. 34), ansonsten jedoch keine weiteren Verletzungen oder Quetschungen der marginalen Gingiva. Auch die Interdentalpapillen zeigten keinerlei pathologische Veränderungen.

Zu Verletzungen kam es jedoch durch die Anwender selbst. Insgesamt wurden vier Fälle leichter Zahnfleischverletzung gezählt, die jeweils während der Entnahme der Schienen durch Fingernageleinschnitte entstanden.

Anwendung, Reichweite

Die Durchführung der Homebleaching-Therapie wurde generell als unkompliziert bewertet. Keinen Einfluss auf die Handhabung hatte nach Patientenmeinung die Art der Darreichungsform. Während Colgate das Bleichmedium in undurchsichtigen Tuben anbietet, liegt das Bleichgel der Firmen Dentsply und Discus Dental in durchsichtigen Spritzen mit aufsteckbarer Füllspitze vor. Mit beiden Systemen war das Befüllen der Schienen vergleichbar unkompliziert durchzuführen.

Pro Bleichanwendung wurden für einen Kiefer etwa 0,8 ml (entspricht etwa 800 mg) Bleichmittel benötigt. Daraus ergibt sich rein rechnerisch folgende Anzahl an Bleichanwendungen für das jeweilige Produkt:

- Colgate (14 Tuben à 5 ml): etwa 40 Anwendungen; 2,48 EUR pro Anwendung
- Dentsply (Nachfüllpackung mit zwei Spritzen zu je 3 ml): etwa 3 Anwendungen; 7,67 EUR pro Anwendung
- Discus Dental (sechs Spritzen à 3 ml): etwa zehn Anwendungen; 10,90 EUR pro Anwendung.

3.3.2 Beurteilung der Bleichmedien durch die Probanden

In der Beurteilung der Farbe der Bleichmedien ergaben sich keine Differenzen zwischen den einzelnen Produkten. Die weiße Farbe des Colgate Platinum[®] gefiel den Probanden ebenso gut wie die beiden transparenten Produkte von Dentsply und Discus Dental.

Ingesamt wurde die Farbgebung aller Produkte als sehr angenehm bewertet. Positiv bewertet wurde die weiße Farbe von Colgate Platinum[®], da dadurch eine leichtere Überprüfung des Füllungsstatus der Reservoirs der Bleichschienen während der Anwendung möglich war. Entsprechend schwieriger war diese Überprüfung bei den durchsichtigen Bleichgelen von Dentsply und Discus Dental. Dies wurde von den Probanden als Nachteil gewertet.

Die Beurteilung des Geschmacks zeigte hingegen ein differenziertes Bild. Als geschmacklich relativ angenehm wurde Colgate Platinum[®] aufgrund seiner Frische gewertet. Auch das geschmacklich neutrale NuproGold[™] von Dentsply wurde von den Patienten nur geringfügig schlechter bewertet.

Nite White Excel von Discus Dental besticht in seiner Aufmachung durch den besonderen Hinweis auf das Wildkirscharoma. Von den Probanden wurde die Aromatisierung generell abgelehnt und als unangenehm empfunden.

Konsistenz

Das Produkt von Colgate wurde von den Probanden als leicht zu flüssig eingestuft. NuproGold™ und Nite White Excel® dagegen erschienen den meisten Probanden etwas zu zäh.

Beurteilung der Bleichwirkung durch die Probanden, Vergleich mit Farbmesswerten

71 Prozent aller Probanden waren mit dem Bleaching-Ergebnis zufrieden. Sehr große Zufriedenheit (8,5 Punkte von 10 möglichen) bezüglich des Endergebnisses konnte bei fast allen (14/15) Anwendern von Platinum® verzeichnet werden. Lediglich ein Proband war mit dem Ergebnis nicht zufrieden. Die Auswertung der Farbmessreihen zeigt in diesem Fall eine unzureichende Bleichwirkung. Alle 15 Probanden der Testgruppe würden das Bleichmittel bzw. die Behandlung weiterempfehlen.

Deutlich hinter Platinum® rangieren die beiden Konkurrenzprodukte von Dentsply und Discus Dental, die jeweils mit 5,9 Punkten bewertet wurden. Ein Vergleich mit den Farbmessreihen liefert die Begründung für diese Bewertungen: das Produkt von Colgate führte insgesamt zu einer signifikant besseren Aufhellung, als die Konkurrenzprodukte (3.1.1, Abb. 18 und 19).

Mit der Wirkung von NuproGold™ waren neun von 15 Probanden zufrieden. Sechs Probanden waren unzufrieden (fünf davon sind durch die Farbmessungen erklärbar). Lediglich sieben von 15 Probanden würden das Bleichmedium weiterempfehlen.

Bei Nite White® Excel waren neun Probanden zufrieden mit dem Endergebnis. Sechs Patienten waren von der Anwendung enttäuscht, was sich auch aus den Farbmesswerten erklären lässt. Zwölf von 15 Probanden würden das Bleichmittel weiterempfehlen.

3.3.3 Sonstige Erhebungen

Bezüglich der Akzeptanz dieser Behandlungsmethode erschien es wichtig, die Behandlungsdauer sowohl pro Anwendung als auch insgesamt durch die Probanden bewerten zu lassen.

Zwei Drittel der Anwender (30 von 45) waren mit der Dauer einer Einzelanwendung (120 Minuten) zufrieden. Elf von 45 Probanden (24,4 Prozent) wünschten sich eine

kürzere Behandlungsdauer von etwa einer Stunde. Vier Probanden würden eine möglichst kurze Behandlung von 30 Minuten wählen.

Mit der Gesamtbehandlungsdauer von zehn Tagen hatten 95,6 Prozent (43 von 45) der Probanden keine Probleme. Lediglich zwei Patienten wünschten sich eine kürzere Anwendung von etwa sieben Tagen.

Einige Probanden standen der Bleichbehandlung bezüglich Nebenwirkungen etwas skeptisch gegenüber und erhofften sich, Informationen zum Produkt nicht nur vom Behandler, sondern auch aus der Packungsbeilage zu bekommen.

Auf einer Bewertungsskala von 0 (= nicht informativ) bis 10 (= sehr informativ) konnten die Patienten ihre Bewertung der Packungsbeilagen vornehmen. Bei keinem der Produkte wurde der Beipackzettel als ausreichend informativ gewertet. Im einzelnen erhielten Colgate 5,0 Punkte, Dentsply 6,7 und Discus Dental 5,5 Punkte. Den Probanden zufolge fehlte besonders eine detaillierte Angabe der Inhaltsstoffe.

Da Homebleaching als kosmetische Leistung von keiner Krankenkasse übernommen wird, wurde abschließend die Wertschätzung dieser Behandlungsmethode erfasst. Dazu zählten Beratung und Behandlung durch den Zahnarzt (Honorar), Bleichmedium, Herstellung der Schienen.

Durchschnittlich 200 Euro würden die Probanden aus der Gruppe Colgate insgesamt für die Bleichbehandlung aufwenden. Weniger als 100 Euro würden die Patienten der Gruppe Dentsply für diese Behandlung ausgeben. Die Probanden der Gruppe Discus Dental würden etwa 210 Euro als angemessen empfinden.

Zum Zeitpunkt der Datenerhebung (2001) waren in einer zahnärztlichen Praxis vergleichbare Homebleaching-Behandlungen für umgerechnet 250 bis 500 Euro zu bekommen.

4 Diskussion

Wie von den Ergebnissen bisheriger Studien erwartet, führten alle drei Produkte zu einer messbaren Aufhellung der Zähne.

Auffällig ist die signifikant bessere Bleichwirkung durch COLGATE Platinum[®]. Als einziges Produkt in dieser Studie wird bei Platinum[®] auf den Zusatz von Carbopol verzichtet, eine größere Freisetzung von Wasserstoffperoxid pro Zeiteinheit (im Vergleich zu Nite White[®] und NuproGold[™]) und damit schnellere Wirksamkeit ist nachgewiesen [88]. Die stärkere Ausprägung von Hypersensibilitäten und Gingiva-Reizungen lassen sich durch diese Tatsache schlüssig erklären. Die schnellere Wirksamkeit von Platinum[®] gegenüber Nite White[®] wurde bereits von ROBINSON [88] gezeigt.

Jedoch könnte die Veranlagung dieser Studie mit einer Anwendung von 14 mal zwei Stunden mit zum schlechteren Bleichergebnis bei Nite White[®] und Nupro-Gold[™] beigetragen haben. Das Potenzial der carbopol-haltigen Bleichmedien konnte dabei nicht vollständig ausgeschöpft werden.

