

Zahnaufhellung mit Peroxiden

Heinz Duschner

In den zm 11 vom 1. Juni diesen Jahres haben wir unseren Lesern zwei Arbeiten zum Thema Bleaching vorgestellt. Während sich die eine mit den klinischen Grundlagen des Bleachings beschäftigte, handelte die andere von der Akzeptanz des neuen „White strip-Systems“ in der niedergelassenen Praxis. Heute lesen Sie ergänzend hierzu die chemischen Grundlagen.

Harlan hat vor etwa 100 Jahren zum ersten Mal die Anwendung von Wasserstoff-Peroxid“ als Mittel zur Aufhellung von Zähnen beschrieben [Zaragoza 1984]. Seit dieser Zeit haben sich die ursprünglich selbst-konfektionierten Techniken zur Aufhellung der Zähne zu klinisch getesteten Systemen entwickelt, die zu einer deutlichen Verbesserung des ästhetischen Aussehens beitragen und – wenn überhaupt – nur geringe Nebeneffekte haben [Goldstein 1997]. Moderne Techniken vitaler Zahnaufhellung gehen auf die Pionierleistungen Ende der achtziger Jahre von Haywood und Heymann [Haywood & Heymann 1989; Darnell & Moore 1990; Haywood 1994] zurück. Die von ihnen entwickelten Verfahren wurden von den Erfindern als „nightguard vital bleaching“ beschrieben, also die Übernacht-Anwendung von Peroxid-Gelen durch den Patienten selbst, mit Hilfe formstabiler Aufbiss-Schienen. Bis heute hat sich an dieser Art der Applikation nicht viel geändert [Haywood 1997; Christensen 1997].

Derzeit unterscheidet man nach Art der Anwendung folgende Systeme:

■ Aufhellung in der zahnärztlichen Praxis (schnell aber teuer), mit hochkonzentrierten Peroxiden – dazu werden in den USA immer mehr spezialisierte so genannte „whitening clinics“ eingerichtet.

■ Applikation von Aufhellungssystemen mit Hilfe von Aufbiss-Schienen (das ursprüngliche „nightguard“ Prinzip) die von den Patienten zu Hause täglich einige Stunden getragen werden und meist Carbamid-Peroxide als Bleichmittel enthalten.

■ In den USA freiverkäufliche Bleichsysteme, die zu Hause auf warmplastisch-selbstanpassenden Schienen appliziert werden [Madray Jr. 1991].

Fotos: Duschner

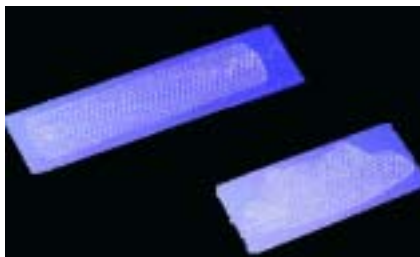


Abbildung 1: Die Streifen sind so geformt, dass sie sich sowohl dem oberen als auch dem unteren Zahnbogen optimal anpassen.

Freiverkäufliche Systeme – in den USA derzeit im Trend – bedürfen zwar praktisch keiner professionellen Überwachung, passen aber meist nicht optimal und bergen deswegen durchaus das Risiko erhöhter Peroxid-Exposition der Mundhöhle. Deswegen wurde im Rahmen einer Kooperation mehrerer Forschungsinstitute und Kliniken in den USA und in Deutschland ein hochwertiges, einfaches aber patientenfreundliches Aufhellungssystem entwickelt. Mit Hilfe eines hauchdünnen, transparenten Polyäthylenstreifens als Trägermaterial (Abbildung 1) werden die aufhellenden Wirkstoffe lediglich auf die Labialflächen des ästhetisch kritischen Frontzahnbereiches (im englischen „Smile Teeth“) aufgebracht [Gerlach 2000; Sagel et al. 2000]. Die Anwendung

von Aufhellern mit der so genannten White-strips™-Technik [Gerlach 2000; Sagel et al. 2000; Kugel 2000; Gerlach et al. 2000] bietet dabei folgende Vorteile:

■ die erzielte Aufhellungswirkung ist durchaus mit der zu vergleichen, die durch Schienenbleichen erzielt werden kann,

■ der Aufhellungsvorgang kann durch die gezielte Einwirkung auf die Labialflächen der „Smile Teeth“ in vielfacher Beziehung

besser kontrolliert werden,

■ optimale Bleichwirkung unter Verwendung weitaus geringerer Peroxid-Mengen (und auch Konzentrationen) als bei herkömmlichem Schienenbleichen,

■ dentale Restaurationen gelangen nicht unbedingt in Kontakt mit dem Aufhellern da nur die Labialflächen touchiert werden.

Die klinischen Ergebnisse vitaler Zahnaufhellung sind meist beeindruckend und überzeugen durch Effektivität und Sicherheit in der Anwendung [Goldstein 1997; Dunn 1998; Leonard Jr. 1998; Li 1998]. Im Allgemeinen werden Aufhellverfahren von den Patienten gut vertragen, Nebeneffekte, wie etwa temporäre Hypersensitivität des Dentins sowie Gingiva-Irritationen, sind selten [Leonard Jr. 1998]. Die weitverbreitete Anwendung von Aufhellern hat in den USA die „American Dental Association“ (ADA) dazu veranlasst, sowohl die Sicherheit der Anwendung als auch die Wirksamkeit von Aufhellern streng zu überwachen, wobei Grundsätze entwickelt und veröffentlicht wurden, die in den jeweiligen Zulassungsverfahren für neue Systeme strikt angewandt werden [Burrell 1997].

