

# Forschung · Wissenschaft Recherche · Science

**Editor-in-chief**  
**Chefredaktor**  
**Rédacteur en chef**  
Jürg Meyer, Basel

**Editors**  
**Redaktoren**  
**Rédacteurs**  
Urs Belser, Genève  
Peter Hotz, Bern  
Heinz Lüthy, Zürich

**Assistant Editor**  
**Redaktions-Assistentin**  
**Rédactrice assistante**  
Andrea Wölner-Hanssen, Basel

## **Advisory board / Gutachtergremium / Comité de lecture**

P. Baehni, Genève  
F. Barbakow, Zürich  
J.-P. Bernard, Genève  
C.E. Besimo, Basel  
M. Bickel, Bern  
S. Bouillaguet, Genève  
U. Brägger, Bern  
E. Budtz-Jørgensen, Genève  
D. Buser, Bern  
M. Cattani, Genève  
B. Ciucchi, Genève  
K. Dula, Bern  
A. Filippi, Basel  
J. Fischer, Bern  
L.M. Gallo, Zürich  
R. Glauser, Zürich  
R. Gmür, Zürich  
W. Gnoinski, Zürich  
K.W. Grätz, Zürich

Ch. Hämmerle, Zürich  
N. Hardt, Luzern  
T. Imfeld, Zürich  
K.H. Jäger, Basel  
J.-P. Joho, Genève  
S. Kiliaridis, Genève  
I. Krejci, Genève  
J.Th. Lambrecht, Basel  
N.P. Lang, Bern  
T. Lombardi, Genève  
H.U. Luder, Zürich  
A. Lussi, Bern  
P. Magne, Genève  
C. Marinello, Basel  
G. Menghini, Zürich  
R. Mericske-Stern, Bern  
J.-M. Meyer, Genève  
A. Mombelli, Genève  
W. Mörmann, Zürich

G. Pajarola, Zürich  
S. Palla, Zürich  
S. Paul, Zürich  
M. Perrier, Lausanne  
M. Richter, Genève  
H.F. Sailer, Zürich  
J. Samson, Genève  
U. Saxer, Zürich  
P. Schärer, Zürich  
J.-P. Schatz, Genève  
P. Schüpbach, Horgen  
P. Stöckli, Zürich  
U. Teuscher, Zürich  
H. van Waes, Zürich  
P. Velvar, Zürich  
T. von Arx, Bern  
A. Wichelhaus, Basel  
J. Wirz, Basel  
A. Wiskott, Genève

**Publisher**  
**Herausgeber**  
**Editeur**  
Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft SSO  
Société Suisse d'Odonto-Stomatologie  
CH-3000 Bern 7

**Adresse der wissenschaftlichen Redaktion**  
Prof. Jürg Meyer  
Zentrum für Zahnmedizin  
Institut für Präventivzahnmedizin und Orale Mikrobiologie  
Hebelstr. 3  
4056 Basel

# Effektivität verschiedener Bleich- techniken und deren Auswirkungen auf die Schmelzoberfläche

## Zusammenfassung

Ziel dieser In-vitro-Studie war es, eine Aufhellung von humanen Zähnen von Farbe A4 auf A3 (sechs Helligkeitsstufen) des VITAPAN classical Farbrings durch drei unterschiedliche Bleich-techniken zu erzielen und die dazu benötigten Bleichzeiten miteinander zu vergleichen. Zusätzlich wurden die Schmelzoberflächen nach den jeweiligen Bleichprozeduren auf mögliche Veränderungen mittels Rasterelektronenmikroskopie untersucht. Vierundzwanzig aus parodontalen Gründen extrahierte Frontzähne der Ausgangsfarbe A4 wurden randomisiert in drei Gruppen von jeweils acht Zähnen eingeteilt und mit drei unterschiedlichen Produkten gebleicht: Gruppe A mit Illuminé™ home (Repräsentant für die «home-bleaching»-Methode), Gruppe B mit Whitestrips™ («over-the-counter»-Methode) und Gruppe C mit Opalescence® Xtra™ («in-office»-Methode). Die Bleichprozedur erfolgte gemäss Herstellerangaben, wobei ein Anwendungszyklus bei Produkt A acht Stunden, bei Produkt B 30 Minuten und bei Produkt C 15 Minuten entsprach. Es zeigte sich, dass Gruppe A durchschnittlich 6,88 Zyklen (= 3300 min), Gruppe B 36,25 Zyklen (= 1087 min) und Gruppe C 4,25 Zyklen (= 63,75 min) zum Erreichen der definierten Aufhellung (A3) benötigte. Die anschliessend durchgeführte rasterelektronenmikroskopische Untersuchung der Schmelzoberfläche ergab bei 2000facher Vergrösserung bei keinem der untersuchten Zähne eine erkennbare Oberflächenveränderung. Im Rahmen dieser In-vitro-Untersuchung führten alle drei getesteten Methoden während der empfohlenen Applikationszeiten zu der gewünschten Aufhellung, wobei keines der getesteten Produkte zu einer Oberflächenveränderung des Schmelzes führte.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 112: 894–900 (2002)

Schlüsselwörter

Bleaching, Esthetic Dentistry, REM

Zur Veröffentlichung angenommen: 31. Mai 2002

Korrespondenzadresse:

Dr. Thorsten Auschill  
Abteilung Poliklinik für Zahnerhaltungskunde  
und Parodontologie  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Hugstetterstr. 55  
79106 Freiburg  
Tel. 0049 761 270 4846, Fax 0049 761 270 4762  
E-Mail: Auschill@zmk2.ukl.uni-freiburg.de

THORSTEN M. AUSCHILL, ELMAR HELLWIG,  
SONJA SCHMIDALE, MATTHIAS HANNIG,  
NICOLE B. ARWEILER

Abt. Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie,  
Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg, Deutschland

## Einleitung

Das Verlangen nach weisseren Zähnen und damit die Nachfrage der Patienten nach Bleichmöglichkeiten kann über viele Jahrhunderte zurückverfolgt werden (GOLDSTEIN & GARBER 1995). Als effektivster Wirkstoff hat sich dabei Wasserstoffperoxid herausgestellt, dessen Anwendung zum Bleichen devitaler Zähne bereits durch HARLAN (1884) beschrieben wurde. Dieser Wirkstoff wird auch erfolgreich zur externen Bleichung (vitaler) Zähne eingesetzt (BOWLES & THOMPSON 1986, ARENS et al. 1972, HAYWOOD & HEYMANN 1989). Hauptbestandteil von Bleichmitteln sind Carbamidperoxid oder andere Peroxid freisetzende Substanzen. Auch wenn der genaue chemische Vorgang des Bleichens noch nicht bis ins Detail bekannt ist (GOLDSTEIN & KIREMIDJIAN-SCHUMACHER 1993), wird angenommen, dass Wasserstoffperoxid auf Grund seines niedrigen Molekulargewichts in der Lage ist, durch Schmelz und Dentin zu penetrieren (ARWILL et al. 1969, BOWLES & UGWUNERI 1987) und freie Radikale zu produzieren, welche wiederum Chromophore (Verfär-

bungen) durch Oxidation in farblose Moleküle umwandeln (MC EVOY 1989).