Man hat herausgefunden, dass nach zwei Stunden knapp die Hälfte des Potenzials carbopol-haltiger Bleichmittel verbraucht ist [72],[73], nach vier Stunden 65 Prozent [72]. Eine andere Studie belegt, dass nach einer Stunde noch etwa 60 Prozent der Wirkung carbopol-haltiger Bleichmedien zur Verfügung steht [50]. In der Literatur wird zudem darauf hingewiesen, dass sich der gewünschte Erfolg zum Teil erst nach zwei bis sechs Wochen einstellen kann [5].

Die wenig überzeugende Wirkung von NuproGold[™] (Dentsply) überrascht jedoch, da dessen Wirkung nachgewiesen ist [8]. Ein Lagerungsfehler bis zur Auslieferung wird diskutiert. In der Literatur wird ebenso eine Inaktivierung von Wasserstoffperoxid durch den Speichel erwähnt [89]; dies erscheint jedoch unwahrscheinlich, da sämtliche Bleichschienen vom Autor selbst angefertigt und auf Dichtigkeit überprüft wurden. Um ein Auspressen von Bleichgel aus der Schiene während der Anwendung durch Aufbeißen zu verhindern, wurden alle Trays mit inzisalen Stopps (2.2.2, Abb. 11) versehen.

In Bezug auf die Abnahme der Carbamidperoxid-Konzentration spielt weniger das Vorhandensein des Pellicles [73],[103], als vielmehr die Verwendung von Reservoirs eine

Rolle [75]. Bei Schienen mit Reservoir war nach zwei Stunden eine etwa doppelt so hohe Konzentration (47 bis 54 Prozent) an Carbamidperoxid messbar als bei Systemen ohne Reservoir (22 bis 25 Prozent) [75]. Trotzdem wurde bereits gezeigt, dass die Gestaltung eines Reservoirs nicht unbedingt zu einem besseren Bleichergebnis führen muss [34],[52],[76]. Weitere Studien zu diesem Thema müssen abgewartet werden.

In der Literatur findet man erhöhte Nebenwirkungsraten bei carbopol-haltigen Bleichmedien gegenüber carbopol-freien Gelen [61]. Dort wurden jedoch Anwendungszeiträume von mehr als zwei Stunden gewählt. Dieses Ergebnis steht im Kontrast zu den Erfahrungen aus der vorliegenden Untersuchung, in der die größte Zahl der Nebenwirkungen bei dem carbopol-freien Bleichmittel Platinum[®] festgestellt wurden.

Bezüglich der Farbbestimmung sind einige kritische Faktoren zu berücksichtigen. Gemäß eines jüngst erschienen Artikels steckt die elektronische Bestimmung der Zahnfarbe bis heute in den Kinderschuhen [17]. Ein entscheidendes Problem stellt der Messbereich des verwendeten Farbmessgeräts ShadeEye Ex[®] dar. Dunkle Farben wurden ausreichend erfasst, hellere Farben, jenseits einer VITA „A 1“ bzw. „B 1“ konnten durch das Gerät jedoch nicht registriert werden. Einige Patienten erfuhren deutliche Aufhellungen über diese Werte hinaus, was durch visuelle Kontrolle durch den Behandler nachwiesen werden konnte. Somit wurden diese Erfolge von dem unvollständigen Farbspektrum kaschiert und tauchen als solche nicht in der Statistik auf. Eine Verbesserung wird durch das neuere Gerät „Shade Eye NCC“ der Fa. Shofu erreicht. Auch der neueste Farbring „VITA 3-D Master“ enthält die helleren „Bleaching-Farben“ (1.2.2, Abb. 2). Um eine Zahnfarbe physikalisch eindeutig umschreiben zu können, sollten Farbmessgeräte zukünftig mit den RGB-Farben aus der digitalen Bildverarbeitung und den entsprechenden Eigenschaften wie Sättigung und Helligkeit arbeiten [60].

Grund zur Diskussion bieten auch einzelne Messergebnisse, die eine weitere Aufhellung der Zähne drei bzw. neun Monate nach der Anwendung zeigten, was primär nicht logisch erscheint. Dieser Befund kann darauf zurückgeführt werden, dass nicht immer die exakt gleiche Stelle am Zahn abgemustert wurde. Aufgrund des Aufbaus eines Zahnes sollten wenigstens drei Messpunkte für die Farbmessung ausgewählt werden. Es ist bekannt, dass sich der zervikale Bereich eines Zahnes beim Bleichen anders verhält, als der mittlere oder inzisale Bereich [60]. Eine andere Erklärung für hellere Werte mehrere

Wochen nach Bleichen gibt eine Studie, in der nachgewiesen wurde, dass eingelagerter Sauerstoff noch für mehrere Wochen aktiv sein kann [89]. Jedoch muss auch beachtet werden, dass es durch Rehydrierung des Zahnes nach dem Bleichen zu einer Nachdunkelung kommen kann [104]. Unabhängig davon, welcher Effekt sich mehr durchsetzt, sollte mit der Farbbestimmung für eine endgültige Restauration wenigstens zwei Wochen gewartet werden. Dieser Wartezeitraum ist auch für Adhäsiv-Versorgungen nach Bleaching einzuhalten, um eventuell reduzierte Haftwerte nach dem Bleichen sicher ausschließen zu können [43],[89],[100]. In der Literatur wird zurückbleibender Sauerstoff als Polymerisationsinhibitor sowie Veränderungen der Abläufe beim Ätzen und Bonden unmittelbar nach dem Bleichen vermutet [33],[100].

Um alle Veränderungen an den Zähnen durch das Bleichen auch im Nachhinein noch beurteilen zu können, wurden, wie unter Kapitel 2.5.4 beschrieben, Fotos von den Zähnen angefertigt. Da keine standardisierten Umgebungsbedingungen für die Fotografie geschaffen werden konnten, ist es nicht möglich, anhand dieser Fotos Aussagen über die Bleichwirkungen zu treffen. Es ist jedoch unbedingt ratsam, diese Aufnahmen anzufertigen. Veränderungen an Gingiva, Zahnschmelze und Restaurationen lassen sich auf diese Weise besonders einfach kontrollieren, vergleichen und nachweisen. Bei standardisierten Lichtverhältnissen wäre es zudem möglich, durch Digitalisierung der Aufnahmen die Effizienz der Bleichwirkung mithilfe eines Computers nachzuweisen [11].

Auswirkungen auf Restaurationen wurden im Rahmen dieser Studie nur am Rande untersucht. Es wurde jedoch festgestellt, dass es bei keinem Probanden zu einer nennenswerten Aufhellung von Kompositrestaurationen oder keramischen Verblendkronen gekommen ist. In der Literatur wird kontrovers über die Aufhellbarkeit von Füllungs-Kompositen berichtet [89],[100]. Meist sind derartige Restaurationen jedoch nach dem Bleichen der Zähne zu dunkel und müssen ausgetauscht werden [100]. Neben einer kaum wahrnehmbaren Aufhellung kommt es bei Kompositen jedoch häufig zu Struktur- und Gefügeveränderungen mit entsprechender Qualitätseinbuße [89],[100]. Einige Autoren vermuten auch eine nachträgliche Verminderung des adhäsiven Verbundes zum Zahn [89]. Inwieweit vor dem Bleichen gelegte Kompositfüllungen noch beeinflusst werden, lässt sich aufgrund der Vielzahl an Adhäsivsystemen sowie möglichen Anwendungsfehlern sehr schwer nachvollziehen. Um dieser Unsicherheit zu begegnen,

sollten Kompositrestaurationen nach dem Bleichen ausgetauscht werden [89]. Eine vorherige Aufklärung des Patienten über diese Zusammenhänge sollte nicht versäumt werden.

Im Gegensatz dazu werden keramische Materialien in keiner Weise durch Bleichmittel verändert [43],[100]. Dies sollte unbedingt beachtet werden, da erheblicher Aufwand nötig ist, um keramische Restaurationen auszutauschen, wenn diese nach der Behandlung farblich nicht mehr harmonieren [23].

Einheitlich sind die Ergebnisse von Untersuchungen an Provisoriumsmaterialien, die zum Teil erhebliche Gefügeveränderungen erfahren oder extreme Farbveränderungen aufweisen können (z.B. IRM[®]-Zement, Methacrylate) [23],[88],[89],[100]. Daher gilt ein besonderes Augenmerk der Auswahl eines geeigneten Provisoriumsmaterials.

Besonders zu beachten sind Erfahrungen zu Interaktionen von Bleichgel mit Amalgamfüllungen. Die in Studien festgestellten erhöhten Quecksilber-Freisetzungsraten nach Bleaching entstanden bei deutlicher Überdosierung und erreichten keine gesundheitlich bedenklichen Grenzen [23]. Nach Kontakt mit Bleichgel kann es durch das Amalgam schwarze Ablagerungen in der Schiene geben [96]. Um eine erhöhte Quecksilberfreisetzung während des Bleichens sicher ausschließen zu können, ist ein länger andauernder Kontakt mit dem Bleichgel zu vermeiden. Ohnehin können Zahnverfärbungen durch Amalgam mittels Bleaching nur ungenügend oder gar nicht beseitigt werden [39]. Ebenso verhält es sich mit Verfärbungen durch Schwermetalle [7].