Entsprechend existieren umfangreiche Forschungsarbeiten über Wirkungsmechanismen von Aufhellern und im Besonderen über mögliche Nebeneffekte. Diese Untersuchungen konzentrieren sich sowohl auf die vitale Zahnhartsubstanz als auch auf dentale Restaurationen. Da sowohl Zähne als auch Restaurationen praktisch als Substrat des Bleichvorganges betrachtet werden müssen, kommt diesen Untersuchun-

gen eine ganz besondere Bedeutung zu. Dabei ist es unabdingbar, die erwünschte kosmetische Verbesserung ohne jedwede Beeinträchtigung der Physiologie und der Funktion von Zähnen und Restaurationen zu ermöglichen. Es muss darüber hinaus berücksichtigt werden, dass bei allen Aufhellungsverfahren Peroxide nicht als Reinstoffen, sondern in Gel-Matrices zur Anwendung kommen. Das sind typischerweise polyanionische Trägermaterialien, teilweise in saurem Milieu appliziert, die ebenfalls gegenüber Hart- und Weichgewebe sowie gegenüber Restaurationen unbedenklich sein müssen [Nathoo et al. 1994; White et al. 2000].

Die Beurteilung der Sicherheit und Wirksamkeit neu entwickelter Aufheller wird heute durch enorme Fortschritte auf dem Gebiet der oft aufwändigen Untersuchungsmethoden erleichtert, zum Beispiel der digital bildgebenden Verfahren zur Bestimmung von Farbänderungen, die weit sensitiver sind als das menschliche Auge [Odioso et al. 2000].

Neue mikroskopische Techniken, wie etwa die konfokale Laser Raster Mikroskopie (CLSM: siehe dazu auch ZM 91, Nr. 10. S 24 – 27 (2001)), erlauben darüber hinaus Untersuchungen von Oberflächenbeschaffenheit und Mikrostruktur von Zahnhartsubstanz und Restaurationen mit hohen lateralen Auflösungen bis in den 100 Nanometer-Bereich hinein [Duschner 2001, White et al. 2000].

Vitale Zahnaufhellung

Im Folgenden soll über Forschungsarbeiten berichtet werden, die sich mit der Anwendungssicherheit und Wirksamkeit vitaler Zahnaufhellung befassen, wobei sich die zitierten Studien im Besonderen konzentrieren auf die:

- Oberfläche von Schmelz, Dentin, Wurzelzementin, Plaque und Restaurationen,
- Mikrostruktur von tieferen Bereichen von Schmelz, koronalem Dentin und Wurzelzementin,
- Migration von Peroxiden durch Schmelz und Dentin in die Pulpa sowie Verteilung in der Pulpa.

Chemische Mechanismen der Aufhellung

Die Unbedenklichkeit vitaler Zahnaufhellung im Hinblick auf die Unversehrtheit der Zahnhartsubstanz kann zunächst aus chemischen Betrachtungen der zu Grunde liegenden chemischen Reaktionen abgeleitet werden. Die Wirkungsweise peroxid-basierter Aufheller beruht auf der Oxidation ver-

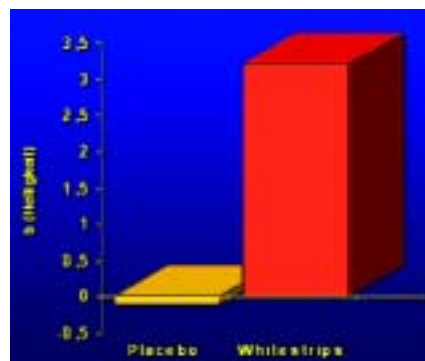


Abbildung 2: Digitale Bestimmung des Helligkeitswertes einer Schmelzprobe nach Behandlung mit dem Gel im Vergleich zu einer mit Placebo behandelten Schmelzprobe. Während beim Placebo kaum Änderungen auftreten, tritt bei den behandelten Proben eine Helligkeitszunahme von mehr als drei Einheiten auf. Dies entspricht in etwa der Zunahme, die nach Schienenbleichen im Durchschnitt erzielt werden kann.

färbter organischer Komponenten die sich im Laufe der Zeit in oder auf den Zähnen [Goldstein & Garber 1995] gebildet oder abgelagert haben. Die Verfärbungen stammen entweder von Chromogenen in Nahrungsmittel-Komponenten und/oder Tabak, oder von funktionslosen Chromogenen, die sich mit zunehmendem Lebensalter in der organischen Matrix von Schmelz beziehungsweise Dentin gebildet haben [Nathoo 1997]. Die optische Ursache dieser unerwünschten Farbveränderungen ist die Absorption von Licht an ungesättigten chemischen Doppelbindungen der Chromogene. Diese ungesättigten C=C Elektronendonator-Bindungen sind gegenüber Peroxiden äußerst instabil und zerfallen unter Zersetzung, wobei sich Alkohole, Carboxylsäuren und unter extremen Bedingungen auch Kohlendioxid und Wasser bilden können. Dabei ist es wichtig zu wissen, dass diese