Auf Grund der unterschiedlich hohen Konzentrationen an freigesetztem Wasserstoffperoxid in den verschiedenen kommerziellen Produkten ergeben sich verschiedene Bleichtechniken, die zwangsläufig in der empfohlenen Applikationszeit variieren. Bei der «home-bleaching»-Technik wird eine für den Patienten individuell hergestellte Tiefziehschiene mit dem Bleichmittel (10 oder 15%iges Carbamidperoxid) bestückt (HAYWOOD & HEYMANN 1989) und zu Hause angewendet. Diese Schiene trägt der Patient solange nachts für jeweils acht Stunden, bis der gewünschte Bleicheffekt eingetreten ist. Eine weitere Möglichkeit bietet die «in-office»-Technik, die in der Regel die Anwendung eines 35%iges Hydrogenperoxids erfordert, das der Zahnarzt in der Praxis auf die zu bleichenden Zähne aufträgt und für etwa 15 Minuten einwirken lässt (evtl. Aktivierung mit Licht). Dieser Vorgang wird mehrmals bis zum Erreichen der gewünschten Zahnelligkeit wiederholt. Eine Alternative zu diesen bewährten Techniken stellen die in den USA bereits zugelassenen «over-the-counter»-Produkte dar. Sie können vom Anwender frei im Handel erworben und bei Bedarf ohne professionelle Anleitung benutzt werden. Bei einem neu im Handel erhältlichen Bleichsystem handelt es sich um Streifen, welche auf die zu bleichende Zahnreihe aufgelegt werden und mit 5,3%igem Hydrogenperoxid beschichtet sind. Die Herstellung einer individuellen Trägerschiene ist hierfür nicht erforderlich (so genanntes «trayless delivery system»). In Deutschland kann dieses Produkt unter dem Namen *blend-a-med Whitestrips™* über den Dentalfachhandel erworben werden.

Die Wirksamkeit, Sicherheit und Verträglichkeit vieler Bleichprodukte wurde in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen (HAYWOOD & HEYMANN 1989, HAYWOOD et al. 1991). Es finden sich aber auch Literaturstellen, in denen über negative Auswirkungen auf benachbartes parodontales und endodontisches Gewebe (ROTSTEIN et al. 1991, NATHANSON 1997) und die Möglichkeit der Veränderung der Schmelzoberfläche (BITTER & SANDERS 1993, LEONARD et al. 2001a, LOPES et al. 2002) berichtet wird.

Viele Studien zur Effektivität von verschiedenen Bleichmitteln untersuchten den Aufhellungseffekt (in Farbstufen ausgedrückt) nach einer definierten Anzahl von Applikationszyklen (LEONARD et al. 1998, HEGEDÜS et al. 1999). In der Praxis besteht jedoch ein grosses Interesse daran, mit welchem Zeitaufwand bei den verschiedenen Bleichtechniken eine definierte Aufhellung zu erreichen ist.

Somit war es Ziel dieser Studie, den unterschiedlichen Zeitbedarf von zwei etablierten sowie einem völlig neuartigen Bleichmittel zur Erlangung eines definierten Aufhellungseffektes zu bestimmen und miteinander zu vergleichen. Zusätzlich wurden die Proben nach der Aufhellungsprozedur unter dem Rasterelektronenmikroskop auf mögliche Oberflächenveränderungen untersucht.

## Materialien und Methoden

### Helligkeitsbestimmung

Die Bestimmung des Aufhellungseffektes nach klassischem Muster mit der nach Helligkeit geordneten Farbskala erfolgte in Anlehnung an zahlreiche frühere Studien zur Bleichbehandlung von Zähnen (LEONARD et al. 1998, ATTIN & BURGMAIER 2001, LEONARD et al. 2001b). Die Helligkeitsbeurteilung erfolgte zu allen Zeitpunkten unter standardisierten Bedingungen. Verschiedene Farbmessgeräte, die im Rahmen von Vorversuchen getestet wurden, um die Farbnahme im Hauptversuch zu objektivieren, erwiesen sich in ihren Farbvorschlägen zwar als reproduzierbar, in der Farbbeurteilung aber als nicht exakt kalibriert. So ermittelten die benutzten Messgeräte trotz optimierter Bildnahme in einer eigenen Kalibrierungsreihe nicht die Farben der aufgenommenen Zähne des Farbringings VITAPAN classical (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland). Aus diesem Grunde wurde auf eine Auswertung der Ergebnisse unter Einbeziehung elektrischer Farbmessgeräte verzichtet.

### Kalibrierung des unabhängigen Untersuchers

Um eine Beeinflussung der Helligkeitsbeurteilung durch die Umgebung zu vermeiden und reproduzierbare Werte zu erhalten, wurden die feuchten Zähne standardisiert bei einer Beleuchtung von 5500 Kelvin beurteilt und die Umgebung mit einem grauen Tuch abgeschirmt. Die Kalibrierung des unabhängigen Untersuchungszahnarztes erfolgte, indem zunächst die Codes der 16 Farbmusterzähne des Farbringings abgeklebt und somit unkenntlich gemacht wurden und danach einem zweiten Farbring wieder nach Helligkeit zugeordnet werden mussten. Diese Überprüfung der Helligkeitsunterscheidung wurde an drei verschiedenen Tagen durchgeführt. Alle Farbmuster wurden von dem Untersucher richtig zugeordnet.