In Fällen zu starker Verfärbungen oder bei Substanzdefekten werden heute zunehmend Veneerversorgungen eingesetzt. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu wissen, dass ein nachträgliches Bleichen von palatinal wirksam sein kann [48]. Die Farbe der Veneers selbst kann nicht beeinflusst werden [43],[45].

Während einige Verfärbungen durch Zahnreinigung noch vollständig entfernbar sind, können viele Auf- bzw. Einlagerungen nach einiger Zeit auch durch professionelle Zahnreinigung in der Praxis nicht mehr beseitigt werden [54]. Dies ist die klassische Indikation für Vital-Bleaching.

Wenn die Verfärbungen auch durch Bleaching nicht vollständig entfernt werden können, ist es möglich, diese Diskolorationen durch gezielte Abrasion zu entfernen [7],

[10]. Aufgrund des irreversiblen Hartschmelzverlustes muss die Indikation für diese Behandlung jedoch sehr eng gestellt werden.

Die in Homebleaching-Gelen verwendeten Peroxide haben per se keinen Einfluss auf die mineralischen Strukturen des Zahnes, trotzdem konnten kleinere Strukturinhomogenitäten nach Anwendung von Bleichmitteln am Schmelz festgestellt werden [15],[50]. Diese sind mutmaßlich auf die weiteren Bestandteile der Bleichmedien zurückzuführen, v.a. in Hinblick auf den pH-Wert der Bleichmedien. Dabei wurde in einer Studie beobachtet, dass das Lösungsmittel Glycerin in Verbindung mit Carbopol eine säureartige Wirkung haben kann, auch diesem Effekt wird die Ausprägung von Hypersensibilitäten zugeschrieben [83]. Die durch Bleichen möglichen Demineralisationen sind jedoch nicht gravierender, als Demineralisationen nach dem Genuss von säurehaltigen Nahrungsmitteln [77]. Die widersprüchlichen Daten zu Veränderungen der Mikrohärtigkeit des Schmelzes sind äußerst kritisch zu bewerten, denn der remineralisierende Einfluss des Speichels wurde in diesen in-vitro-Studien nicht oder nur unzureichend berücksichtigt [45]. Auch HAYWOOD konnte in seinen Studien [43],[45] keine signifikanten Veränderungen nachweisen. Eine weitere Studie belegt, dass eventuelle Demineralisierungen durch den Speichel bzw. durch Prophylaxe-Maßnahmen ausgeglichen werden können [23]. Aus der Literatur können auch keine Beweise für eine erhöhte Kariesanfälligkeit nach Bleaching abgeleitet werden [32]. Zudem belegt eine in vitro Studie, dass es zu keiner Zunahme der Sprödigkeit, zumindest im Dentin kommt [36]. Dieser Umstand wird in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht untersucht.

Besonders auffällig ist die verbesserte orale Hygienesituation der Probanden im Rahmen der Bleichanwendung, wie sie auch bereits in anderen Untersuchungen festgestellt wurden [52],[71],[85]. Die desinfizierende Wirkung des Carbamidperoxids in den heute verwendeten Bleichmedien wurde seit 1960 bereits durch mehrere Autoren beschrieben und bis heute als wirksam deklariert [5],[19],[55],[71]. Die gemessene Verbesserung der API-Werte geht jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit nicht ausschließlich auf die Anwendung des Bleichmittels zurück. Es kann davon ausgegangen werden, dass sowohl ein gesteigertes Bewusstsein für die Mundhygiene als auch deren gewissenhaftere Ausführung während der Bleichanwendung vorlagen.

Dass es bei Rauchern zu einer deutlicheren Verbesserung der marginalen Verhältnisse gekommen ist, kann an der positiven Entwicklung der API-Werte nach dem Bleichen nachvollzogen werden. Durch die professionelle Zahnreinigung vor der Bleichbehandlung wurden die hartnäckigen Auflagerungen, die die Anhaftung der Plaque besonders begünstigen, entfernt. Durch den kurzen und einmaligen Anwendungszeitraum sowie dem Weiterführen der Rauchgewohnheiten, konnte es jedoch zu keiner dauerhaften und stabilen Verbesserung der parodontalen Verhältnisse kommen. Dies zeigt sich in den SBI-Messwerten, die sich bei den Rauchern nicht besser entwickelten als bei den Nichtrauchern. Diese Ergebnisse werden in der Literatur bestätigt [96].

Die hauptsächlichen Nebenwirkungen der Behandlung waren bei allen Produkten die Ausprägung von Hypersensibilitäten und Gingivairritationen [52]. 65 Prozent der Probanden zeigten eine Hypersensibilität der behandelten Zähne. 44 Prozent hatten Gingiva-Beschwerden. In der Literatur wird die Nebenwirkungsrate meist etwas niedriger angegeben [47],[61].

Als Hauptursache für die Entwicklung von Hypersensibilitäten wird das Eindringen von Wasserstoffperoxid in das Pulpenkavum während des Bleichvorganges diskutiert [16], [45]. Dieser kann zu Veränderungen der Enzyme im Pulpengewebe führen, wodurch es zu einer milden reversiblen Pulpitis kommen kann [45],[83],[94]. Auch Dehydrierungseffekte durch das Bleaching werden für die Ausprägung von Hypersensibilitäten verantwortlich gemacht [27]. Eine Pulpanekrose durch Anwendung von 10-prozentigem Carbamidperoxid gilt als ausgeschlossen, außer bei extremer Überwärmung oder im Falle eines Traumas während des Bleichens [38],[94].

Die Entwicklung von Hypersensibilitäten war bei Colgate am auffälligsten. Neben dem Fehlen von Carbopol könnte auch der niedrigere pH-Wert für die vermehrten Hypersensibilitäten verantwortlich sein [61]. Zu beachten ist die Erkenntnis, dass höhere Konzentrationen an Carbamidperoxid, wie in dieser Studie bei Nite White[®] Excel, nicht unbedingt zu stärkeren Nebenwirkungen führen müssen. Dies belegen auch einige Untersuchungen [55],[74]. In der Literatur finden sich jedoch auch zahlreiche Beispiele, die zeigen, dass auch mit niedrig dosierten Bleichmedien dieselbe Aufhellung erreicht werden kann wie bei hochdosierten (mehr als zehn Prozent Carbamidperoxid). Dies bei deutlich reduzierter Nebenwirkungsrate [34],[82],[83],[89].

Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass bestimmte Zahncharakteristika keinen Einfluss auf die Ausprägung von Überempfindlichkeiten haben [61]. Zähne mit freiliegenden Zahnhälsen sind nach Bleichanwendung kaum auffälliger, als solche ohne. Dies kann durch einen intakten Smear Layer erklärt werden [23]. Bei übermäßigen Gingiva-Rezessionen mit stark ausgeprägten keilförmigen Defekten kann jedoch eine gesteigerte Überempfindlichkeit auftreten [94]. Ausgedehnte Füllungsrestorationen, sofern intakt, führen nicht zu vermehrter Hypersensibilität. Auch das Geschlecht spielt bei der Ausprägung von Überempfindlichkeiten keine bedeutende Rolle. Jedoch zeigen jüngere Probanden (unter 40 Jahren) eher Hypersensibilitäten als ältere (über 40 Jahren) [62]. Die genannten Ergebnisse konnten auch im Rahmen dieser Studie nachvollzogen werden. Keinen Einfluß auf die Ausprägung von Hypersensibilitäten hat die Zahnnummer bzw. die Lage in Ober- oder Unterkiefer [61].

Als wichtigster Faktor für die Ausprägung von Überempfindlichkeiten zählt der Abstand zwischen den Bleichanwendungen. Mehrere Anwendungen pro Tag verursachen deutlich mehr Nebenwirkungen als eine Anwendung pro Tag [47],[61],[62].

Auch Patienten, die stark bruxieren, haben ein erhöhtes Risiko für die Ausprägung von Hypersensibilitäten [94]. Dies wurde auch bei Probanden dieser Studie beobachtet. Ursächlich können die verstärkt auftretenden großen Schmelzsprünge bei Knirschern genannt werden.

Fluoridgele, die nach der Bleichanwendung aufgetragen werden, können die Nebenwirkungsrate deutlich senken [41].

Gingivairritationen, wie sie zahlreich in dieser Untersuchung beobachtet wurden, werden auch in der Literatur erwähnt [47],[68]. So wie dort zeigt sich auch in dieser Studie ein nur kurzzeitiges Anhalten der Beschwerden [44],[68].