Reaktionsmechanismen von Peroxiden per se in keinem Falle zu einer Schädigung (Demineralisation, Ätzung und mehr) von Schmelz beziehungsweise Dentin führen. Tatsächlich sind Peroxide gegenüber Hydroxylapatit, der mineralischen Komponente von Knochen und Zähnen, vollkommen inert. Allerdings wird gelegentlich die spezifische Wirkungsweise von Peroxiden verwechselt mit der ebenfalls aufhellenden

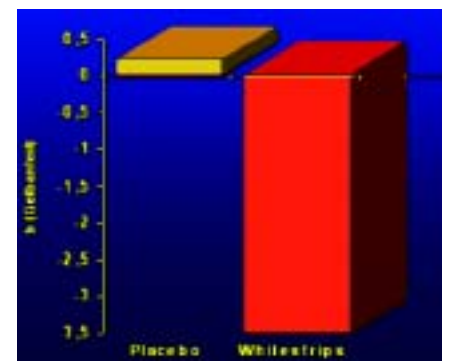


Abbildung 3: Digitale Messung des Gelbanteils einer Schmelzprobe. Der Gelbanteil im gesamten Farbspektrum entspricht dem so genannten „Gilbeffekt“ der ein besonderes ästhetisches Problem darstellt. Der gemessene negative Wert steht für eine deutliche Abnahme des Gelbtons nach der Behandlung.

Wirkung, die an Zahnoberflächen mit Abrasivstoffen beziehungsweise durch Erosion erzielt werden kann. Diese Techniken der Zahnaufhellung beruhen auf der physikalischen Entfernung von Chromogenen und bergen somit immer die Gefahr signifikanter Verletzungen der Struktur der behandelten Zahn- beziehungsweise Restaurationsoberflächen. Eine durch Demineralisation oder Ätzung erreichte Aufhellung beruht auf der dadurch verursachten Porosität der behandelten Oberflächenbereiche und der damit veränderten Lichtstreuung. In jedem Fall ist der Preis abrasiver Verfahren der Aufhellung eine partielle Zerstörung der Zahnhartsubstanz [ten Bosch & Coops 1994; Croll 1997].

Demgegenüber beeinträchtigen die genannten chemischen Reaktionsmechanismen vitaler Zahnaufhellung durch Peroxide in keiner Weise mineralische Strukturen der

Zähne. Entsprechend wird auch die mineralische Mikrostruktur dentaler Hartsubstanzen von Peroxiden nicht angegriffen. Allerdings unterscheidet sich die Wirkungsweise kommerziell angebotener Aufhellungssysteme von der reiner Peroxide, vor allem auf Grund von Zusatzstoffen und Trägermaterialien (wie Gele, pH-Puffersubstanzen). Auch deren Reaktionsmechanismen sollten soweit wie möglich verstanden werden, um Nebeneffekte mit hinreichender Sicherheit ausschließen zu können. Diese Nebeneffekte könnten zum Beispiel aus einem lokalen oxidations-bedingten pH Abfall resultieren, oder auch aus Reaktionen der Träger-substanz (thixotrope Gele auf Grundlage von Polycarbonat-Polymeren) selbst. In jedem Falle sollte berücksichtigt werden, dass auch Matrixeffekte allein zur Aufhellung von Zahnoberflächen führen können. Aufhellersysteme sollten ebenso auf eventuelle Beeinträchtigungen von Restaurationen untersucht werden, wobei hier Oberflächeneffekte sowie Beeinträchtigungen der Adhäsivkraft gegenüber Restaurationen in Betracht kommen. Nicht zuletzt sollten Aufhellersysteme auf den Grad der Peroxid-Exposition der gesamten Mundhöhle hin untersucht werden. Hier spielt sowohl die systemische Belastung mit Peroxiden eine Rolle, als auch deren Transport über das Dentin in die Pulpa.

Peroxide: Effekte auf Schmelz und Dentin

Der Etablierung der Sicherheit von Aufhellungssystemen sind weitreichende Forschungsarbeiten gewidmet [Swift Jr. 1998], die in ihrer Mehrzahl unter In-vitro-Bedingungen vorgenommen wurden. Probenvorbereitung und experimentelle Durchführung sind unter diesen Bedingungen eindeutig zu kontrollieren. Nur so können spezifische Betrachtungen zu den unterschiedlichsten Aspekten verschiedener Aufhellungssysteme miteinbezogen werden, auch unter weitgehender Variation von Gelmatrix und Wirksystemen. In-vitro-Untersuchungen folgen standardisierten Untersuchungsprotokollen und beginnen mit der Bereitstellung geeigneter extrahierter