### Bleichprozedur

Frisch extrahierte, bleibende Frontzähne (mittlere und seitliche Incisivi), welche keine kariösen Läsionen und keine Füllungen im Schmelzbereich und somit eine intakte Schmelzoberfläche aufwiesen, wurden für diese Studie ausgewählt. Die Extraktion der Zähne, die alle eine positive Sensibilitätsprobe aufwiesen, erfolgte aus parodontalen Gründen. Zur Vermeidung der Dehydratation wurden die Zähne nach der Extraktion abgewaschen und in 0,1%igem Thymol bis zur weiteren Verwendung gelagert. Nach einer Zahnreinigung mit Poliergummi und Polierpaste, in der jegliche extrinsische Verfärbungen entfernt wurden (WRBAS & KIELBASSA 2000), wurde die Zahnelligkeit von einem unabhängigen Untersucher an drei verschiedenen Tagen unter gleichen Bedingungen mit einem Farbring VITAPAN classical (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) bestimmt (CIBIRKA et al. 1999, PARAVINA et al. 2001) (Abb. 1). Zur Durchführung der Versuchsreihe wurden 24 Zähne ausgewählt, die bei der Helligkeitsbestimmung an den drei Tagen eindeutig der Farbe A4 zu-

VITA-Farbe	B1	A1	B2	D2	A2	C1	C2	D4	A3	D3	B3	A3,5	B4	C3	A4	C4
Helligkeits-Stufen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Hell ←—————→ Dunkel															

Abb. 1 Nach Helligkeit geordnete Farbskala des VITAPAN classical (nach Herstellerangabe)

Tab. 1 Testprodukte

Produkt	Wirkstoff	Konz. (%)	Bleichmethode	pH	Anwendungszeit pro Zyklus	Hersteller
Illuminé™ home	Carbamidperoxid	10% (=3,6% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	«home»	6,0	8 Stunden	DENTSPLY DeTrey
Whitestrips™	Hydrogenperoxid	5,3% (=5,3% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	«over the counter»	5,8	30 Minuten	Procter & Gamble
Opalescence® Xtra™	Hydrogenperoxid	35% (=35% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	«in-office»	4,5	15 Minuten	Ultradent

geordnet wurden. Diese wurden randomisiert in drei Gruppen (A–C) von jeweils acht Zähnen eingeteilt und mit den Wurzeln bis 3 mm unterhalb der Schmelzzementgrenze in Gipsblöcke eingebettet. Die Zähne der Gruppe A wurden mit dem Produkt Illuminé™ home (10%iges Carbamidperoxid; Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) entsprechend der «home-bleaching»-Methode, die Zähne der Gruppe B mit Whitestrips™ (5,3%iges Hydrogenperoxid; Procter & Gamble Technical Center Ltd., Egham, United Kingdom) als Repräsentant der so genannten «over-the-counter»-Methode und die Zähne der Gruppe C mit Opalescence® Xtra™ (35%iges Hydrogenperoxid; Ultradent Product Inc., South Jordan, Utah, USA) entsprechend der «in-office»-Methode behandelt. Die Zusammensetzung sowie die Anwendungszeiten (gemäss Herstellerangaben) der einzelnen Produkte sind in Tabelle I dargestellt. Die Einwirkzeit von Illuminé™ home betrug acht Stunden, von Whitestrips™ 30 Minuten und von Opalescence® Xtra™ 15 Minuten pro Zyklus.

Um Vergleichsdaten für die spätere rasterelektronen-mikroskopische Untersuchung zu erhalten, wurde das jeweilige Bleichmedium nur auf die distolabiale Hälfte des Zahnes aufgetragen. Die obere mesiolabiale Fläche eines jeden Zahnes diente als positive Kontrolle. Dazu wurde der Schmelz nach Abschluss der Bleichbehandlung für 30 Sekunden mit 37%iger Orthophosphorsäure («Total Etch®», Vivadent, Schaan, Liechtenstein) geätzt. Die untere mesiolabiale Schmelzfläche blieb unbehandelt und stellte die negative Kontrolle dar (Abb. 2). Nach Applikation des jeweiligen Produktes wurde der Zahn horizontal liegend in einem Behältnis so gelagert, dass nur die orale Fläche mit 0,1%igem Thymol benetzt wurde und somit ein Austrocknen des Zahnes verhindert wurde (Abb. 3). Nach jedem Bleichintervall wurde der Zahn durch Abspülen mit der Thymol-Lösung sorgfältig vom Bleichmittel gereinigt und danach vollständig in 0,1%igem Thymol zwischengelagert. Es wurde darauf geachtet, dass die Kontrollflächen dabei nicht mit Bleich-

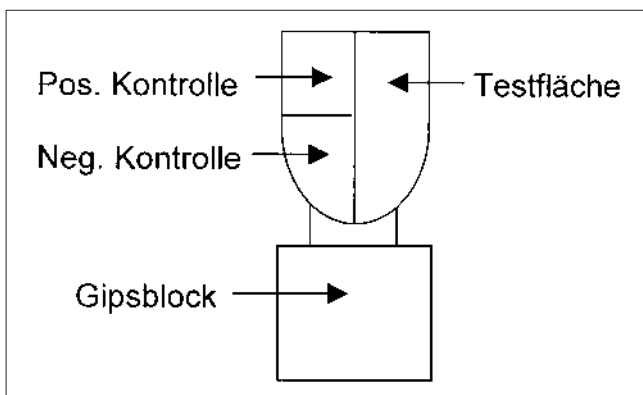


Abb. 2 Schematische Darstellung der Aufteilung der Labialfläche in Test- und Kontrollflächen eines zu bleichenden Zahnes

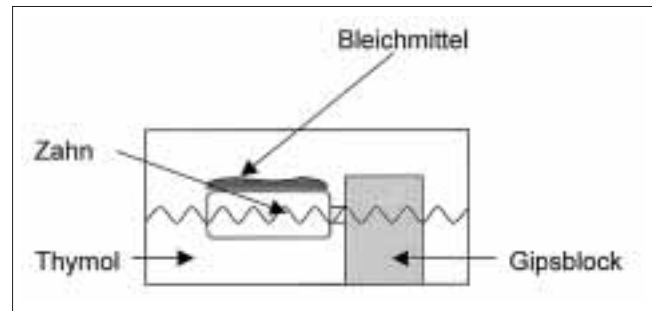


Abb. 3 Schematische Darstellung der Lagerung der Zähne nach Applikation des Bleichmittels

mitteln kontaminiert wurden. Die Lagerung erfolgte ausser während der Applikation der Bleichprodukte in einem Wärmeschrank (UE 200, Memmert, Schwabach, Germany) bei 37 °C. Die Lagerflüssigkeit wurde täglich gewechselt. Der Bleichprozess und die Farbbestimmung wurden solange täglich wiederholt, bis eine definierte Aufhellung von sechs Stufen (von A4 auf A3) durch den unabhängigen Untersucher festgestellt wurde.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS 10.0.5. Dazu wurden die Mittelwerte der benötigten Bleichzyklen der jeweils acht Zähne pro Gruppe ermittelt und die entsprechende Zeit in Minuten umgerechnet. Da sich bei der ANOVA (analysis of variance) signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ergaben, erfolgte ein statistischer Vergleich der Gruppen mittels ungepaarter t-Tests. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt und nochmals in  $p < 0,01$  (hoch signifikant) und  $p < 0,001$  (höchst signifikant) differenziert.