Die Gingivairritationen könnten zweierlei Ursachen haben. Zum einen könnte austreten des Bleichmittel zu einer lokalen Entzündungsreaktion geführt haben [47], zum anderen besteht die Möglichkeit, dass die Gingiva durch die Ränder der Bleichschiene traumatisiert wurde [68]. Dies ist jedoch sehr unwahrscheinlich, da auf eine sorgfältige Ausarbeitung der Ränder sowie die exakte Passung der Schienen besonderer Wert gelegt wurde. Keiner der Patienten gab an, sich durch die Schienenanwendung Zahnfleischverletzungen zugezogen zu haben. Auch die Kontrolle durch den Behandler unmittelbar nach

der Bleichbehandlung hat – abgesehen von Zahnbürstverletzungen – keine anderweitige Traumatisierung feststellen lassen. Jedoch kann über den Interdentalraum Bleichgel mit der Zahnfleischpapille in Kontakt kommen [43]. Dies lässt sich in keinem Fall vermeiden.

In Bezug auf systemische Auswirkungen der Bleichbehandlung weisen *in vitro* Studien dem Wasserstoffperoxid (aus dem Carbamidperoxid freigesetzt) eindeutig eine zytotoxische Potenz zu [58]. Jedoch scheinen diese Untersuchungen nur bedingt geeignet zur Erfassung des Ausmaßes von Gewebeschädigungen. Zu komplexe Abwehrmechanismen des Körpers (gegen Wasserstoffperoxid sowie frei werdende Radikale) liegen vor. Zudem findet man in der Literatur keine Studien, die eine toxikologische oder mutagene Wirkung von Carbamidperoxid in den verwendeten Dosierungen von bis zu 16 Prozent nachweist.

Aus Daten von Tierversuchen kann eine halbletale Dosis (LD_{50}) von 87,2 bis 143,8 mg Carbamidperoxid pro Kilogramm Körpergewicht errechnet werden [5]. Wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben, werden für eine Bleich-Anwendung ca. 1,6 ml (1600 mg) Bleichgel verwendet. Für eine LD_{50} -Dosis bei einem 70 kg schweren Menschen müsste dieser ca. 7000 mg Carbamidperoxid verschlucken. Dies entspricht einer Menge von 70.000 mg Bleichgel, also dem 43-fachen der normal verwendeten Menge.

Nach LI [69] liegt zwischen der toxikologisch bedenklichen und der möglicherweise verschluckten Menge sogar ein Sicherheitsfaktor von 100 bis 239 vor. HAYWOOD bedient sich eines sehr anschaulichen Vergleichs:

Carbamid-Peroxid ist ungefährlicher als viele andere Dentalprodukte wie z. B. Eugenol [43], das nach wie vor als gängiges Medikament in den Praxen verwendet wird.

Zu bedenken sind zudem die Gefahren anderer Methoden in der Zahnheilkunde. Röntgenuntersuchungen, Aushärtelampen, Natriumhypochlorid und Lokalanästhetika bergen eine Reihe von Risiken, die heute als selbstverständlich akzeptiert werden. Allein das Benützen eines Ultraschall-Zahnsteingerätes kann zu Schäden an Zahnschmelz sowie Restaurationen führen [43]. Vor diesem Hintergrund sollte das wirkliche Gefahrenpotenzial der Bleichmedien kritisch überdacht werden.

Um eine Reduzierung der genannten Nebenwirkungen zu erreichen, erscheint es sinnvoll, die Abstände zwischen den einzelnen Anwendungsintervallen zu verlängern [47], [61].

Das größte gesundheitliche Risiko stellen die freigesetzten Radikale dar, jedoch nur bei Verschlucken größerer Mengen [18]. Daher sollte Bleichmittel unzugänglich für Kinder aufbewahrt werden. Auch sollte darauf geachtet werden, einen vorbelasteten Körper (starke Raucher, immunsupprimierte Patienten) dadurch nicht zusätzlich mit Radikalen oder oxidativem Stress zu belasten [85].

Kontraindikationen für eine Bleichtherapie ([21]):

- Schwangerschaft, Stillzeit
- Allergie gegen Carbamidperoxid oder weitere Bestandteile der Bleichmedien
- Verfärbungen durch Auflagerungen, die auch durch professionelle Zahnreinigung entfernt werden können
- Starke Raucher, die während der Anwendung weiter rauchen

Als grenzwertig indiziert für die Bleichtherapie gelten starke fluorotische sowie Tetrazyklinverfärbungen [43].

Sämtliche oben genannten Nebenwirkungen bildeten sich nach Ende der Behandlung vollständig zurück. Es kam, soweit es die Erhebungen bis zwei Jahre nach der Anwendung zeigen, zu keinen irreversiblen Schädigungen von Zahn- oder Gingivastrukturen.

Es scheint wahrscheinlich, dass die Anwendung von Homebleaching Gelen Veränderungen in der Schmelzoberfläche, sowie in der Struktur hervorrufen kann. Diese Veränderungen sind jedoch nicht im Bereich klinischer Relevanz [43].

Die Frage, wie lange die Bleichwirkung anhalten wird, kann aus dieser Studie nicht abgeleitet werden. Generell findet man in der Literatur Angaben über eine Haltbarkeit von ein bis drei Jahren [5],[43],[62],[65],[67],[89], abhängig von den Gewohnheiten des Patienten. In einem besonderen Fall konnte die Wirkung der Bleichbehandlung auch nach sieben Jahren noch nachgewiesen werden [46]. KREJI [59] stellte bei seinen Untersuchungen fest, dass aus Homebleaching generell eine länger andauernde Bleichwirkung resultiert, als aus den in-office-Methoden.

In der vorliegenden Untersuchung waren nach zwei Jahren bei 22 von 41 Probanden weiterhin eine deutliche Bleichwirkung feststellbar. 35 von 45 Probanden würden die Behandlung weiter empfehlen. In der Literatur liegt die Weiterempfehlungsrate bei bis zu 98 Prozent [63].

Die Anwendungsdauer liegt bei durchschnittlich zwei bis sechs Wochen [5]. Es wurde gezeigt, dass gebleichte Zähne bei einer erneuten Behandlung schneller auf die Therapie ansprechen als Erstbehandelte [43],[47].

Es bleibt abzuwarten, welches Bleichsystem für vitale Zähne sich in den nächsten Jahren durchsetzen wird. Erste Studien belegen, dass carbamid-peroxidhaltige Streifen (White-StripsTM, blend-a-med) eine wirksame Alternative zu den gelbefüllten Schienen darstellen.

Weitere Untersuchungen zeigen, dass die Gestaltung eines Reservoirs wie auch in der vorliegenden Studie angewandt, klinisch keine Vorteile gegenüber Systemen ohne Reservoir bringen muss [52],[76]. Diese Erkenntnis wurde auch bei den sog. White-StripsTM umgesetzt, bei denen lediglich ein dünner Film Bleichgel auf Trägerfolien aufgetragen ist. Es zeigt sich des Weiteren, dass bei annähernd gleicher Wirkung deutlich geringere Nebenwirkungen auftreten [23],[34]. Es ist ebenfalls zu bedenken, dass ein Weglassen des Reservoirs zu geringeren Herstellungs- und Materialkosten führt [23]. Die Patientenakzeptanz gegenüber diesem neuen System wird als sehr gut eingestuft [84].

Kritisch zu beurteilen ist die konfektionierte Form der Bleichfolien, die eine gute Passgenauigkeit und damit ein gutes und gleichmäßiges Bleichergebnis in Frage stellen könnten. Dies konnte in den bisher veröffentlichten Studien nicht nachgewiesen werden. Ein großer Vorteil der White Strips liegt im Preis. Schienenbleichen in der zahnärztlichen Praxis ist für den Patienten etwa um das Zwei- bis Dreifache teurer als die Anwendung der Folien.

Für den Zahnarzt stellt sich abschließend die Frage, ob die Bleichmedien zukünftig den Kosmetika oder den Medizinprodukten zugeordnet werden.

Aufgrund der komplexen Vorgänge beim Bleichen, sowie der Vielzahl an Nebenwirkungen und Wechselwirkungen mit Restaurationen sollte die Bleichbehandlung auch in Zukunft in den Händen des erfahrenen Zahnarztes liegen. Auf diese Weise lassen sich unnötige Nebenwirkungen vermeiden und auch in komplizierteren Fällen gute Ergebnisse erzielen.

5 Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen bei den getesteten Produkten, dass durch modernes Homebleaching gute Ergebnisse erzielt werden können. Voraussetzungen hierfür sind nach korrekter Indikation eine zahnärztliche Instruktion, sorgfältige Anwendung durch den Patienten sowie Überwachung durch das Praxisteam. Auch in Bezug auf Langzeiteffekte bestätigen sich gute Verträglichkeit und Sicherheit, was auch in der Literatur dokumentiert wird. Gleichwohl bestehen Unterschiede hinsichtlich Wirksamkeit sowie auftretender Nebenwirkungen.