Zahnproben. Diese werden ebenfalls unter strikt kontrollierten Laborbedingungen aufbereitet, einschließlich der Herstellung standardisiert polierter Oberflächen. Entsprechende Proben werden dann den zu testenden Peroxid-Gelsystemen exponiert. Die Kontaktzeiten mit den jeweiligen Peroxid-Gelpräparate simulieren entweder einzelne Aufhellungs-Behandlungen oder tatsächliche klinische Bedingungen wie durch systematische zyklische Expositionen, die zur Simulation von In-situ-Verhältnissen in Speichel oder künstlichem Spei-

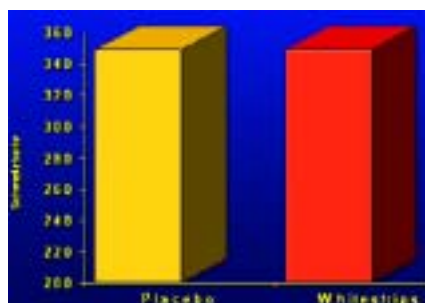


Abbildung 4: Die Mikrohärte von Schmelz nach der Behandlung mit dem Peroxid-Gelsystem unterscheidet sich praktisch nicht von der nach Behandlung mit einem Placebo-Präparat.

chel durchgeführt werden. Darüber hinaus ist es unabdingbar, als Absicherung gegen jeden möglichen voraussehbaren Missbrauch von Bleichsystemen ad libitum Dosierungen über oder weit über die empfohlenen hinaus zu untersuchen [ADA, 1998; White et al. 2001a].

Messungen der Mikrohärte von Zahnoberflächen sind äußerst sensitive Monitore um Änderungen der mineralischen Zusammensetzung sowohl auf als auch in tieferen Bereichen von Schmelz und Dentin zu bestimmen [White 1987; White & Featherstone 1992]. So können Mineralverluste bereits weit bevor sie klinische Relevanz erlangen nachgewiesen werden. Ebenso ist die Messung der Mikrohärte auch für die Beurteilung der Unbedenklichkeit von Aufhellern gegenüber Restaurationen von großer Bedeutung. Entsprechende Untersuchungen zeigten eindeutig, dass sich Aufhellungswirkstoffe passiv gegenüber Schmelz und Dentin verhalten [Murchison et al. 1992; Seghi & Denry 1992; White et

al. 2001a]. Diese Beobachtungen zeigen auch, dass (wie auf Grund der chemischen Reaktionswege nicht anders erwartet) Peroxide per se nicht in der Lage sind, mineralische Bestandteile des Zahns zu zersetzen oder anzulösen. In neueren Studien wurden nach Peroxid-Behandlungen auch Querschnittsflächen von Zahnproben untersucht, um damit eventuelle strukturelle Veränderungen in inneren Bereichen von Schmelz und Dentin abschätzen zu können [Burrell 1999; White et al. 2001a]. Auch unter diesen Bedingungen wurden durch die Einwirkung von Peroxiden keine strukturellen Veränderungen von Schmelz, koronalem Dentin und Wurzeldentin festgestellt. Häufig wird Elektronenmikroskopie zur Untersuchung von Hartgeweboberflächen nach Behandlung mit Aufhellern eingesetzt. Trotz der enormen lateralen Auflösungen, die diese Technik bietet, konnten lediglich vernachlässigbare Effekte auf die Oberflächen-Textur von Schmelz erkannt werden [Haywood et al. 1990; Haywood et al. 1991; McGuckin et al. 1992a; Bitter & Sanders 1993; Shannon et al. 1993; Ben-Amar et al. 1995; Zalkind et al. 1996; Ernst et al. 1996; Josey et al. 1996]. Falls tatsächlich Veränderungen beobachtet wurden, handelt es sich höchstens um kleinere Porositäten [McGuckin et al. 1992a; Bitter & Sanders 1993; Shannon et al. 1993; Ben-Amar et al. 1995; Ernst et al. 1996; Josey et al. 1996]. Bei diesen durchaus möglichen Nebeneffekten des Aufhellungsvorganges kann davon ausgegangen werden, dass sie durch Prophylaxe beziehungsweise Speichel-Remineralisation schnell wieder verschwinden.

In neueren Studien wurden äußerst aufwändige instrumentell-analytische beziehungsweise mikroskopische Techniken zur Untersuchung von Bleicheffekten angewandt. So wurde zum Beispiel im Rahmen einer Kooperation zwischen Procter & Gamble und dem Labor des Autors in einem neuen System die sichere Anwendung der verwendeten Aufheller-Substanzen untersucht, und zwar im Hinblick auf Schmelz, koronales Dentin und Wurzeldentin [White et al. 2000; White et al. 2001a; White et al. 2002a]. In einem speziell dafür entwickelten