#### REM-Untersuchung

Für die Untersuchung unter dem Rasterelektronenmikroskop (DSM 950, Carl Zeiss, Oberkochen, Deutschland) wurden die behandelten Zähne über einen Zeitraum von 24 Stunden getrocknet und mit Gold-Palladium gesputtert (SCD 050, BAL-TEC, Balzers, Liechtenstein). Von den drei zu bewertenden Flächen eines jeden Zahnes (gebleichte Fläche, negative und positive Kontrolle) wurden rasterelektronen-mikroskopische Aufnahmen bei 200 und 2000facher Vergrösserung angefertigt.

#### Resultate

Die zur Aufhellung um sechs Farbstufen benötigte Anzahl an Bleichzyklen bzw. die entsprechende Zeit in Minuten sind in Abbildung 4 und 5 dargestellt. Für Gruppe A (Illuminé™) wurden durchschnittlich  $6,88 \pm 0,74$  Bleichzyklen benötigt, für Gruppe B (Whitestrips™)  $36,25 \pm 3,23$  Zyklen und für Gruppe C (Opalescence® Xtra™)  $4,25 \pm 0,41$  Zyklen. Dies entspricht einer

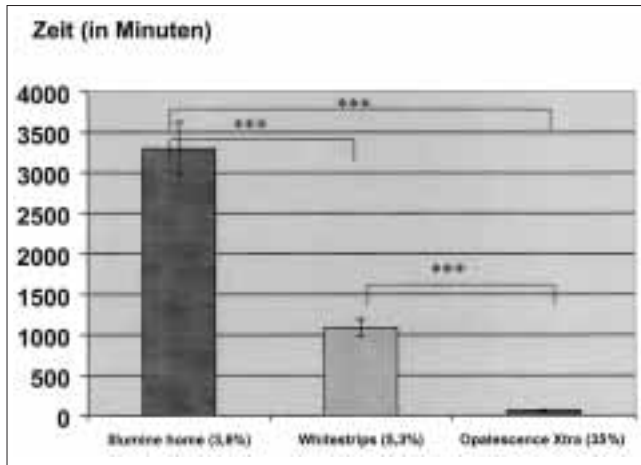


Abb. 4 Durchschnittliche Anzahl an Minuten zur Aufhellung von Zahnfarbe A4 nach A3 bei den drei Produkten [\*\*\*: höchst signifikant unterschiedlich ( $p < 0,001$ )]

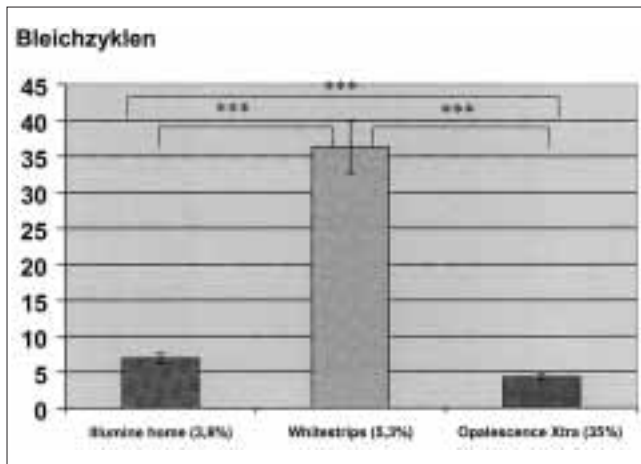


Abb. 5 Durchschnittliche Anzahl an Zyklen zur Aufhellung von Zahnfarbe A4 nach A3 bei den drei Produkten [\*\*\*: höchst signifikant unterschiedlich ( $p < 0,001$ )]

effektiven mittleren Einwirkzeit der Produkte von 3300 Minuten bei Gruppe A, von 1087 Minuten bei Gruppe B und von 63,75 Minuten bei Gruppe C.

In den Abbildungen 6–8 sind rasterelektronen-mikroskopische Aufnahmen der drei untersuchten Flächen eines Zahnes bei den jeweiligen Behandlungsmethoden dargestellt. In jeder Gruppe wurde der Zahn ausgewählt, bei dem die meisten Bleichzyklen durchgeführt wurden. Die Bilder der Schmelzproben (Abb. 6a, 7a und 8a) lassen keinerlei Oberflächenveränderungen nach Behandlung mit 10%igem Carbamidperoxid, 5,3%igem Hydrogenperoxid und 35%igem Hydrogenperoxid vergleichen mit der negativen Kontrollfläche erkennen (Abb. 6b, 7b, 8b). Die Schmelzflächen, welche als positive Kontrolle dienten und mit 37%iger Phosphorsäure behandelt wurden, zeigten erwartungsgemäss ausgedehnte Oberflächenveränderungen (Abb. 6c, 7c, 8c) im Sinne unterschiedlich ausgeprägter Ätzmuster.

### Diskussion

Im ersten Teil der vorliegenden Studie wurden die Zeitintervalle bestimmt, welche drei verschiedene Bleichtechniken benötig-