Platinum[®] besitzt die größte aufhellende Potenz. Diese geht jedoch einher mit einer auffälligen Häufung vorübergehender Nebenwirkungen wie Gingiva-Irritationen bzw. Ausprägung von Hypersensibilitäten an den gebleichten Zähnen. Nite White[®] Excel und NuproGold[™] zeigen eine deutlich geringere Aufhellung bei gleichzeitig reduzierter Entwicklung der o.g. Nebenwirkungen.

Bezüglich ihrer Wirkungsdauer weisen die drei Produkte keine wesentlichen Unterschiede auf. 24 Monate nach dem Bleichen erscheint der Aufhellungseffekt nur geringfügig reduziert.

Zähne von Rauchern und Nichtrauchern lassen sich gleichermaßen gut aufhellen, auch geschlechtsspezifische Unterschiede sind nicht nachweisbar. Ungleichheiten der Wirksamkeit zwischen 15 und 45 Jahren sind nicht signifikant. Eine deutlichere Aufhellung lässt sich jedoch bei älteren Patienten erzielen, deren Zähne häufig dunkler sind.

Altersunabhängig kann der zum Teil große Helligkeitsunterschied zwischen Front- und Eckzähnen durch Bleaching annähernd ausgeglichen werden.

Homebleaching gilt als toxikologisch unbedenklich; bei korrekter Anwendung liegt ein sehr großer Sicherheitsfaktor zwischen der toxikologisch kritischen und der eventuell verschluckbaren Menge von Bleichgel. Vorsicht ist jedoch bei provisorischen oder nicht suffizienten Zahnversorgungen geboten. Ein Kontakt mit Amalgam sollte aufgrund der Möglichkeit einer Quecksilberfreisetzung vermieden werden. Eine Aufhellung von Komposit- und Keramikrestorationen konnte in dieser Studie nicht festgestellt werden.

Die gesammelten Daten zeigen, dass selbst bei korrekter Anwendung durchaus störende Nebenwirkungen auftreten können, die jedoch gesundheitlich unbedenklich sind.

In der Literatur ist dokumentiert, dass eine Penetration der Wirkstoffe in das Pulpenkavum erfolgt, was sich bei einigen Patienten während der Behandlung als thermische Hypersensibilität bemerkbar machen kann. Eine irreversible Pulpenschädigung ist jedoch nicht zu erwarten.

Die häufig auftretende Hypersensibilität der Zähne während des Bleichens wird in jüngster Zeit weit weniger beobachtet, als es noch in dieser Arbeit oder in der Literatur zu Ende der 90er Jahre beschrieben wurde. In neuen Produkten zugesetztes Fluorid soll die Ausprägung dieser Beschwerden verhindern.

Veränderungen an der Gingiva treten sehr selten auf und bilden sich bei Absetzen der Behandlung sofort zurück.

Als positiver Nebeneffekt konnte eine verbesserte Mundhygienesituation bei einem Großteil der Anwender beobachtet werden.

Aufgrund des aufwändigen Herstellungsprozesses der Schienen und des relativ hohen Zeitaufwandes in der Praxis belaufen sich die Kosten für das Homebleaching beider Kiefer derzeit auf ca. 250 bis 500 Euro. Der preislich bedingten Ablehnung seitens einiger Patienten wirkt die Industrie zwischenzeitlich durch Kreation neuartiger Produkte entgegen. Beispielsweise entfallen bei den sogenannten White-StripsTM von Blend-a-med die Laborkosten. Eine ähnliche Wirksamkeit wie beim Schienenbleichen wurde bereits beschrieben, muss jedoch in weiteren Studien noch genauer überprüft werden. Die Nebenwirkungsrate scheint bei dieser Art der Anwendung deutlich geringer zu sein, da das Medium ausschließlich mit den labialen Zahnflächen in Berührung kommt.

Wie der Produkttrend auch aussehen mag, die Nachfrage nach weißen gepflegten Zähnen wird mit großer Wahrscheinlichkeit weiter steigen. Der Zahnarzt ist gut beraten, sich mit Indikationen und Behandlungsmethoden des Bleaching vertraut zu machen, um eine individuell geeignete Behandlungsstrategie bereit halten zu können.

Vielleicht führen die gezeigten Möglichkeiten auch zu einem zunehmenden Bewusstsein für „Dental-wellness“ und damit zu einer verbesserten Zahngesundheit.

6 Literatur

- [1] Alt, K.W.: *Die historische Entwicklung der zahnärztlichen Prothetik*. In: Strub, J.R.; Türp, J.C.; Witkowski, S.; Hürzeler, M.B.; Kern, M.: *Curriculum Prothetik*. Bd. 1, S. 40, Quintessenz, Berlin (1999)
- [2] Ames, J.W.: *Removing stains from mottled enamel*. J Am Dent Assoc 24: 1674-1677 (1937)
- [3] Angrick, M.; Rewicki, D.: *Chemie in unserer Zeit*. 14. Jg., S. 149ff, Verlag Chemie, Weinheim (1980)
- [4] Anitua, E.; Zabalegui B.; Gil, J.; Gascon, F.: *Internal bleaching of severe tetracycline discolorations: four-year clinical evaluation*. Quintessenz Int 21: 783-788 (1988)
- [5] Attin, T.: *Sicherheit und Anwendung von carbamid-peroxidhaltigen Gelen bei Bleichtherapien*. Dt Zahnärztl Z 53: 11-16 (1998)
- [6] Attin, T.; Burgmaier, G.M.; Paqué, F.: *Neues zur Zahnaufhellung mit carbamid-peroxidhaltigen Gelen*. Zahnärztl Mitt 91: 468-472 (2001)
- [7] Attin, T.; Kielbassa, A.M.: *Die Bleichbehandlung – ein fester Bestandteil ästhetischer Zahnheilkunde*. Zahnärztl Mitt 85: 2674-2681 (1995)
- [8] Barnes, D.M.; Kihn, P.W.; Romberg, E.; George, D.; DePaola, L.; Medina, E.: *Clinical evaluation of a new 10% carbamide peroxide tooth-whitening agent*. Compend Contin Educ Dent 19: 968-972, 977-978 (1998)
- [9] Bauer, M.: *Schnelles Bleaching mit Laserlicht*. ZWP Spezial 3: 16-17 (2002)
- [10] Baur, P.; Schärer, P.: *Mikroabrasion (MA) und Bleaching (BL)*. Schweiz Monatsschr Zahnmed 107: 755-761 ((1997)

- [11] Bentley, C.; Leonhard, R.H.; Nelson C.F.; Bentley S.A.: *Quantitation of vital bleaching by computer analysis of photographic images*. J Am Dent Assoc 130: 809-816 (1999)
- [12] Benz, C. et al.: *Lexikon Zahnmedizin, Zahntechnik*. S. 827, München: Urban und Schwarzenberg, München (2000)
- [13] Ben-Zur, E.D.: *Pathologie und konservierende Behandlung der Milchzähne*. In: Stöckli, P.W.; Ben-Zur, E.D.: *Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen*. S. 155, Georg Thieme, Stuttgart (1994)
- [14] Berger, A.; Gutknecht, N.; Lampert, F.: *In-Office-Bleaching unter Verwendung einer Plasmalampe*. Quintessenz 54: 765-772 (2003)
- [15] Bitter, N.C.: *A scanning electron microscopy study of the effect of bleaching agents on enamel: a preliminary report*. J Prosthet Dent 67: 852-855 (1992)
- [16] Bowles, W.H.; Burns H.: *Catalase/Peroxidase activity in dental pulp*. J Endod 18: 527-534 (1992)
- [17] Bücking, W.: *Die fehlerfreie Zahnfarbenbestimmung*. Quintessenz 53: 1192-1207 (2002)
- [18] Cherry, D.V.; Bowers, D.E.; Thomas, L.; Redmond, A.F.: *Acute toxicological effects of ingested tooth whiteners in female rats*. J Dent Res 72: 1298-1303 (1993)
- [19] Cobe, H.M.; Ploumis, E.: *A new form of stabilized peroxide as a chemotherapeutic agent*. Antibiot Chemother 10: 766-770 (1960)
- [20] Cooper, J.S.; Bokmeyer T.J.; Bowles W.H.: *Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents*. J Endod 18: 315-317 (1992)
- [21] Dentsply Detrey: *IllumineTM Professional Bleaching*. Technische Anleitung, DENTSPLY Detrey GmbH, D-78467 Konstanz (2001)
- [22] Devigus, A.: *Die digitale Farbmessung in der Zahnmedizin*. Quintessenz 54: 495-500 (2003)