Versuchsprotokoll wurde der Grad der Aufhellung von Schmelz und Dentin nach Behandlung mit einem objektiven, digitalen Verfahren der spektrophotometrischen Bildanalyse bestimmt, zusätzlich die Mikrohärtigkeit und Oberflächen-Textur mit Elektronenmikroskopie. Zur weitergehenden Untersuchung der Ultrastruktur wurde ein innovatives Verfahren der dreidimensional abbildenden konfokalen Laser Raster Mikroskopie (CLSM) angewandt, das artefaktfreie mikroskopisch-tomographische Untersuchungen der Mikrostruktur natürlich feuchter Zahn-

proben erlaubt. Die in den Abbildungen 2 bis 7 zusammengefassten Ergebnisse unterstreichen sowohl die Effektivität der Farbaufhellung als auch die Unbedenklichkeit der Anwendung der in den *blend a med Whitestrips™* verwendeten Wirkstoffe. Die gleichzeitig durchgeführte Verifizierung der aufhellenden Wirkung (durch digitale Messung der Farbunterschiede) ist auf dem Gebiet der Untersuchung der Bleichwirkung neu (Abbildungen 2 und 3). Dies

sollte für entsprechende Studien allerdings ein „muss“ sein, da einige Aufhellungssysteme (im Besonderen mit Carbamid-Peroxid) wenig oder nur vernachlässigbare Bleichwirkung zeigen, wenn sie, wie in vielen In-vitro-Tests geschehen, in Abwesenheit von Wasser (das als Aktivator wirkt) angewandt werden. Unter diesen Bedingungen wurden erstmalig Effekte von Aufhellungswirkstoffen im Bereich von Wurzel-dentin untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, dass durch die Behandlung mit den getesteten Wirkstoffen die oberflächliche Schmierschicht erhalten bleibt, ein wichtiger Beitrag zur Vermeidung von Hypersensitivität, wie sie gelegentlich nach Bleichbehandlungen beobachtet wird.

Eine Reihe weiterer Untersuchungen bediente sich kombinierter experimenteller Techniken für eingehendere Untersuchungen von Bleicheffekten auf Hartgewebe. Gurgan et al. [Gurgan et al. 1997] verwendeten dafür sowohl qualitative Methoden der Bestimmung der Oberflächen-Textur

(Elektronenmikroskopie) als auch quantitative Rasterverfahren der Oberflächen-Profilometrie. Dabei konnte festgestellt werden, dass Zahnaufhellungen in keinem Falle zur Aufrauung von Hartgewebsoberflächen führten. Mit Replika-Techniken konnte bestätigt werden, dass auch verschiedene Verfahren des Schienenbleichens die Oberflächen-Textur von Schmelz nicht beeinträchtigten [Bitter 1998; Leonard Jr. et al. 2001].

Der großen Vielzahl von Studien, die den verschiedenen Aufhellungsverfahren Unbe-

nachlässigbar klein angesehen werden können. Zudem konnten in ähnlichen Studien diese erhöhten Fraktur-Indices nicht nachvollzogen werden [White et al. 2001b]. Dies hängt möglicherweise damit zusammen, dass White et al. Vorkehrungen trafen, um ein Austrocknen der Proben (unter Erhöhung des Frakturrisikos) während der Versuchsdurchführung zu verhindern. In einer beachtenswerten Studie hat Attin et al. [Attin et al. 1997] Bleicheffekte in Zusammenhang mit der Remineralisation mit Fluorid untersucht. Während unter den ange-

wandten Bedingungen der Bleichvorgang allein eine leichte Abnahme der Oberflächen-Härte von Hartgewebe verursachte, fand diese Arbeitsgruppe heraus, dass die zusätzliche Fluoridierung eine Wiedererhärtung und Remineralisation bewirkte.

Die große Vielzahl der veröffentlichten Literatur bestätigt, dass sich die Peroxid-Aufhellung per se gegenüber den mineralischen Komponenten der Zähne weitgehend passiv ver-

hält. Ohne Frage bestätigt die vorhandene Literatur, dass diese Verfahren als klinisch unbedenklich angesehen werden können. Es sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass bei kommerziellen Aufhellungsverfahren Peroxide nicht als Reinsubstanzen verwendet werden, sondern in Gel-Matrices, die durchaus deren Stabilität beziehungsweise deren Migrationsverhalten während des Aufhellvorgangs beeinflussen können. Berichte über unerwünschte Effekte vereinzelter Gel-Systeme lassen vermuten, dass sich nicht alle Formulierungen in gleichem Maße passiv gegenüber dentalen Hartgeweben und Restaurationen verhalten. Da in allen vorliegenden Verfahren und Untersuchungen im Wesentlichen nur Wasserstoff-Peroxid und Carbamid-Peroxid als wirksame Substanzen verwendet wurden, kann angenommen werden, dass die beobachteten degradativen Effekte in Zusammenhang mit der Gel-Matrix stehen müssen, besonders im Hinblick auf den pH-Wert der verwendeten Gele.

