

Gutachten zum Thema: „Bleichen von Zähnen“

Prof. Dr. med. dent. Thomas Attin

Direktor der Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie

Universität Zürich

Das Gutachten orientiert sich an den im Schreiben vom 27. Juni 2007 genannten und in einem späteren Telefonat bestätigten acht Fragen. Die Beantwortungen der folgenden Fragen beziehen sich auf externe Bleichtherapien, die i.d.R. mit Wasserstoffperoxid-haltigen oder Wasserstoffperoxid-abspaltenden Substanzen (z.B. Carbamidperoxid) in Form von Gelen durchgeführt werden. Diese Gele können direkt in der Zahnarztpraxis („in-office-bleaching“) oder in Form von Schienen, Folien oder Lacken vom Patienten zuhause („home-bleaching“) eingesetzt werden. Als hochkonzentrierte Präparate gelten Anwendungen mit 30-35% Carbamidperoxid bzw. Peroxid, die beim „in-office-bleaching“ zum Einsatz kommen. Niedrigkonzentrierte Präparate verfügen i.d.R. über 10% Carbamidperoxid (teilweise bis zu 22%) bzw. bis zu 6.5% Peroxid als Bleichagens und finden beim „home-bleaching“ Anwendung.

Einflüsse von internen Bleichtherapien, wie z.B. der „walking-bleach“-Technik, sind nicht im folgenden Gutachten berücksichtigt. Da diese Bleichtherapie zunächst ein Eröffnen des Pulpakavums, d.h. einen zahnärztlichen Eingriff voraussetzt, ist davon auszugehen, dass die nachfolgenden Fragen nicht auf diese Form der Aufhellungstherapie abzielten. Zur Beurteilung dieser Bleichtherapie wird daher auf weiterführende Literatur verwiesen [11].

1. Ist vor einer Bleichbehandlung von Zähnen eine zahnärztliche Untersuchung (Untersuchung des Patienten auf Vorhandensein von Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten durch einen Zahnarzt) erforderlich?

Wie weiter unten ausgeführt, kann es insbesondere bei Vorliegen oraler Erkrankungen (Karies, Gingivitis, Parodontitis oder Mundschleimhauterkrankungen) im Rahmen einer Bleichbehandlung zu schmerzhaften Prozessen kommen, so dass eine Befundung durch einen Zahnarzt vor Initiation einer Bleichbehandlung dringend anzuraten ist. Hinzu kommt, dass Zahnverfärbungen, die durch die Bleichtherapie behandelt werden sollen, sehr unterschiedliche Ursachen haben können [5]. So können neben der physiologisch im Alter stattfindenden Zunahme der Opazität von Zähnen, auch pathologische Prozesse (Karies, Devitalität nach Trauma, internes Granulom etc.) als Gründe für eine Zahnverfärbung vorliegen. Diese pathologischen Prozesse können nicht vom Patienten selbst oder einer zahnmedizinischen Fachkraft, sondern nur vom Zahnarzt in ihrem Ausmaß und ihrer

Behandlungskonsequenz beurteilt werden. Beim Vorliegen eines pathologischen Prozesses ist vor einer Bleichbehandlung zunächst einmal eine kausale Therapie der Ursache anzugehen, ehe nachfolgend evtl. noch eine Bleichbehandlung vorgenommen werden kann. Zudem sollte ein Zahnarzt den Patienten über Nutzen und Risiken einer möglichen Bleichbehandlung unterrichten. So können im Einzelfall Zahnverfärbungen vorliegen, die sich durch eine Bleichtherapie nicht oder nur sehr schwierig aufhellen lassen. Bei einer durch den Patienten selbst verordneten Bleichhandlung besteht in einem solchen Fall das Risiko, dass der Patient den Einsatz des Bleichpräparates auf ein derart extremes Maß steigert, dass evtl. Schäden an den Zähnen eintreten könnten. Dieser Einsatz würde dem Einsatz von hochkonzentrierten Bleichpräparaten entsprechen, bei denen durchaus im Einzelfall in Laboruntersuchungen strukturelle Veränderungen am Zahnschmelz beobachtet worden sind [42].

Konklusion:

Vor einer Bleichbehandlung sollte in jedem Fall eine zahnärztliche Untersuchung stattfinden.

2. Können bei einer Bleichbehandlung von Zähnen ohne vorherige zahnärztliche Untersuchung Schäden im Zahn-, Mund- und Kieferbereich auftreten?