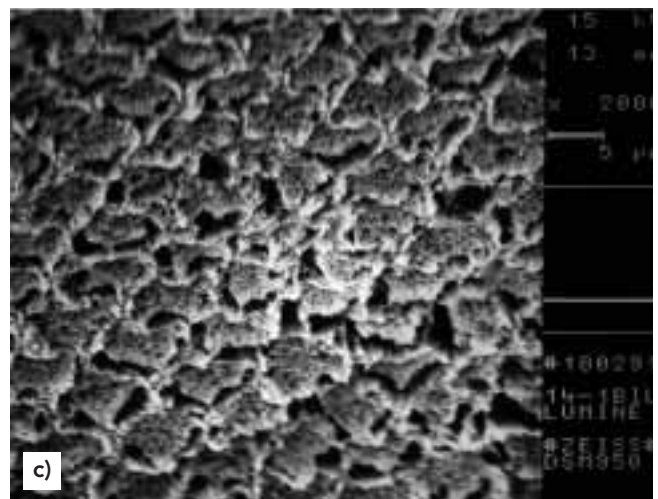
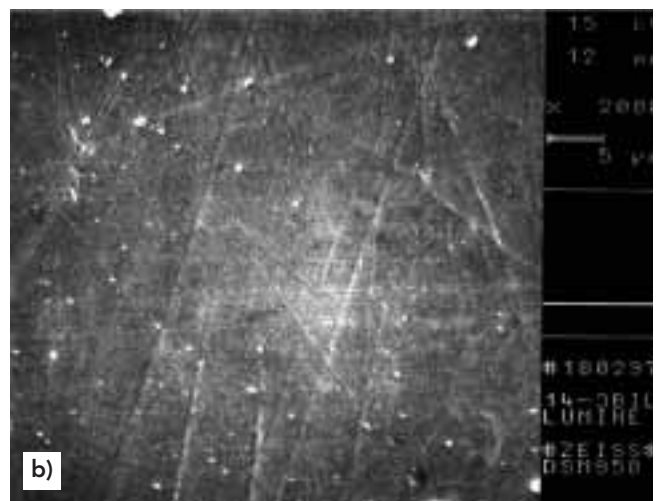
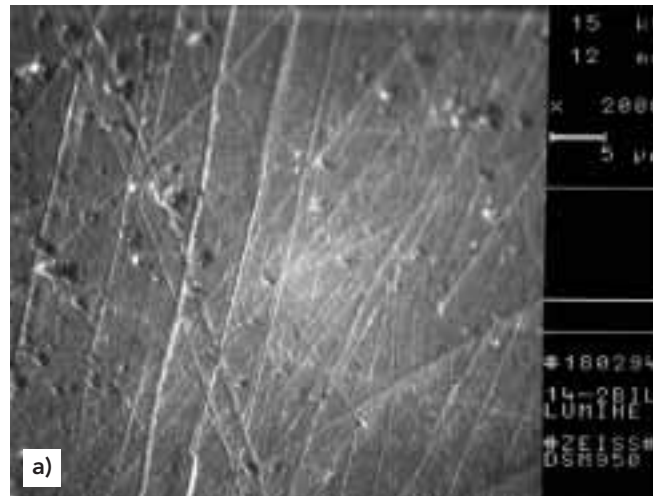


Abb. 6 REM-Aufnahmen (2000fache Vergrösserung) einer a) mit Illuminé™ home gebleichten Zahnfläche, b) negativen (unbehandelten) Kontrollfläche, c) positiven Kontrollfläche nach 30 Sekunden Ätzung mit 37%iger Orthophosphorsäure

ten, um Zähne der Ausgangsfarbe A4 um sechs Helligkeitsstufen auf A3 aufzuhellen. Im zweiten Teil wurde mit Hilfe eines Rasterelektronenmikroskopes die Oberfläche der behandelten Zähne auf mögliche Veränderungen untersucht.

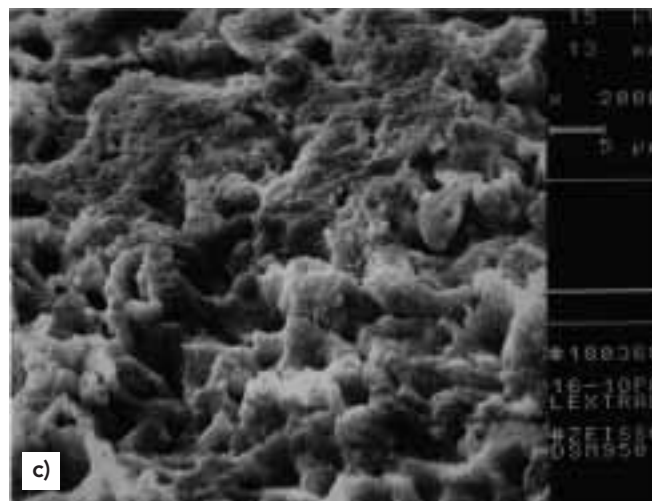
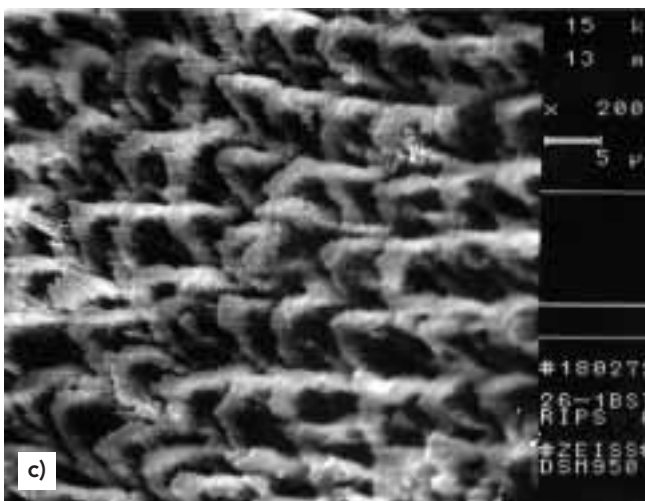
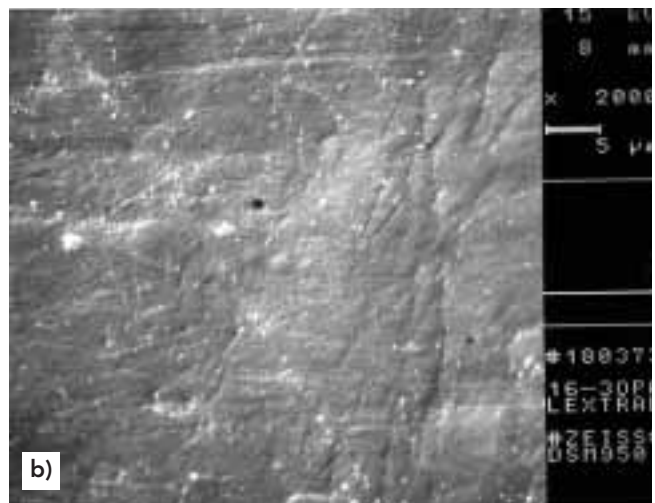
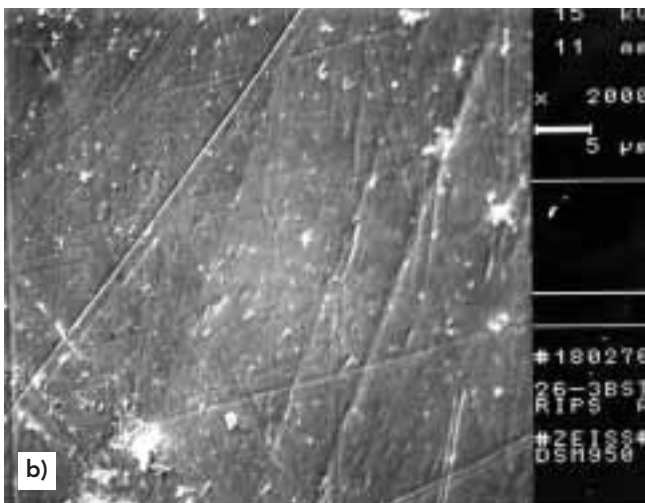
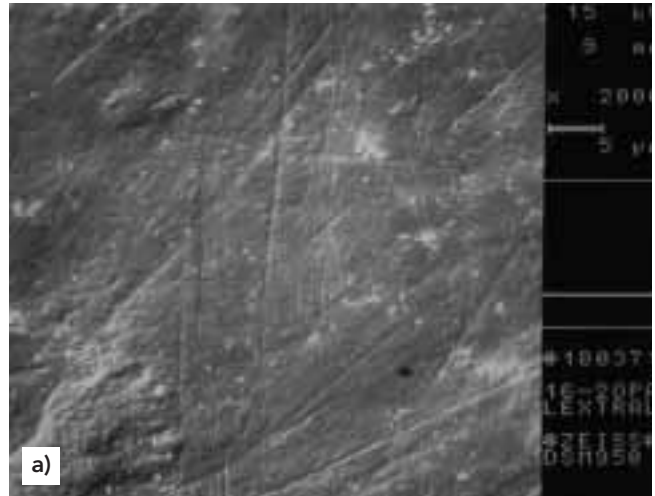
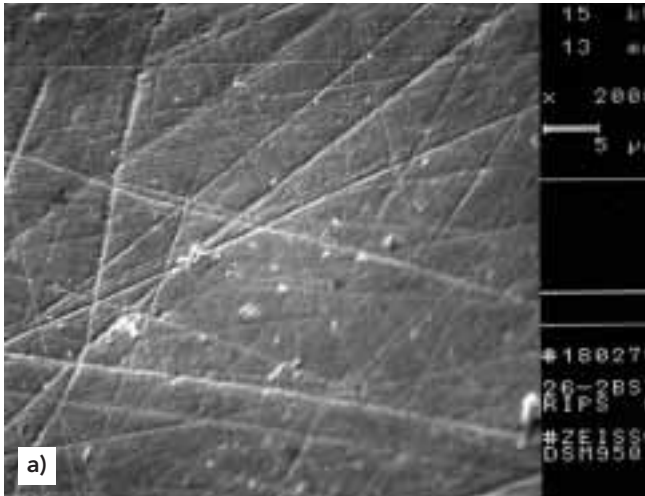