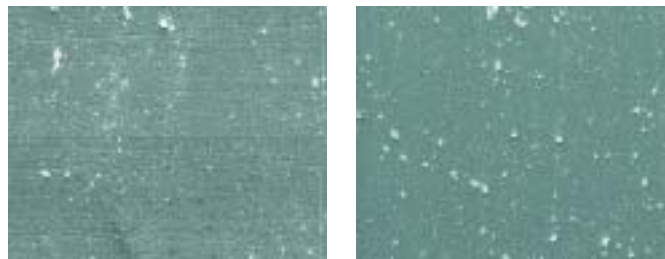


Abbildung 5: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (Vergrößerung 2000fach) einer Schmelzoberfläche vor und nach Aufhellung mit *blend a med Whitestrips™*-Wirkstoff-Gel. Es sind keine Hinweise auf eventuelle Schädigungen sichtbar. Erkennbare Ablagerungen stammen von Speichelresten. Aus White et al. [2001a]. Links: Placebo, nur mit Speichel behandelt; rechts: Mit dem Bleich-Strip behandelt.

denklichkeit bescheinigen, stehen nur ganz wenige gegenüber, die degradative Änderungen auf Grund des Bleichvorganges feststellten. Rotstein et al. [Rotstein et al. 1996] berichteten, dass die Anwendung von 35-prozentigem Carbamid-Peroxid Ätzungen und Demineralisation von Schmelz verursachte. In zwei weiteren Studien wurde gezeigt, dass sich das Abrasiv-Verhalten von gebleichtem Schmelz gegenüber ungebleichtem, wenn auch nur wenig, so doch signifikant, verschlechterte [Kalili et al. 1991; Seghi & Denry 1992]. Bei diesen Berichten sollte jedoch berücksichtigt werden, dass die Effekte tatsächlich sehr gering waren, in keinem Falle jedoch größer als die nach Konsum saurer Erfrischungsgetränke. In der gleichen Studie wurden Fraktur-Indices gebleichter Zahnproben bestimmt, wobei unter Belastung eine geringe Zunahme auftrat [Seghi & Denry 1992]. Eine genauere Betrachtung der beobachteten Effekte lässt jedoch die Annahme zu, dass sie im Hinblick auf klinische Signifikanz als ver-

Peroxid-Aufheller und die Wirkung auf Zahnersatz

Während sich der Prozess der Aufhellung naturgemäß auf Schmelz und Dentin beschränken sollte, müssen Restaurationen notgedrungen als weiteres, jedoch unerwünschtes Substrat angesehen werden. Swift [1997] und neuerdings auch Swift and Pedalgio [1998] veröffentlichten umfangreiche Übersichtsartikel über den Effekt von Bleichverfahren auf zahnärztliche Restaurationen, mit eingehenden Betrachtungen zum Aussehen, der Oberflächenstruktur und vor allem zur Beeinflussung deren Adhäsivkraft. Was die Aufhellung anbetrifft, berichteten viele der dort zitierten Autoren, dass die Farbe von Restaurationen nicht unbedingt durch Peroxide beeinträchtigt wird [Swift Jr. 1997]. Kompositfüllungen werden gelegentlich etwas heller, ein Effekt, der jedoch nur durch digitale Verfahren der Farbbestimmung festgestellt werden kann. Es sollte allerdings darauf hingewiesen werden, dass sich methacrylat-basierte temporäre Füllungen bei Kontakt mit Peroxiden leuchtend orange verfärben [Robinson et al. 1997]. Temporäre Polycarboxylat- und Bis-acryl-Füllungen verfärben sich bei Kontakt mit Peroxiden nicht und sollten entsprechend bevorzugt werden. Der Einfluss von Aufhellungsverfahren auf das Farbzusammenspiel zwischen Restaurationen und Zähnen sollte jedoch in jedem Falle bedacht werden. Insbesondere farblich genau abgestimmte Restaurationen (Kronen, Veneers) die vor vitalen Aufhellungsbehandlungen eingegliedert wurden, passen anschließend farblich natürlich nicht mehr zum Erscheinungsbild der natürlichen Zähne [Robinson et al. 1997; Swift Jr. 1998].

Der Einfluss von Peroxiden auf die Chemie und die Textur von Restaurations-Oberflächen hängt im Wesentlichen von dem jeweils verwendeten Material ab [Swift Jr. 1998]. Entsprechend werden Porzellan oder andere keramische Materialien ebenso wie Gold nicht beeinträchtigt. Composite sollten insgesamt etwas reaktiver gegenüber Peroxiden sein, trotzdem werden nur geringfügige Ätdefekte beziehungsweise eine geringfügige Abnahme der Härte nach

Behandlung beobachtet. Ionomere verhalten sich dagegen unterschiedlich. Untersuchungen mit blend a med Whitestrips™-Gelen zeigten, dass Glasionomere weitgehend unbeeinträchtigt blieben [White et al. 2002b], ein Ergebnis, das auch von Nathoo et al. [Nathoo et al. 1994] bestätigt wurde. Chemische Wechselwirkungen mit Aufheller-Wirkstoffen werden allerdings von Zementen und Amalgam-Füllungen berichtet. Gerade Amalgame zeigen im Kontakt mit entsprechenden Gelen Anzeichen oxidativer Reaktivität, wobei sich oberflächlich Flecken und Farbveränderungen bilden

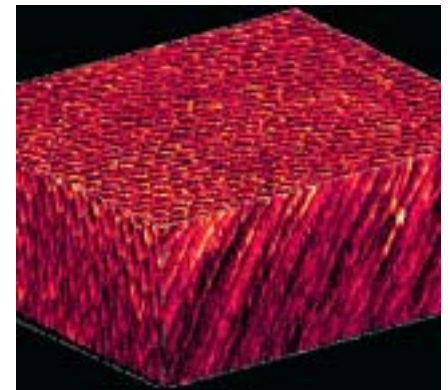
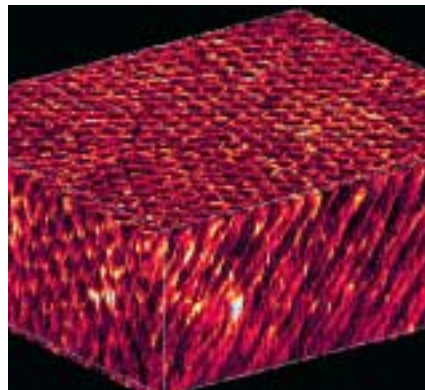