Die Literatur zum Thema des externen Zahnbleichen weist Beschwerden im Rahmen einer Bleichtherapie, wie z.B. Zahnhypersensibilitäten oder Gingivairritationen, als transiente Erscheinungen aus. Es ist nur ein Fall beschrieben, bei dem es zu einem irreversiblen Schaden nach einer Bleichbehandlung kam. Bei diesem Fall trat eine akute Exazerbation einer Pulpaerkrankung bei bereits zuvor vorliegender Pulpitis im Rahmen einer externen Bleichbehandlung auf [24]. Obwohl es sich nur um eine Einzelfallbeobachtung handelt, verdeutlicht diese, dass eine vorherige Untersuchung zur Einschätzung der vorliegenden Voraussetzungen durch einen Zahnarzt gefordert sein sollte.

Bei der Bewertung der gestellten Frage anhand von Literaturdaten muss allerdings bedacht werden, dass in klinischen Studien zunächst immer eine zahnärztliche Untersuchung erfolgt und nur vollständig sanierte und gesunde Patienten in die Studien mit eingeschlossen werden. Es kann daher aufgrund dieser Studien nicht rückgeschlossen werden, wie sich die Verwendung von Bleichmitteln bei vorliegenden oralen Pathologien im Einzelfall auswirkt. Studien, in denen Bleichmittel bewusst und randomisiert bei Vorliegen oraler Pathologien verwendet wurden, sind dem Gutachter nicht bekannt. Allerdings zeigen Studien, in denen z.B. eine erhöhte Inzidenz an Hypersensibilitäten während der Bleichtherapie an Zähnen mit

vorliegenden Gingivarezessionen beobachtet wurden, dass sich das Vorhandensein oraler Pathologien auf Komplikationen während einer Bleichtherapie auswirken können [35].

Eine zahnärztliche Untersuchung vor einer Bleichbehandlung schließt auch immer eine Aufklärung über die Handhabung des zu verwendeten Bleichpräparates mit ein. Dadurch können toxikologische Risiken minimiert werden, die bei unsachgemäßer Anwendung durchaus vorliegen. So ist der Patient bei Anwendung von Bleichgel gefüllten Schienen darauf hinzuweisen, dass nach dem Einsetzen der Schiene der Überschuss an Bleichgel ausgespuckt werden sollte. Dadurch wird ein unnötiges Verschlucken des Bleichmaterials verhindert und somit das toxikologische Risiko minimiert [30,31].

Konklusion:

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei bereits vorhandenen Pathologien ohne zahnärztliche Untersuchung Schäden im Zahn-, Mund- und Kieferbereich bei einer Bleichtherapie auftreten können.

3. Tritt durch die Bleichmittel eine strukturelle Veränderung der Zahnhartsubstanz auf?

Diese Frage ist schwierig zu beantworten, da die Berichte in der Literatur sehr unterschiedlich sind und je nach Bleichpräparat unterschiedliche Einwirkungen auf die Zahnhartsubstanzen vorliegen können. Die gängigen Bleichpräparate enthalten Peroxid oder Peroxid-ablesende Substanzen, wie z.B. Carbamidperoxid. Bei diesen Präparaten kann es durch die Einwirkung des Peroxids zu Veränderungen des organischen Anteils, d.h. des Kollagens der Zahnhartsubstanzen kommen [33]. Bei sehr stark sauren Präparaten können durchaus je nach Einwirkzeit und Konzentration des Präparates Demineralisationserscheinungen an den Zahnhartsubstanzen beobachtet werden [34]. Auch gibt es Studien, bei denen z.B. in der Rasterelektronenmikroskopischen Analyse leichte Veränderungen des Zahnschmelzes registriert wurden [1,47]. Es liegen allerdings auch hinreichend viele Untersuchungen vor, in denen keine oder nur unwesentliche Oberflächenveränderungen der Zähne nach Bleichtherapie im Rasterelektronenmikroskop zu beobachten waren [20,28,41].