- [23] Duschner, H.: *Zahnaufhellung mit Peroxiden*. Zahnärztl Mitt 92: 1542-1549 (2002)
- [24] Ernst, C.P.; Marroquin, B.B.; Willershausen-Zönnchen, B.: *Effects of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on the morphology of human enamel*. Quintessence Int 27: 53-56 (1996)
- [25] Fasanaro, T.S.: *Bleaching teeth: history, chemicals and methods used for common tooth discolorations*. J Esthet Dent 4: 71-78 (1992)
- [26] Fischer, D.; Bailey, J.H.: *Vital bleaching for aesthetic improvement*. Pract Period Aesthet Dent 7: 61-64 (1995)
- [27] Fischer, D.: *Minimal-invasiv gegen verfärbte Zähne*. DZW 26: 12 (2003)
- [28] Fischer, D.: *Zähne am Stuhl effektiv aufhellen – ohne Licht*. DZW 27: 12 (2003)
- [29] Flemmig, T.F.: *Parodontologie*. S. 44, Georg Thieme, Stuttgart (1993)
- [30] Floyd, R.A.: *The effect of peroxides and free radicals on body tissues*. J Am Dent Assoc 128: 37S-40S (1997)
- [31] Fuss, Z.; Szajkis, S.; Tagger, M.: *Tubular permeability to calcium hydroxide and to bleaching agents*. J Endod 15: 362-364 (1989)
- [32] Ganß, C.; Reinhardt, K.; Klimek J.: *Der Einfluß einer Vitalbleichung mit Carbamidperoxid auf die Entstehung künstlicher initialer Kariesläsionen und Schmelzerosionen*. Dtsch Zahnärztl Z 52: 597-599 (1997)
- [33] Garcia, F.; Dodge, W.W.; Donohue, M.; Quinn, J.A.: *Composite Resin bond strenght after enamel bleaching*. Oper Dent 18: 144-147 (1993)
- [34] Gerlach, R.W.; Barker, M.L.; Sagel P.A.: *Comparative efficacy and tolerability of two direct –to-consumer tooth whitening systems*. Am J Dent 14: 267-272 (2001)
- [35] Gerlach, R.W.; Zhou, X.: *Vital bleaching with whitening strips: summary of clinical research on effectiveness and tolerability*. J Contemp Dent Pract 2: 1-16 (2001)

- [36] Glockner, K.; Jeglitsch, F.; Städtler, P.; Ebeleseder, K.: *Die Zunahme der Sprödigkeit von Dentin beim internal bleaching*. ZWR 104: 84-88 (1995)
- [37] Glockner, K.; Ebelseder K.; Städtler, P.: *Das Bleichen von verfärbten Frontzähnen*. Schweiz Monatsschr Zahnmed 107: 413-425 (1997)
- [38] Goldstein, R.E.: *In-office bleaching: where we came from, where we are today*. J Am Dent Assoc 128: 11S-15S (1997)
- [39] Guldener, P.H.A.; Langeland, K.: *Endodontologie*. S. 441ff, Georg Thieme, Stuttgart (1993)
- [40] Gürkan, S.; Bolay, S.; Alacam, R.: *In vitro adherence of bacteria to bleached or unbleached enamel surfaces*. J Oral Rehabil 24: 624-627 (1997)
- [41] Haywood van B.; Caughman, W.F.; Frazier K.B.; Myers M.L.: *Tray delivery of potassium nitrate-fluoride to reduce bleaching sensitivity*. Quintessence Int 32: 105-109 (2001)
- [42] Haywood, van B.: *Current status of nightguard vital bleaching*. Compend Contin Educ Dent Suppl 21: S10-S17 (2000)
- [43] Haywood, van B.: *History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique*. Quintessence Int 23: 471-488 (1992)
- [44] Haywood, van B.; Heymann, H.O.: *Nightguard vital bleaching*. Quintessence Int 20: 173-176 (1989)
- [45] Haywood, van B.; Heymann, H.O.; Crumpler, D.; Bruggers, K.: *Nightguard vital bleaching: effects on enamel surface texture and diffusion*. Quintessence Int 21: 801-804 (1990)
- [46] Haywood, van B.; Leonard, R.H.: *Nightguard vital bleaching removes brown discoloration for 7 years: a case report*. Quintessence Int 29: 450-451 (1998)
- [47] Haywood, van B.; Leonard, R.H.; Nelson, C.F.; Brunson, W.D.: *Effectiveness, side effects and long-term status of nightguard vital bleaching*. J Am Dent Assoc 125: 1219-1226 (1994)

- [48] Haywood, van B.; Parker, M.H.: *Nightguard vital bleaching beneath existing porcelain veneers: a case report*. Quintessence Int 30: 743-747 (1999)
- [49] Haywood, van B.; Robinson, F.G.: *Vital tooth bleaching with nightguard vital bleaching*. Curr Opin Cosmet Dent 4: 45-52 (1997)
- [50] 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 Sep 27: 509-515 (1999)
- [51] Hellwig, E.; Klimek, J.; Attin, T.: *Einführung in die Zahnerhaltung*. S. 17ff, Urban & Schwarzenberg, München (1995)
- [52] Heymann, H.O.; Swift, E.J.; Bayne, S.C.; May, K.N.; Wilder, A.D.; Mann, G.B.; Peterson, C.A.: *Clinical evaluation of two carbamide peroxide tooth-whitening agents*. Compend Contin Educ Dent 19: 359-376 (1998)
- [53] Kehoe, J.C.: *pH reversal following in vitro bleaching of pulpless teeth*. J Endod 13: 6-9 (1987)
- [54] Kielbassa, A.M.; Wrbas, K.-Th.: *Extrinsische und intrinsische Zahnverfärbungen*. ZWR 109: 177-183 (2000)
- [55] Kihn, P.W.; Barnes, D.M.; Romberg, E.; Peterson, K.: *A clinical evaluation of 10 percent vs. 15 percent carbamide peroxide tooth-whitening agents*. J Am Dent Assoc 131: 1478-1484 (2000)
- [56] Koch, M.J.: *Zähne und Ernährung*. In: Biesalski, H.-K. et al. *Ernährungsmedizin*. S. 438, Georg Thieme, Stuttgart (1995)
- [57] Körber, K.: *Zahnärztliche Prothetik*. S. 234ff, Georg Thieme, Stuttgart (1995)
- [58] Koulaouzidou, E.; Lambrianidis, T.; Konstantinidis, A.; Kortsaris, A.H.: *In vitro evaluation of the cytotoxicity of a bleaching agent*. Endod Dent Traumatol 14: 21-25 (1998)

- [59] Krejci, I.: *Ästhetische Restaurationen auf dem neuesten Stand*. Kurs in der Akademie für zahnärztliche Fortbildung (Bayerische Landes-Zahnärzte-Kammer), München, 18.10.2003
- [60] Lenhard, M.: *Assessing tooth color change after repeated bleaching in carbamide peroxide gel*. J Am Dent Assoc 127: 1618-1624 (1996)
- [61] Leonard, R.H. Jr.; Haywood, van B.; Phillips, C.: *Risk factors of developing tooth sensitivity and gingival irritation associated with nightguard vital bleaching*. Quintessence Int 28: 527-534 (1997)
- [62] Leonard, R.H. Jr.: *Efficacy, longevity, side effects and patient perceptions of nightguard vital bleaching*. Compend Contin Educ Dent 19: 766-781 (1998)
- [63] Leonard, R.H. Jr.: *Nightguard vital bleaching: dark stains and long-term results*. Compend Contin Educ Dent Suppl 28: S18-S27 (2000)
- [64] Leonard, R.H. Jr.; Bentley, C.D.; Haywood, van B.: *Salivary pH changes during 10% carbamide peroxide bleaching*. Quintessence Int 25: 547-550 (1994)
- [65] Leonard, R.H. Jr.; Haywood, van B.; Eagle, J.C.; Garland, G.E.; Caplan, D.J.; Matthews, K.P.; Tart, N.D.: *Nightguard vital bleaching of tetracyclin-stained teeth: 54 months post treatment*. J Esthet Dent 11: 265-277 (1999)
- [66] Leonard, R.H.; Sharma, A.; Haywood, van B.: *Use of different concentrations of carbamide peroxide for bleaching teeth: an in vitro study*. Quintessenz Int 29: 503-507 (1998)
- [67] Lewinstein, I.; Hirschfeld, Z.; Stabholz, A.; Rotstein, I.: *Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on the microhardness of human enamel and dentin*. J Endod 20: 61-63 (1994)
- [68] Li, Y.: *Tooth bleaching using peroxide-containing agents: current status of safety issues*. Compend Contin Educ Dent 19: 783-794 (1998)
- [69] Li, Y.: *Toxicological considerations of tooth bleaching using peroxide-containing agents*. J Am Dent Assoc 128: 31S-36S (1997)