Abbildung 6: Dreidimensionale Rekonstruktion einer mikroskopischen Schmelztopographie (CLSM) vor und nach Aufhellung der Oberflächen. Die Abbildungen zeigen Bereiche, die in etwa zehn Mikrometer Tiefe unterhalb der Schmelzoberfläche beginnen. Es sind keine Änderungen der Ultrastruktur erkennbar. Aus White et al. [2000].

können [White et al. 2002b]. In weiteren Untersuchungen wurde die Freisetzung von Quecksilber in die Gasphase festgestellt, wobei nach Peroxid-Exposition Erhöhungen um einen Faktor von bis zu 30 auftraten [Hummert et al. 1993; Rotstein et al. 1997]. Allerdings gibt es keine Hinweise darauf, wie lange Amalgame nach Peroxid-Kontakt Quecksilber freisetzen, es scheint allerdings empfehlenswert zu sein, Amalgame soweit wie nur möglich nicht mit entsprechenden Wirkstoffen der Aufheller in Kontakt zu bringen. Zinkphosphat, so wurde kürzlich berichtet, sei vollkommen in Carbamid-Peroxid-Bleichgelen löslich [Christensen et al. 1991] und sollte in jedem Fall in Zusammenhang mit Zahnaufhellungen vermieden werden.

Der Einfluss von Bleichmitteln auf die Adhäsivkraft von Restaurationen wurde einge-

hend untersucht [Swift Jr. 1997; Swift Jr. 1998]. Da in jedem Falle vor einer geplanten Aufhellungsbehandlung eine Zahnsanierung durchgeführt werden sollte, konzentrieren sich die meisten Studien auf die Adhäsivkraft von Restaurationen, die nach der Zahnaufhellung eingegliedert wurden. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass direkt nach der Anwendung von Aufhellungsverfahren Adhäsivkräfte vorübergehend abnehmen [Stokes et al. 1992; McGuckin et al. 1992b; Toko & Hisamitsu 1993]. Die Ursachen dafür sind noch weitgehend unbekannt. Interessanterweise eli-

miniert die Reinigung von Oberflächen mit dehydratisierenden Chemikalien (zum Beispiel Azeton) diesen unerwünschten Effekt [Barghi & Goodwin 1994]. In jedem Falle sollte nach Zahnaufhellung mit der Eingliederung von Restaurationen ein oder zwei Wochen gewartet werden, um eine ausreichende Adhäsivkraft zu gewährleisten [Bailey & Swift 1992].

Während die Aufhellung bei Vorhandensein von Restaurationen im Labialbereich der „Smile Teeth“ wegen möglicher Farbstimmigkeiten grundsätzlich nicht empfohlen werden kann, zeigt die neuere Forschung, dass die Einbeziehung von nicht unbedingt sichtbaren Restaurationen in den Bleichprozess zu kleineren, allerdings messbaren Effekten in Bezug auf die Bondstärke führen kann [Bailey & Swift 1992; Cullen et al. 1993]. Dementsprechend soll-

ten auch solche Restaurationen Bleichverfahren nicht ausgesetzt werden. Folienverfahren bringen in dieser Beziehung Vorteile, da ein Kontakt nicht sichtbarer Restaurationen mit den Bleichwirkstoffen im Allgemeinen gar nicht zu Stande kommt.

Aufhellung mit Peroxiden – Bleichmittel und Pulpa

Derzeitige Untersuchungen zeigen deutlich, dass Wasserstoff-Peroxid durch Dentin hindurch durchaus in die Pulpa gelangen kann [Bowles & Uqwuneri 1987; Cooper et al. 1992]. Trotzdem ist die Schädigung der Pulpa in Zusammenhang mit der Aufhellung von Zähnen praktisch vernachlässigbar [Bowles & Thompsan 1986], zudem sind beobachtete Schädigungen meist auf die Anwendung von Wärme während des Bleichvorgangs zurückzuführen. Bowles et al. [Bowles & Thompsan 1986] zeigten, dass die Enzyme der Pulpa gegenüber Bleichmitteln sehr empfindlich sind, womit mögliche pathologische Effekte des Bleichens auf das Pulpa-Gewebe erklärt werden könnten. Es sollte allerdings berücksichtigt werden, dass die Wasserstoff-Peroxid-Konzentrationen, die zu Enzyminhibierung führen könnten, etwa 1000- bis 10000fach höher sein müssen, als die nach Migration aus Bleichmitteln selbst unter ungünstigsten In-vitro-Bedingungen zu erwartenden. In neueren Studien haben White et al. bestätigt, dass die Migration von Peroxiden aus den Wirkstoffen des Aufhellungsstreifens weit unter dem Konzentrationswert bleibt, der zu einer Pulpa-Schädigung führen könnte [White et al. 2002c]. Diese Ergebnisse erklären auch die exzellente Verträglichkeit in klinischen Studien [Gerlach 2000; Gerlach et al. 2000].