Die zahlreichen Studien, die sich mit der Oberflächenhärteveränderungen von Zähnen nach Bleichtherapie befassen, zeigen zum Teil Erweichungen von Schmelz und Dentin [34]. Allerdings ist dabei hervorzuheben, dass in den Studien, in denen die klinische Alltagssituation simuliert worden ist, keine oder im Vergleich zu anderen Noxen, wie z.B. sauren Nahrungsmitteln, nicht unterschiedliche Veränderungen der Zahnhartsubstanzen

beobachtet wurden. Darüber hinaus wurden in diesen Studien evtl. auftretende Oberflächenerweichungen während einer Phase von wenigen Tagen bis Wochen nach dem Bleichen unter dem Einfluss von Speichel überwiegend wieder vollständig ausgehärtet [4].

In der Literatur sind darüber hinaus bisher keine Berichte aus klinischen Studien oder nach klinischer Anwendung bekannt, bei denen durch Bleichmittel ausgelöste Veränderungen der Zahnhartsubstanzen auf makroskopischer Ebene, d.h. mit bloßem Auge oder einer Lupenvergrößerung sichtbar, beobachtet worden sind.

Bei Präparaten, die als aufhellendes Agens Natriumchlorit nach einer Vorbehandlung der Zahnoberfläche mit Zitronensäure anwenden, konnten allerdings stärkere Demineralisationserscheinungen und stärkere Erweichungen beobachtet werden. Ebenso scheinen hochkonzentrierte Präparate, wie sie beim sog. „in-office-bleaching“ eingesetzt werden, in höherem Maß zu Demineralisationen des Zahnschmelzes zu führen [10,19]

In Hinblick auf die klinische Relevanz der gestellten Frage ist für den Gutachter vor allem die Studie von Matis et al. [38,39] von Bedeutung. In dieser klinischen Untersuchung wurden stark Tetrazyklin verfärbte Zähne über 6 Monate von Patienten mit einer Schienenbleichung mit 10-16% Carbamidperoxid-Gel behandelt. In dieser Untersuchung wurden trotz der langen Anwendung keine bedeutsamen morphologischen oder pathologischen Veränderungen in der Mundhöhle an Hart- oder Weichgeweben beobachtet.

Konklusion:

Die sachgerechte Anwendung von Bleichpräparaten scheint keinen negativen Einfluss auf Zahnhartgewebe zu haben, der von klinischer Relevanz ist.

4. Kann eine Bleichbehandlung negativen, d.h. verschlechternden Einfluss auf eine ggf. vorhandene Karies im Bereich der zu bleichenden Zähne haben?

Zu dieser konkreten Fragestellung sind dem Gutachter keine Studien bekannt. Studien, die sich mit einer Kariesentstehung in Verbindung mit einer Bleichbehandlung befassen, haben die Kariesentwicklung in zuvor gebleichter Zahnhartsubstanz untersucht und nicht den Einfluss von Bleichmitteln auf bestehende Läsionen ermittelt. Diese Studien haben allerdings unterschiedliche Ergebnisse gezeigt. So gibt es Hinweise, dass in Laborversuchen gebleichter Schmelz eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber einer erosiven, d.h. demineralisierenden Noxe (Säure) zeigt. Dies trat aber nur dann auf, wenn fluoridfreie oder saure Bleichgele (10% Carbamidperoxid) eingesetzt worden waren [9]. Bei anderen Laborstudien mit künstlich erzeugten Läsionen zeigten sich überwiegend keine erhöhte Karies- oder Erosionsanfälligkeit von zuvor gebleichtem Zahnschmelz [2,3,18,23,45]. Dies

wurde auch in einer Tiermodellstudie bestätigt [36]. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass Carbamidperoxid-Gele über antimikrobielle Eigenschaften verfügen und somit bei einer eventuellen Plaquebesiedelung gewisse kariesprotektive Wirkung entfalten können [13]. Es liegen sogar Studien vor, bei denen im Laborversuch demineralisationsresistentere Zahnschmelzoberflächen nach Bleichtherapie mit niedrig konzentrierten Bleichpräparaten beobachtet wurden [41]. Allerdings bedürfen diese Untersuchungen einer weitergehenden Analyse. Einzig bei höherkonzentrierten Gelen (16% Carbamidperoxid) konnten eine Erhöhung der Läsionstiefen von artifizuell erzeugten Kariesläsionen notiert werden [21]. Klinische Studien, in denen Bleichmittel eingesetzt wurden, haben keine erhöhte Kariesinzidenz bei den betroffenen Patienten beobachtet. Allerdings gibt es keine Studie, die bezüglich dieser Fragestellung als Langzeit-Nachuntersuchung angelegt wurde.