Abb. 7 REM-Aufnahme (2000fache Vergrößerung) einer a) mit Whitestrips™ gebleichten Zahnfläche, b) negativen (unbehandelten) Kontrollfläche, c) positiven Kontrollfläche nach 30 Sekunden Ätzung mit 37%iger Orthophosphorsäure

Abb. 8 REM-Aufnahme (2000fache Vergrößerung) einer a) mit Opalescence® Xtra™ gebleichten Zahnfläche, b) negativen (unbehandelten) Kontrollfläche, c) positiven Kontrollfläche nach 30 Sekunden Ätzung mit 37%iger Orthophosphorsäure

Das Studiendesign wurde in Anlehnung an die praktische Situation entwickelt, bei der ein Patient meist nicht eine Zeitvorgabe sondern eine bestimmte «Endhelligkeit» als Ziel hat. Zum

Aufhellen von Zähnen werden von den Herstellern Richtzeiten empfohlen, bei denen ein Aufhellungseffekt erzielt werden kann, was auch in zahlreichen Studien nachgewiesen werden

konnte (LEONARD et al. 1998). Angesichts der immer zahlreicher auf dem Markt angebotenen Produkte und der damit verbundenen Bleichtechniken stellt sich für den Patienten und den Zahnarzt aber die Frage, welche Zeiten bzw. welcher organisatorische Aufwand mit den einzelnen Produkten zum Erzielen einer bestimmten Aufhellung verbunden sind. Die Methode in der vorliegenden Studie bietet daher einen Zeitvergleich bei Anwendung unterschiedlicher Bleichtechniken.

Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen eine Abhängigkeit von Dosis und Zeit, wobei kein proportionaler Effekt erkennbar ist. LEONARD et al. 1998 stellten fest, dass ein Bleichmittel mit 16% Carbamidperoxid eine Aufhellung um zwei Stufen schneller erreichen konnte als ein 5 bzw. 10%iges Bleichmittel. Auch dort zeigte sich, dass niedrig konzentrierte Bleichmittel prinzipiell den gleichen Aufhellungseffekt erzielen können wie höher konzentrierte, jedoch verbunden mit längeren Einwirkzeiten.

Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung scheint logisch zu sein, da mehr freies  $H_2O_2$  (egal, ob es aus Carbamidperoxid oder anderen Verbindungen freigesetzt wird) auch mehr Oxidations- und damit Entfärbeprozesse einleiten kann. Allerdings konnte in der vorliegenden Studie keine lineare Beziehung festgestellt werden. Es zeigte sich, dass bei einer etwa 1,5fach höheren Konzentration an  $H_2O_2$  in den Whitestrips™ (5,3%) gegenüber Illuminé™ home (3,6% freierwerdendes  $H_2O_2$ ) nur ein Drittel der Zeit zum Erreichen des gleichen Aufhellungseffektes benötigt wurde. Bei einer etwa 10fachen Konzentration in Opalescence® Xtra™ (35%) ergab sich eine Zeitersparnis um etwa das 50fache. Sicherlich sollten solche *In-vitro*-Ergebnisse nicht ohne Vorbehalt auf die *In-vivo*-Situation übertragen werden. Die Applikationszeiten deuten aber darauf hin, dass mit dem 35%igen Bleichmittel bereits nach 5-mal 15 Minuten der erwünschte Effekt erreicht wurde. In der Praxis könnte dies in ein bis zwei Sitzungen erfolgen. Bis zum Erreichen der gleichen Aufhellung sollte bei Anwendung eines 10%igen Carbamidperoxids (3,6%  $H_2O_2$ ) eine Schiene etwa siebenmal für jeweils acht Stunden getragen werden, der gewünschte Bleicheffekt würde sich somit erst nach ca. einer Woche einstellen. Die Anwendung von Whitestrips™ würde bei der empfohlenen zweimal täglichen Benutzung eine Applikationszeit von etwa drei Wochen in Anspruch nehmen. Inwieweit solche Applikationsfrequenzen bezüglich Patientenkomfort, aber auch wegen möglicherweise auftretender Überempfindlichkeiten überhaupt sinnvoll sind, kann allerdings nur im Rahmen einer klinischen Studie beurteilt werden.