- [70] Maibach-Nagel, M.: *Sehr wichtig: schöne Zähne*. Zahnärztl Mitt 90: 24-26 (2000)
- [71] Marshall, M.V.; Cancro, L.P.; Fischman, S.L.: *Hydrogen Peroxide: a review of its use in dentistry*. J Periodontol 66: 786-796 (1995)
- [72] Matis B.A.; Gaiao, U.; Blackman, D.; Schultz, F.A.; Eckert, G.J.: *In vivo degradation of bleaching gel used in whitening teeth*. J Am Dent Assoc 130: 227-235 (1999)
- [73] Matis, B.A.: *Degradation of gel in tray whitening*. Compend Contin Educ Dent 28: S31-S35 (2000)
- [74] Matis, B.A.; Mousa H.N.; Cochran, M.A.; Eckert, G.J.: *Clinical evaluation of bleaching agents of different concentrations*. Quintessenz Int 31: 303-310 (2000)
- [75] Matis, B.A.; Yousef M.; Cochran, M.A., Eckert, G.J.: *Degradation of bleaching gels in vivo as a function of tray design and carbamide peroxide concentration*. Oper Dent 27: 12-18 (2002)
- [76] Matis, R.A.; Hamdan, Y.S.; Cochran, M.A.; Eckert, G.J.: *A clinical evaluation of a bleaching agent used with and without reservoirs*. Oper Dent 27: 5-11 (2002)
- [77] McCracken, M.S; Haywood, van B: *Demineralization effects of 10 percent carbamide peroxide*. J Dent 24: 395-398 (1996)
- [78] McEvoy, S.A.: *Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth. II. Current techniques and their clinical application*. Quintessence Int 20: 379-384 (1989)
- [79] McEvoy, S.A.: *Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth. I. Technique development*. Quintessence Int 20: 323-328 (1989)
- [80] Nathoo, S. A.: *The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discolorations*. J Am Dent Assoc 128: 6S – 10S (1997)

- [81] Nathoo, S.A.; Chmielewski, M.B.; Kirkup, R.E.: *Effects of Colgate Platinum™ Professional Toothwhitening System on microhardness of enamel, dentin, and composite resins*. Compend Suppl 17: S627-S630 (1994)
- [82] Nathoo, S.A.; Zhang, Y.P.; Lin, N.; Collins, M.; Klimpel, K.; DeVizio, W.; Giniger, M.: *Comparative seven-day clinical evaluation of two whitening products*. Compend Contin Educ Dent 22: 599-606 (2001)
- [83] Oliveira, de R.; Basting, T.B.; Rodrigues, J.A.; Rodrigues, A.L. Jr.; Serra, M.C.: *Effects of carbamide peroxide agent and desensitizing dentifrices on enamel microhardness*. Am J Dent 16: 42-47 (2003)
- [84] Peters, S.: *Die Patientenakzeptanz der Whitestrip-Behandlung*. Zahnärztl Mitt 11: 1296-1298 (2002)
- [85] Powell, L.V.; Bales, D.J.: *Tooth bleaching: its effect on oral tissues*. J Am Dent Assoc 122: 50-54 (1991)
- [86] Pschyrembel W.: *Klinisches Wörterbuch*. Walter de Gruyter, Berlin (1998)
- [87] Reis, M.: *Farbe und Ästhetik in der restaurativen Zahnheilkunde*. Zahnärztl Mitt 85: 2666-2673 (1995)
- [88] Robinson, F.G.; Haywood, van B.; Mayers, M.: *Effect of 10 percent carbamide peroxide on color of provisional restoration materials*. J Am Dent Assoc 128: 727-731 (1997)
- [89] Rosentritt, M.; Lang, R.; Plein, T.; Behr, M.; Handel, G.: *Das Bleichen von Zähnen*. Quintessenz 54: 255-260 (2003)
- [90] Rotstein, I.; Torek, Y.; Lewinstein, I.: *Effect of bleaching time and temperature on the radicular penetration of hydrogen peroxide*. Endod Dent Traumatol 7: 196-198 (1991)
- [91] Rotstein, I.; Friedman, S.: *pH variation among materials used for intracoronal bleaching*. J Endod 17: 376-379 (1991)
- [92] Scholz, V.: *Bleaching-Produkte*. Produktinformation, ZWP Spezial 3: 20-27 (2002)

- [93] Schroeder, H.E.: *Pathobiologie oraler Strukturen*. S. 17ff, Karger, Basel (1997)
- [94] Schulte, J.R.; Morrissette, D.B.; Gasiior, E.J.; Czajewski, M.V.: *The effect of bleaching application time on the dental pulp*. J Am Dent Assoc 125: 1330-1335 (1994)
- [95] Scully, C.; Flint, S.R.; Porter, S.R.: *Erkrankungen der Mundhöhle*. S.161ff, Urban & Schwarzenberg, München (1997)
- [96] Sterrett, J.; Price, R.B.; Bankey, T.: *Effects of home bleaching on the tissues of the oral cavity*. J Can Dent Assoc 61: 412-420 (1995)
- [97] Strub, J.R.; Türp, J.C.; Witkowski, S.; Hürzeler, M.B.; Kern, M.: *Curriculum Prothetik*. Bd. 2, S. 505ff, Quintessenz, Berlin (1999)
- [98] Strub, J.R.; Türp, J.C.; Witkowski, S.; Hürzeler, M.B.; Kern, M.: *Curriculum Prothetik*. Bd. 1, S. 63ff, Quintessenz, Berlin (1999)
- [99] Swift, E.J.; May K.N. Jr.; Wilder A.D.; Heymann, H.O.; Bayne, S.C.: *Two-year clinical evaluation of tooth whitening using an at-home bleaching system*. J Esthet Dent 11: 36-42 (1999)
- [100] Swift, E.J.; Perdigão, J.: *Effects of bleaching on teeth and restorations*. Compend Contin Educ Dent 19: 815-820 (1998)
- [101] Tam, L.: *Clinical trial of three 10% carbamide peroxide bleaching products*. J Can Dent Assoc 65: 201-205 (1999)
- [102] Tam, L.: *Vital tooth bleaching. Review and current status*. J Can Dent Assoc 58: 654-663 (1992)
- [103] Wattanapayungkul, P.; Matis, B.A.; Cochran, M.A.; Moore, B.K.: *A clinical study of the effect of pellicle on the degradation of 10% carbamide peroxide within the first hour*. Quintessence Int 30: 737-741 (1999)
- [104] Weiler, J.: *Der devitale Frontzahn*. ZWP Spezial 3: 12-14 (2002)
- [105] Zaragoza V.M.T.: *Bleaching of vital teeth: technique*. Esto Modeo 9: 7-30 (1984)

Home bleaching		Status _____	
Befund II		Name: _____	
1. Parafunktionen:	Nein	Ja	Bemerkung
Knirschen (Schliffacetten?)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Pressen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Sonstige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2. Marginales Parodontium:			
Entzündung:	keine	<input type="checkbox"/>	
	lokalisiert	<input type="checkbox"/>	_____
	generell	<input type="checkbox"/>	
3. Marginale Gingiva:	Farbe:	<input type="checkbox"/> blaß rosa	<input type="checkbox"/> rot <input type="checkbox"/> dunkelrot
	Gewebe:	<input type="checkbox"/> hypertroph	<input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> Rezessionen → Befund!
4. Speichel:	Menge:	<input type="checkbox"/> sehr wenig	<input type="checkbox"/> wenig <input type="checkbox"/> φ <input type="checkbox"/> viel <input type="checkbox"/> sehr viel
	Art:	<input type="checkbox"/> dünnblasig	<input type="checkbox"/> Mittelwert <input type="checkbox"/> viskös
5. Mundhygiene:			
Verfärbungen:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> leicht	<input type="checkbox"/> mässig <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> sehr stark
Beläge:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> wenig	<input type="checkbox"/> mässig <input type="checkbox"/> viel <input type="checkbox"/> sehr viel
Zahnstein:	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> wenig	<input type="checkbox"/> mässig <input type="checkbox"/> viel <input type="checkbox"/> sehr viel
	API neu: _____ %	SBI neu: _____ %	
6. Schleimhaut - Verletzungen ? (Färbetest)			

7. Zahnstatus:	→ Vordruck		
8. Parodontalbefund:	→ Vordruck		
9. Auffälligkeiten:	Zunge:	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja _____
	Schleimhaut Mundhöhle:	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja _____
	Sonstiges:	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja _____

Abb. II: Befundbogen 2: Orale Befunde.