Konklusion:

Die Kariesempfindlichkeit von zuvor gebleichtem Schmelz scheint bei sachgerechter Anwendung von externen Bleichpräparaten nicht erhöht zu sein.

5. Kann eine Bleichbehandlung negativen, d.h. verschlechternden Einfluss auf ggf. vorhandene Zahnhalserosionen und/oder Gingivarezessionen im Bereich der zu bleichenden Zähne haben?

Auch dazu liegen keine Studien vor, die diesen Fragestellungen konkret in Experimenten nachgegangen sind. Eine Zahnerosion ist ein chronischer Prozess, bei dem ein durch Säurekontakt ausgelöster Zahnhartsubstanzverlust vorliegt. Unmittelbar nach dem Säurekontakt ist die Oberfläche des Zahnes erweicht und empfindlich gegenüber chemischen und physikalischen Einflüssen. Es wird davon ausgegangen, dass diese erosionsgeschädigte Oberfläche durch Einfluss des Speichels entweder wieder remineralisiert oder durch mechanische Einflüsse (Zunge, Zähnebürsten) abgetragen wird. Dadurch entsteht im Bereich der zuvor erodierten Zahnoberfläche eine zum nativen Schmelz kaum unterscheidbare Mikromorphologie [50]. Eine solche Oberfläche wird sich gegenüber Bleichmitteln nicht wesentlich anders verhalten als gesunder Schmelz. Dies gilt natürlich nur, so lange kein erneuter Säuerangriff stattfindet. Somit ist vielmehr die Frage von Interesse, wie und ob die Erosionsanfälligkeit einer Zahnoberfläche durch eine Bleichtherapie verändert wird. In Laboruntersuchungen wurde gezeigt, dass die Erosionsanfälligkeit von Schmelz, der mit unfluoridierten Bleichgelen behandelt wurde erhöht ist [9]. Diese Beobachtung wurde aber nicht in allen diesbezüglichen Studien gemacht [45].

Allerdings sind Erosionsdefekte teilweise mit einer Rezession der Gingiva und damit einer Exposition von Dentin vergesellschaftet. Dies kann eine erhöhte Schmerzempfindlichkeit der Zähne während der Bleichtherapie zur Folge haben [35]. Gleiches ist denkbar, wenn die Zahnschmelzschicht durch die Erosionsattacken sehr dünn geworden sein sollte. Freiliegendes Dentin und eine dünne Schmelzschicht erleichtern die Diffusion von Peroxid in Richtung Pulpa und machen somit eine erhöhte Schmerzempfindlichkeit der Zähne während einer Bleichbehandlung wahrscheinlicher.

In vielen Studien wird daher auch über transiente Beschwerden im Sinne von Zahnüberempfindlichkeiten und Gingivairritationen berichtet. Es ist ausnahmslos beschrieben, dass diese Beschwerden nach Absetzen der Therapie vollständig abklingen [29,37,44,46,52]. Bei den beschriebenen Gingivairritationen handelt es sich i.d.R. um leichte Rötungen oder oberflächliche Gingivaerosionen. Oftmals sind diese Beschwerden mit unzureichend passenden Schienen assoziiert und nicht in jedem Fall auf das angewendete Bleichmittel zurückzuführen.

Konklusion:

Es ist nicht zu erwarten, dass eine sachgerecht durchgeführte Bleichbehandlung einen verschlechternden Einfluss auf ggf. vorhandene Zahnhalserosionen und/oder Gingivarezessionen im Bereich der zu bleichenden Zähne hat.

6. Kann eine Bleichbehandlung negativen, d.h. verschlechternden Einfluss auf ggf. vorhandene Schmelzrisse im Bereich der zu bleichenden Zähne haben?

Es gibt keine Evidenz, dass sich Schmelzrisse unter dem Einfluss einer Bleichbehandlung verstärken könnten [32]. Allerdings wird diskutiert, dass es bei Vorliegen von Schmelzrissen verstärkt zu Hypersensibilitäten während einer externen Bleichtherapie kommen kann. Eine konkrete Studie mit einer diesbezüglichen Fragestellung ist dem Gutachter nicht bekannt. Grundsätzlich ist die Gefahr des Auftretens von Hypersensibilitäten während der Bleichtherapie gesteigert, wenn bereits bestehende Hypersensibilitäten an den Zähnen vorliegen [32].