*In-vitro*-Studien haben den Vorteil, dass bereits kleinste, durch Bleichmittel hervorgerufene Oberflächenveränderungen direkt an extrahierten Zähnen nachgewiesen werden können. Die indirekte Methode durch Abdrucknahme der gebleichten Zähne und mikroskopische Auswertung des Epoxidharzmodells (LEONARD et al. 2001a) kann zahlreiche Fehlerquellen bergen.

Daher wurden die Zähne nach Erreichen der gewünschten Aufhellung direkt im Rasterelektronenmikroskop beurteilt. Vergleichbare Studien (BITTER & SANDERS 1993, LOPES et al. 2002) untersuchten meist die Oberflächenveränderung nach einer definierten Einwirkzeit, ohne dabei die Farbveränderung zu bestimmen. Somit wurde das Verhältnis von Aufhellung zu Oberflächenveränderung nicht bestimmt und die dort festgestellten Veränderungen korrelieren nicht unbedingt mit einem bestimmten Aufhellungseffekt.

Die Resultate zeigen, dass die Schmelzoberfläche nach Erreichen der definierten Helligkeitsveränderung (A4 auf A3) bei allen getesteten Techniken bei 2000facher Vergrößerung keinerlei

Veränderungen aufwies. Dies korreliert sehr gut mit anderen Studien, die keine oder höchstens minimale Oberflächenveränderungen feststellen konnten (NATHOO & GAFFAR 1995, LOPES et al. 2002). LEONARD et al. (2001a) entdeckten bei ihrer *In-vivo*-Langzeitstudie nach 14-tägigem Bleichen mit 10%igem Carbamidperoxid durch Analyse von Abdrücken minimalste Oberflächenveränderungen im Schmelz. Sie konnten jedoch zeigen, dass sechs Monate nach Behandlungsende sich diese nicht vertieften. Im Gegensatz dazu stellte BITTER (1995) nach Bleichung mit 16 und 35%igem Carbamidperoxid massive Oberflächenveränderungen fest. Bei *In-vivo*-Studien stellt sich das Problem der Kontrollfläche. Es wird darauf hingewiesen, dass einige Furchen, welche sich bei der Bewertung der nicht behandelten Oberfläche (negative Kontrolle) zeigten, Teil der natürlichen Schmelzoberfläche zu sein scheinen (BITTER 1992, MC GUCKIN et al. 1992, HEGEDÜS et al. 1999). Die Tiefe der Penetration des Bleichmittels und die Tiefe der Furchen wurde in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Da alle 24 negativen Kontrollflächen ähnliche Oberflächenbeschaffenheiten zeigen, kann davon ausgegangen werden, dass während des Bleichvorgangs kein Testprodukt diese Oberfläche kontaminierte.

Der in unserer Studie beobachtete Effekt, dass sich die als Kontrolle dienenden Flächen (kein Kontakt mit dem Bleichmittel) in gleichem Masse aufhellten wie die gebleichten Schmelzareale, lässt auf die von anderen Autoren bereits vermuteten Penetrationsvorgänge schliessen (ARWILL et al. 1969, BOWLES & UGWUNERI 1987). Der genaue Prozess, der zu den Helligkeitsveränderungen geführt hat, wurde nicht bestimmt, da eine chemische Analyse der Schmelzoberfläche und des Produktes nicht durchgeführt wurde.

Wie bereits in früheren Studien hatte der pH-Wert offensichtlich keine Auswirkungen auf die Oberfläche (MC GUCKIN et al. 1992). Ob die Behandlung zu einer Erhöhung der Karies- oder der Erosionsanfälligkeit des Schmelzes führen kann, müsste in der *In-vivo*-Situation untersucht werden, bisher finden sich dahin gehend jedoch keine Hinweise (GANSS et al. 1997). Ebenfalls fehlen noch Studien zur Auswirkung von Bleichsubstanzen bei einer Applikation auf freiliegendes Dentin oder Zement.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie kann gefolgert werden, dass alle drei Bleichprodukte zu einer deutlichen Aufhellung um sechs Aufhellungsstufen führen. Im Rahmen dieser Anwendungszeiten können Oberflächenveränderungen durch die Bleichprozedur ausgeschlossen werden.

## Summary

AUSCHILL T M, HELLWIG E, SCHMIDALE S, HANNIG M, ARWEILER N B: **Efficacy of different bleaching techniques and their effect on enamel surface** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 112: 894–900 (2002)

The objective of this *in vitro* study was to compare three different bleaching techniques with respect to the bleaching times required to achieve six grades of whitening in human teeth, i.e. from shade A4 to A3 of the VITAPAN classical shade guide. Additionally, the enamel surfaces were analyzed by SEM after each bleaching procedure to detect potential surface changes. A total of 24 anterior teeth extracted for periodontal reasons (baseline shade A4) were randomized to three different bleaching treatments (n=8): Group A Illuminé™ home (home-bleaching technique); group B Whitestrips™ (over-the-counter technique); and group C Opalescence® Xtra™ (in-office-bleaching technique). The bleaching cycles were carried out according to the manufacturers' instructions, with one bleaching cycle taking

eight hours for product A, 30 minutes for product B, and 15 minutes for product C. The mean treatment time required to achieve a defined shade (A3) was 6.88 cycles (= 3300 minutes) in group A, 36.25 cycles (= 1087 minutes) in group B, and 4.25 cycles (= 63.75 minutes) in group C. None of the teeth studied showed detectable surface changes in the subsequent SEM (2000×) analysis of the enamel surface.

In this *in vitro* study all three techniques studied resulted in the desired tooth whitening within the recommended application time periods, and none of the three products tested created any detectable enamel surface changes.