Home bleaching	Status _____
Befund III	Name: _____
→ Nachuntersuchung spez.	
Hypersensibilität	
wie vor der Anwendung	<input type="checkbox"/> _____
wie während der Anwendung	<input type="checkbox"/> _____
leicht gebessert seit Anwendung	<input type="checkbox"/> _____
stark gebessert seit Anwendung	<input type="checkbox"/> _____
Irritation Gingiva:	<input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/> JA: _____
Entzündung G.:	<input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/> JA: _____ → PA-Befund
Irritation Geschmack:	<input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/> JA: <i>schwach</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <i>stark</i> Dauer: _____
Zahnbelag subjektiv:	_____
Zahnhartsubstanzdefekte:	_____
<u>Sonstiges</u>	
Änderung der Schminkgewohnheiten: _____	
Lachen Sie bewusster / häufiger	<input type="checkbox"/> JA _____ <input type="checkbox"/> NEIN
Preis / Leistg. (DM 800,-)	<i>preiswert</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <i>zu teuer</i> Wieviel würden Sie ausgeben? _____
Hat die Bleichwirkung Ihrer Meinung nach nachgelassen?	<input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN
Würden Sie das Produkt / die Anwendung Ihren Freunden weiterempfehlen?	<input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN
Kommentar: _____ _____ _____	

Abb. III: Befundbogen 3: spezielle Parameter nach Abschluss der Behandlung.

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Ludwig-Maximilians-Universität München

API/SBI

I Oberkiefer rechts

SBI ▶

	I buccal	II palatinal
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
Sitzungen	5 4 3 2 1 1 2 3 4 5	
7		
6		
5		
4		
3		
2		
1		
Summe		
	IV lingual	III buccal

II Oberkiefer links

API ▶

	I palatinal	II buccal
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
Sitzungen	5 4 3 2 1 1 2 3 4 5	
7		
6		
5		
4		
3		
2		
1		
Summe		
	IV buccal	III lingual

Ergebnisse

Datum	Sitzung	SBI%	API%
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

Hinweise, angeratene Putzmethode:

Zeichenindex : + positiv ; - negativ ; X fehlend

Abb. VI: Befundplan für apikalen Plaque-Index (API), Sulkus-Blutungs-Index (SBI).

Home bleaching												Anwendung			
Name:	_____	Alter:	_____	Nr.	_____										
		Korrekte Anwendung:		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN										
Bleichmedium															
1. Schiene															
Paßgenauigkeit:	<i>schlecht</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>sehr gut</i>		
Tragekomfort:	<i>schlecht</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>sehr gut</i>		
Verletzung:	<input type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA:	_____												
Sonstiges:	_____														
2. Bleichmittel:															
Farbe:	<i>unangenehm</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>angenehm</i>		
Geschmack:	<i>schlecht</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>sehr gut</i>		
Konsistenz:	<i>zu flüssig</i>	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	<i>zu zäh</i>		
Appetitlichkeit:	<i>schlecht</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>sehr gut</i>		
Ästhet. Ergebnis:	<i>unzufrieden</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>sehr zufrieden</i>		
Aufhellung:	<i>zu wenig</i>	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	<i>zu viel</i>		
3. Anwendung:															
Handhabung:	<i>einfach</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>kompliziert</i>		
Menge pro Anwendung:	<i>zu wenig</i>	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	<i>zu viel</i>		
Gleichmässige Verteilung immer?	<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN	_____												
Probleme beim Entfernen der Überschüsse	<input type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA	_____												
Do. der Reste nach Anwendung	<input type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA	_____												
Dauer Einzelanwendung	<input type="checkbox"/> O.K.	<input type="checkbox"/> zu lange → besser wäre:	_____												
Dauer der ges. Anwendung	<input type="checkbox"/> O.K.	<input type="checkbox"/> zu lange → besser wäre:	_____												

Abb. VII: Erhebungsbogen zur häuslichen Anwendung (1).

Home bleaching	Anwendung 2
4. Zahn / Gingiva	
FZ-Füllung:	<i>unauffälliger</i> -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 <i>auffälliger als vorher</i>
Schmelzsprünge:	<i>unauffälliger</i> -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 <i>auffälliger als vorher</i>
White Spots:	<i>unauffälliger</i> -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 <i>auffälliger als vorher</i>
Hypersensibilität (Flg.?):	<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> während der Anwendg. <input type="checkbox"/> auch danach (Dauer?) _____
Schmerzen:	<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> während der Anwendg. (welche?) _____ <input type="checkbox"/> auch danach (Dauer?) _____
Irritation Gingiva:	<input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/> JA: _____
Entzündung G.:	<input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/> JA: _____
Irritation Geschmack:	<input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/> JA: <i>schwach</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <i>stark</i> Dauer: _____
5. Gesundheit	
Allergie:	<input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/> JA: _____
Irritation Magen:	<input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/> JA: <i>schwach</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <i>stark</i> wie lange (Minuten): _____
Sonstiges (Speichel, Zahnbelag, ...): _____	
6. Sonstiges:	
Packungsbeilage:	<i>unzureichend</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <i>informativ</i>
Reaktionen der Mitmenschen	<input type="checkbox"/> NEIN <input type="checkbox"/> JA _____
Preis / Leistg. (DM 800,-)	<i>preiswert</i> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <i>zu teuer</i> Wieviel würden Sie ausgeben? _____
Behandlungsqualität: _____	
Würden Sie das Produkt / die Anwendung weiterempfehlen? <input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN	
7. Neue Zahnfarbe	

Abb. VIII: Erhebungsbogen zur häuslichen Anwendung (2).

7.2 Herstellerverzeichnis

- 1) Epson perfection 1650 USB photo, Flachbettscanner, 1600 x 3200 dpi, 48 bit
EPSON Deutschland GmbH, Zülpicher Straße 6, D-40549 Düsseldorf.
- 2) Erkodur 1,5 mm, ERKODENT[®]. Erich Kopp GmbH, Siemensstraße 3, D-72285
Pfalzgrafenweiler.
- 3) Erkolen 1,0 mm, ERKODENT[®]. Erich Kopp GmbH, Siemensstraße 3, D-72285
Pfalzgrafenweiler.
- 4) Diafilm RSX II, ISO 50/18°, 36 Exp., DX
AGFA Deutschland Vertriebsgesellschaft, Im Mediapark 5, D-50670 Köln.
- 5) FujiRock EP, weiß. GC Belgium N.V., 13, Interleuvenlaan, 3001 Leuven,
Belgium.
- 6) PENTAX Spiegelreflexkamera SFXN mit PENTAX Zoomobjektiv SMC Pentax-F
1:2,8; 100 mm Macro.
PENTAX Europe GmbH, Julius-Vosseler-Straße 104, D-22527 Hamburg.
- 7) MIRA-2-TON. Hager & Werken, Ackerstraße 1, D-47006 Duisburg.
- 8) NiteWhite[®] Excel. DISCUS DENTAL Inc., Culver City, CA 90232.
- 9) NuproGold[™]. DENTSPLY De Trey GmbH, De-Trey-Straße 1, D-78467
Konstanz.
- 10) Platinum[®]. COLGATE – Palmolive GmbH, Liebigstraße 2-20, D-22113
Hamburg.
- 11) Proxylt grob/fein. Ivoclar Vivadent AG, Bändererstraße 2, Schaan, Liechtenstein.
- 12) Shade Eye Ex[®]. SHOFU[®], Am Brüll 17, D-40878 Ratingen.

7.3 Danksagung

Bei allen, die mich bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt haben, möchte ich mich ganz besonders bedanken.

Für die Überlassung des Themas möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. dent. Christoph Benz, Leiter der Abteilung Röntgenologie an der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Ludwig-Maximilians-Universität München, sehr herzlich bedanken.

Besonderer Dank gilt Herrn Oberarzt Dr. med. dent. Karim El Mahdy, der mir bei der Planung und Durchführung dieser Arbeit stets hilfreich zur Seite stand. Ich danke ihm auch für die Bereitstellung der benötigten Geräte und Behandlungsräume.

Die Zahntechniker der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie gaben mir stets gute Ratschläge bei der Anfertigung der Bleichschienen.

Die Firmen Colgate, Dentsply DeTrey und Discus Dental stellten mir die getesteten Bleichmedien kostenlos zur Verfügung.

Ich danke Herrn Dr. Gerald Hamm für seine Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Daten.

7.4 Lebenslauf

Persönliche Daten Daniel Diethard Pascher
Geboren am 08.02.1975 in München

Berufstätigkeit

01/2003 - heute Assistent in zahnärztlicher Praxis, Mindelheim
10/2001 - 12/2002 Assistent in zahnärztlicher Praxis, Schwabmünchen

Studium

13.08.2001 Approbation als Zahnarzt durch die Regierung von Oberbayern
26.07.2001 Staatsexamen im Fach Zahnheilkunde an der Zahnklinik München
02/2000 Beginn der Dissertation
10/1995 - 09/2001 Studium der Zahnheilkunde an der Zahnklinik München

Schule, Zivildienst

09/1994 - 11/1995 Pflegedienst-Helfer bei Johanniter-Unfall-Hilfe e.V.,
Ausbildung zum Sanitätshelfer
18.07.1994 Zeugnis der allgemeinen Hochschulreife
09/1985 – 06/1994 Neusprachliches Gymnasium Olching
09/1981 – 08/1985 Grundschule in München

München, den 28. Dezember 2003