Wasserstoffperoxid diffundiert beim Bleichprozess in die Zahnhartsubstanz und dringt bis in die Pulpa vor [14,16,25]. Diese Diffusion ist neben der Höhe des eingesetzten Bleichpräparates an Wasserstoffperoxid auch z.B. von einer möglichen Hitzeanwendung durch Licht-/Laserapplikation beim „in-office-bleaching“ abhängig [15]. Durch die Hitzeanwendung werden die Diffusionseigenschaften und die chemische Reaktivität des Peroxids erheblich gesteigert. Es wird immer wieder diskutiert, dass die Peroxiddiffusion in die Pulpa milde Entzündungen in der Pulpa auszulösen vermag [22]. Aus diesem Grunde

wird geraten, die Indikation zur Bleichtherapie bei Patienten mit Schmelzrisen gut abzuwägen [40]. Eine Kontraindikation für eine externe Bleichbehandlung liegt aus Sicht des Gutachters aber nicht vor.

Konklusion:

Eine sachgerecht durchgeführte Bleichbehandlung scheint keinen negativen Einfluss auf bestehende Schmelzrisse zu haben.

7. Kann eine Bleichbehandlung negativen, d.h. verschlechternden Einfluss auf ggf. vorhandene Undichtigkeiten (Mikro-Leakage) von vorhandenen Restaurationen im Bereich der zu bleichenden Zähne haben?

Studien, die den Einfluss auf bestehende Undichtigkeiten an vorhandenen Restaurationen untersucht haben, sind dem Gutachter nicht bekannt.

Allerdings liegen Untersuchungen vor, die den Einfluss von Bleichmitteln auf die Randqualität verschiedener Restaurationen untersucht haben [7]. So wird zum einen berichtet, dass es bei Anwendung von 35% Wasserstoffperoxid oder 10-16% Carbamidperoxid-haltigen Präparaten zur einer Verschlechterung der Randdichtigkeit von Restaurationen aus Kompomeren, Kompositen, Glasionomerezementen und Amalgam kommen kann [17,48,49]. Dieser Befund konnte aber nicht in allen diesbezüglichen Studien verifiziert werden [17,43].

Bei Vorliegen von Restaurationen aus Komposit, Kompomeren oder Glasionomerezement muss aber mit einer verstärkten Diffusion von Peroxid in die Pulpa und einer höheren Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Hypersensibilitäten während der Bleichtherapie gerechnet werden [26,27].

Konklusion:

Externe Bleichbehandlungen scheinen zu einer Verschlechterung der Randqualität von bestehenden Restaurationen beitragen zu können.

8. Kann eine Bleichbehandlung negativen, d.h. verschlechternden Einfluss auf ggf. vorhandene Abrasionen im Bereich der zu bleichenden Zähne haben?

Das Voranschreiten einer Abrasion ist sicherlich eher auf die Anwesenheit und Persistenz abrasiver Einflüsse als auf das alleinige Einwirken von chemischen Noxen, wie z.B.

Bleichpräparate oder Säuren zurückzuführen. Es ist aber bekannt, dass oberflächliche Zahnerweichungen, wie sie z.B. nach Einwirken von Säuren auftreten, die Abrasionsempfindlichkeit von Zahnschmelz und Dentin erheblich steigern [6,8,12]. Die Anwendung von externen Bleichmitteln kann die Abrasionsstabilität von Zahnschmelz aber nur geringfügig beeinflussen [51]. Dabei scheinen „in-office“-Bleichverfahren einen geringfügigeren Einfluss auszuüben als „home-bleaching“-Anwendungen. Als Grund für diesen Unterschied kann die deutlich geringere Einwirkzeit der „in-office“-Bleichmittel im Vergleich zu „home-bleaching“-Präparaten angenommen werden. Einzig die Applikation von Natriumchlorit-haltigen Präparaten, die nach einer Vorbehandlung des Zahnschmelzes mit Zitronensäure verwendet werden, verringert die Abrasionsstabilität des Schmelzes auf ein klinisch kritisch einzuschätzendes Maß [51].

Konklusion:

Vorhandene Abrasionen scheinen durch eine sachgerechte Bleichtherapie nicht negativ beeinflusst zu werden.