Schlussfolgerungen

Sowohl detaillierte experimentelle Studien als auch klinische Erfahrungen bestätigen

die gute Verträglichkeit von Verfahren der vitalen Aufhellung von Zähnen. Die Reaktivität der aktiven Wirkstoffe konzentriert sich auf endogene und exogene Quellen von Verfärbungen – zum Beispiel aus der Nahrung, oder durch nicht-funktionale altersbedingt entstehende Chromogene in den organischen Zahnmatrices. Die Aufhellung der Zähne per se scheint weder Schmelz noch koronales Dentin zu beeinträchtigen, ebenso wenig scheint die Schmierschicht auf freiliegendem Wurzeldentin angegriffen zu werden. Durch Aufhellungsverfahren werden auch Restaurationen kaum beein-

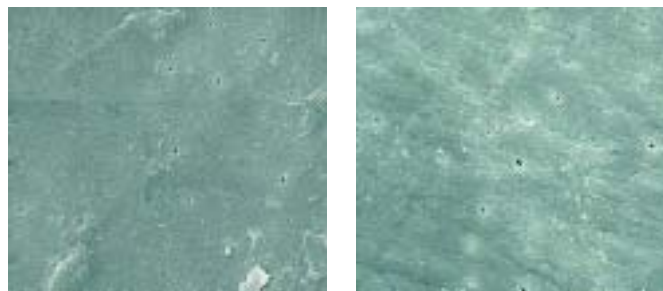


Abbildung 7: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (Vergrößerung 2000fach) einer Dentinoberfläche vor und nach Aufhellung mit blend a med Whitestrips™. Der Bleichvorgang führt nicht zur Freilegung von Dentintubuli. Aus White et al. [2002a]. Links: Placebo, nur mit Speichel behandelt; rechts: Mit dem Bleich-Strip behandelt

trächtigt, trotzdem sollte zur Vorsicht geraten werden, wenn entsprechende Behandlungen direkt nach Anwendung von Verfahren der Zahnaufhellung geplant sind. Die Behandlungsplanung sollte auch berücksichtigen, dass die Farbanpassung neuer Restaurationen sich an bereits aufgehellten Zähnen orientieren sollte.

In-vitro-Studien zeigten, allerdings unter Bedingungen einer deutlichen Überdosierung, dass Bleichprozesse Quecksilber aus Amalgam-Füllungen freisetzen können, jedoch sollte der dadurch in der Mundhöhle verursachte additive Quecksilber-Dampfdruck nicht ausreichen, ein klinisch relevantes Zusatzrisiko zu verursachen. Es scheint allerdings ratsam zu sein, mögliche Kontakte zwischen Amalgamfüllungen und Bleichmitteln auf ein Minimum zu beschränken.

Die neuere Literatur gibt keine Hinweise darauf, dass bei sachgemäßer Anwendung

Aufhellungssysteme die Vitalität von Zähnen beeinträchtigen könnten, da mögliche Konzentrationen der verwendeten Wirkstoffe in der Pulpa weit vom Risikobereich für Schädigungen entfernt sind.

Trotz einer Vielzahl von Untersuchungen, welche die Anwendung von Aufhellungsgelen als unbedenklich erscheinen lassen, gibt es Studien, aus denen ein gewisses Risiko der Anwendung abzuleiten ist, im Besonderen dann, wenn es sich um nicht adäquate Formulierungen handelt. Hauptbedenken gelten dem pH-Wert und der Puffer-Zusammensetzung der verwendeten Gele, ebenso

einer unangebracht großen Menge und/oder Konzentration der jeweiligen Peroxide. Diese sind bei der Folienaufhellung in jedem Falle niedriger als bei schienengetragenen Techniken, das verwendete Gel ist nahezu pH-neutral.

Die vorhandene Literatur bestätigt ohne Frage, dass moderne Aufhellungssysteme, im Besonderen wenn Sie nach den Vorschriften der Hersteller angewandt werden, als klinisch unbedenklich angesehen werden können.

Neu auf den Markt kommende verbesserte Aufhellungssysteme erfordern jedoch in jedem Fall die strikte Einhaltung der Passivität gegenüber Hartgewebe. Das neue System der blend a med Whitestrips™ bietet darüber hinaus den Vorteil, dass nur solche Bereiche der labialen Zahnflächen mit aufhellenden Wirkstoffen in Kontakt kommen, die tatsächlich sichtbar sind, die so genannten „Smile Teeth“. Entsprechend ermöglicht die Anwendung auf Folien, dass im Gegensatz zum Schienenbleichen andere Zahnflächen mit dem Wirkstoff erst gar nicht in Kontakt kommen.

*Prof. Dr. Heinz Duschner
Johannes Gutenberg-Universität
Fachbereich Medizin
Angewandte Struktur und Mikroanalytik
Obere Zahlbacher Str. 63
55101 Mainz*