## Résumé

L'objectif de cette étude *in vitro* était d'obtenir un blanchiment dentaire correspondant à six nuances d'éclaircissement sur le guide de couleurs VITAPAN Classical (en partant d'une coloration de départ A4 pour arriver à une teinte finale A3), au moyen de trois techniques différentes, et de comparer les durées de traitement nécessaires. Par ailleurs, les dents ainsi blanchies ont fait l'objet d'un examen au microscope à balayage électronique, afin d'identifier d'éventuelles altérations de leur émail. On a procédé par distribution aléatoire de 24 incisives, présentant une couleur originale A4, en trois groupes composés de huit dents chacun, auxquels on a appliqué trois produits différents, représentant chacun un type de méthode: Le groupe A a ainsi été traité à l'aide de Illuminé™ home (traitement ambulatoire), le groupe B à l'aide de Whitestrips™ (vente libre en pharmacie) et le groupe C à l'aide de Opalescence® Xtra™ (traitement au fauteuil). Les tests ont été effectués conformément aux indications fournies par les fabricants, concernant notamment les durées d'application (huit heures pour le produit A, 30 minutes pour le produit B et 15 minutes pour le produit C). Il s'est avéré qu'il fallait, pour parvenir à cette coloration A3, une moyenne de 6,88 cycles (3300 min) pour le groupe A, de 36,25 cycles (1087 min) pour le groupe B et de 4,25 cycles (63,75 min) pour le groupe C. Un examen au microscope à balayage électronique (grossissement de 2000 fois) n'a décelé aucune altération de l'émail des dents traitées.

Au terme de cette étude *in vitro*, les trois méthodes testées ont toutes abouti au résultat recherché, dans le cadre des durées d'application recommandées; par ailleurs, aucun des produits expérimentés n'a induit une altération de l'émail.

## Literaturverzeichnis

- ARENS D E, RICH J J, HEALY H J: A practical method of bleaching tetracycline-stained teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 34: 812–817 (1972)
- ARWILL T, MYREBERG N, SOREMARK R: Penetration of radioactive isotopes through enamel and dentin. *Odontol Rev* 20: 47–54 (1969)
- ATTIN T, BURGMAIER G M: Neues zur Zahnaufhellung mit carbamidperoxidhaltigen Gelen. *Zahnärztl Mitt* 91: 32–36 (2001)
- 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)
- BITTER N C, SANDERS J L: The effect of four bleaching agents on the enamel surface: a scanning electron microscopic study. *Quintessence Int* 24: 817–824 (1993)
- BITTER N C: Langzeiteffekt des Bleichens auf die Schmelzoberfläche. *Phillip J* 17: 197–203 (1995)
- BOWLES W H, THOMPSON L R: Vital bleaching: the effects of heat and hydrogen peroxide on pulpal enzymes. *J Endod* 12: 108–112 (1986)
- BOWLES W H, UGWUNERI Z: Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. *J Endod* 8: 375–377 (1987)
- CIBIRKA R M, MYERS M, DOWNEY M C, NELSON S K, BROWNING W D, HAWKINS I K, DICKINSON G L: Clinical study of tooth shade lightening from dentist-supervised, patient-applied treatment with two 10% carbamid peroxide gels. *J Esthet Dent* 11: 325–331 (1999)
- GANSS C, REINHARDT K, KLIMEK J: Der Einfluss einer Vitalbleichung mit Carbamidperoxid auf die Entstehung künstlich initialer Kariesläsionen und Schmelzerosionen. *Dtsch Zahnärztl Z* 52: 597–599 (1997)
- GOLDSTEIN G R, KIREMIDJIAN-SCHUMACHER L: Bleaching: is it safe and effective? *J Prosthet Dent* 69: 325–328 (1993)
- GOLDSTEIN R E, GARBER D A: Complete dental bleaching. Chicago: Quintessence (1995)
- HARLAN A W: The removal of stains caused by the administration of medicinal agents and the bleaching of pulpless teeth. *Am J Sci* 18: 521 (1884)
- HAYWOOD V B, HEYMANN H O: Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int* 20: 173–176 (1989)
- HAYWOOD V B, HOUCK V M, HEYMANN H O: Nightguard vital bleaching: Effects of various solutions on enamel surface texture and color. *Quintessence Int* 22: 775–782 (1991)
- HEGEDÜS C, BISTEY T, FLORA-NAGY E, KESZTHELYI G, JENEI A: An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface. *J Dent* 27: 509–515 (1999)
- LEONARD R H, SHARMA A, HAYWOOD V B: Use of different concentrations of carbamid peroxide for bleaching teeth: An *in vitro* study. *Quintessence Int* 29: 503–507 (1998)
- LEONARD R H, EAGLE J C, GARLAND G E, MATTHEWS K P, RUDD A L, PHILLIPS C: Nightguard vital bleaching and its effect on enamel surface morphology. *J Esthet Restor Dent* 13: 132–139 (2001a)
- LEONARD R H, BENTLEY C, EAGLE J C, GARLAND G E, KNIGHT M C, PHILLIPS C: Nightguard vital bleaching: A long-term study on efficacy, shade retention, side effects, and patients' perceptions. *J Esthet Restor Dent* 13: 357–369 (2001b)
- LOPES G C, BONISSONI L, BARATIERI L N, VIEIRA L C C, MONTEIRO S: Effect of bleaching agents on the hardness and morphology of enamel. *J Esthet Restor Dent* 14: 24–30 (2002)
- MC EVOY S A: Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth. I. Technique development. *Quintessence Int* 20: 323–328 (1989)
- MC GUCKIN R S, BABIN J F, MEYER B J: Alterations in human enamel surface morphology following vital bleaching. *J Prosthet Dent* 68: 754–760 (1992)
- NATHANSON D: Vital tooth bleaching: Sensitivity and pulpal considerations. *J Am Dent Assoc* 128: 41–44 (1997)
- NATHOO S A, GAFFAR A: Studies on dental stains induced by antibacterial agents and rational approaches for bleaching dental stains. *Adv Dent Res* 9: 462–470 (1995)
- PARAVINA R D, POWERS J M, FAY R M: Dental color standards: shade tab arrangement. *J Esthet Restor Dent* 13: 254–263 (2001)
- ROTSTEIN C D, FRIEDMAN S, MOR C, KATZNELSON J, SOMMER M, BAB I: Histological characterization of bleaching-induced external root resorptions in dogs. *J Endod* 17: 436–441 (1991)
- WRBAS K T, KIELBASSA A M: Extrinsische und intrinsische Zahnverfärbungen. *Zahnärztl Welt* 109: 246–253 (2000)