Referenzen

1. Akal N, Over H, Olmez A, Bodur H (2001) Effects of carbamide peroxide containing bleaching agents on the morphology and subsurface hardness of enamel. J Clin Pediatr Dent 25:293-296
2. Al Qunaian TA (2005) The effect of whitening agents on caries susceptibility of human enamel. Oper Dent 30:265-270
3. Alves EA, Alves FK, Campos Ede J, Mathias P (2007) Susceptibility to carieslike lesions after dental bleaching with different techniques. Quintessence Int 38:e404-9
4. Attin T, Schmidlin PR, Wegehaupt F, Wiegand A Influence of study design on the impact of bleaching agents on dental enamel microhardness: a review. Dent Mater (submitted)
5. Attin T (1998) Sicherheit und Anwendung von Bleichtherapien mit Carbamidperoxid. Dtsch Zahnärztl Z 53:11-16
6. Attin T, Buchalla W, Gollner M, Hellwig E (2000) Use of variable remineralization periods to improve the abrasion resistance of previously eroded enamel. Caries Res 34:48-52
7. Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin R (2004) Effect of bleaching on restorative materials and restorations--a systematic review. Dent Mater 20:852-861

8. Attin T, Knöfel S, Buchalla W, Tütüncü R (2001) In situ evaluation of different remineralization periods to decrease brushing abrasion of demineralized enamel. *Caries Res* 35:216-222
9. Attin T, Kocabiyik M, Buchalla W, Hannig C, Becker K (2003) Susceptibility of enamel surfaces to demineralization after application of fluoridated carbamide peroxide gels. *Caries Res* 37:93-99
10. Attin T, Müller T, Patyk A, Lennon AM (2004) Influence of different bleaching systems on fracture toughness and hardness of enamel. *Oper Dent* 29:188-195
11. Attin T, Paque F, Ajam F, Lennon AM (2003) Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique. *Int Endod J* 36:313-329
12. Attin T, Siegel S, Buchalla W, Lennon AM, Hannig C, Becker K (2004) Brushing abrasion of softened and remineralised dentin: an in situ study. *Caries Res* 38:62-66
13. Bentley CD, Leonard RH, Crawford JJ (2000) Effect of whitening agents containing carbamide peroxide on cariogenic bacteria. *J Esthet Dent* 12:33-37
14. Bowles WH, Ugwuneri Z (1987) Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. *J Endod* 13:375-377
15. Buchalla W, Attin T (2007) External bleaching therapy with activation by heat, light or laser – a systematic review. *Dent Mater* 23:586-596
16. Cooper JS, Bokmeyer TJ, Bowles WH (1992) Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents. *J Endod* 18:315-317
17. Crim GA (1992) Post-operative bleaching: effect on microleakage. *Am J Dent* 5:109-112
18. de Menezes M, Turssi CP, Faraoni-Romano JJ, Serra MC (2007) Susceptibility of bleached enamel and root dentin to artificially formed caries-like lesions. *Am J Dent* 20:173-176
19. Efeoglu N, Wood D, Efeoglu C (2005) Microcomputerised tomography evaluation of 10% carbamide peroxide applied to enamel. *J Dent* 33:561-567
20. Ernst CP, Marroquin BB, Willershausen-Zonnchen B (1996) Effects of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on the morphology of human enamel. *Quintessence Int* 27:53-56
21. Flaitz CM, Hicks MJ (1996) Effects of carbamide peroxide whitening agents on enamel surfaces and caries-like lesion formation: An SEM and polarized light microscopic in vitro study. *J Dent Child* 63:249-&
22. Fugaro JO, Nordahl I, Fugaro OJ, Matis BA, Mjör IA (2004) Pulp reaction to vital bleaching. *Oper Dent* 29:363-368
23. Ganss C, Klimek J, Reinhard K (1996) Microradiographic evaluation of the effect of vital-bleaching on dental enamel. *J Dent Res* 75:1219

24. Glickman GN, Frysh H, Baker FL (1992) Adverse response to vital bleaching. *J Endod* 18:351-354
25. Gokay O, Mujdeci A, Algn E (2004) Peroxide penetration into the pulp from whitening strips. *J Endod* 30:887-889
26. Gokay O, Tuncbilek M, Ertan R (2000) Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents on teeth restored with a composite resin. *J Oral Rehabil* 27:428-431
27. Gokay O, Yilmaz F, Akin S, Tuncbilek M, Ertan R (2000) Penetration of the pulp chamber by bleaching agents in teeth restored with various restorative materials. *J Endod* 26:92-94
28. Gultz J, Kaim J, Scherer W, Gupta H (1999) Two in-office bleaching systems: a scanning electron microscope study. *Compend Contin Educ Dent* 20:965-8, 970
29. Hannig C, Lindner D, Attin T (2007) Efficacy and tolerability of two home bleaching systems having different peroxide delivery. *Clin Oral Invest* 11:321-329
30. Hannig C, Zech R, Henze E, Dorr-Tolui R, Attin T (2003) Determination of peroxides in saliva-kinetics of peroxide release into saliva during home-bleaching with Whitestrips((R)) and Vivastyle((R)). *Arch Oral Biol* 48:559-566
31. Hannig C, Zech R, Henze E, Dreier S, Attin T (2005) Peroxide release into saliva from five different home bleaching systems in vivo. *Am J Dent* 18:13-18
32. Haywood VB (1997) Nightguard vital bleaching: current concepts and research. *J Am Dent Assoc* 128 Suppl:19S-25S
33. Hegedüs C, Bistey T, Flora-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A (1999) An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface. *J Dent* 27:509-515
34. Joiner A (2007) Review of the effects of peroxide on enamel and dentine. *J Dent* 35:889-896
35. Jorgensen MG, Carroll WB (2002) Incidence of tooth sensitivity after home whitening treatment. *J Am Dent Assoc* 133:1076-1082
36. Kraigher A, van der Veen MH, Potocnik I (2006) Caries occurrence in rats after bleaching with 10% carbamide peroxide in vivo. *Caries Res* 31:643-651
37. Leonard RH,Jr. (1998) Efficacy, longevity, side effects, and patient perceptions of nightguard vital bleaching. *Compend Contin Educ Dent* 19:766-770
38. Matis BA, Wang Y, Eckert GJ, Cochran MA, Jiang T (2006) Extended bleaching of tetracycline-stained teeth: a 5-year study. *Oper Dent* 31:643-651
39. Matis BA, Wang Y, Jiang T, Eckert GJ (2002) Extended at-home bleaching of tetracycline-stained teeth with different concentrations of carbamide peroxide. *Quintessence Int* 33:645-655

40. Nathanson D (1997) Vital tooth bleaching: sensitivity and pulpal considerations. *J Am Dent Assoc* 128 Suppl:41S-44S
41. Nucci C, Marchionni S, Piana G, Mazzoni A, Prati C (2004) Morphological evaluation of enamel surface after application of two 'home' whitening products. *Oral Health Prev Dent* 2:221-229
42. Oltu U, Gurgan S (2000) Effects of three concentrations of carbamide peroxide on the structure of enamel. *J Oral Rehabil* 27:332-340
43. Owens BM, Rowland CC, Brown DM, Covington JS,III (1998) Postoperative dental bleaching: effect of microleakage on Class V tooth colored restorative materials. *J Tenn Dent Assoc* 78:36-40
44. Pohjola RM, Browning WD, Hackman ST, Myers ML, Downey MC (2002) Sensitivity and tooth whitening agents. *J Esthet Restor Dent* 14:85-91
45. Pretty IA, Edgar WM, Higham SM (2005) The effect of bleaching on enamel susceptibility to acid erosion and demineralisation. *Br Dent J* 198:285-290
46. Rosenstiel SF, Gegauff AG, Johnston WM (1996) Randomized clinical trial of the efficacy and safety of a home bleaching procedure. *Quintessence Int* 27:413-424
47. Shannon H, Spencer P, Gross K, Tira D (1993) Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Quintessence Int* 24:39-44
48. Shinohara MS, Rodrigues JA, Pimenta LAF (2001) In vitro microleakage of composite restorations after nonvital bleaching. *Quintessence Int* 32:413-417
49. Ulukapi H, Benderli Y, Ulukapi I (2003) Effect of pre- and postoperative bleaching on marginal effect of leakage of amalgam and composite restorations. *Quintessence Int* 34:505-508
50. Wiegand A, Wegehaupt F, Werner C, Attin T (2007) Susceptibility of acid-softened enamel to mechanical wear--ultrasonication versus toothbrushing abrasion. *Caries Res* 41:56-60
51. Wiegand A, Otto YA, Attin T (2004) In vitro evaluation of toothbrushing abrasion of differently bleached bovine enamel. *Am J Dent* 17:412-416
52. Ziebolz D, Helms K, Hannig C, Attin T (2007) Efficacy and oral side effects of two highly concentrated tray-based bleaching systems. *Clin Oral Investig* 11:267-275