

Vorgestellt: eine neue Behandlungsmethode zur Zahnerhaltung

Rund ums Ozon – in der Zahnmedizin

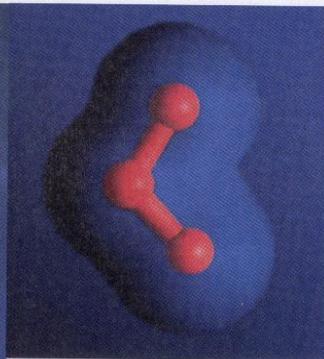
Jan Eric Dähnhardt, Adrian Lussi

Ozon ist seit dem letzten heißen Sommer wieder in die Schlagzeilen gerückt. In der Regenbogenpresse liest man immer wieder über die negativen Seiten des Ozons. Ozon kann aber auch zum Nutzen der Menschheit eingesetzt werden. Dieser Artikel soll einen Überblick geben über Geschichte und den meist unbekanntesten Nutzen des Ozons im täglichen Leben.

Ozon kommt natürlicherweise sowohl bodennah als auch in großen Höhen vor. In der Stratosphäre (25 bis 30 Kilometer über der Erdoberfläche) befinden sich etwa 90 Prozent des Ozons. In 30 Kilometern Höhe erreicht es die maximale Konzentration von zehn ppm (parts per million) und absorbiert die schädlichen, kurzwelligigen UV-Anteile der Sonnenstrahlen. Bei Druckverhältnissen, die auf der Erde herrschen, wäre die Schicht nur 3,5 bis vier Millimeter dick. Bodennah bildet sich Ozon bei starker, lang anhaltender Sonneneinstrahlung. Auf Augen und Schleimhäute wirkt es reizend. Die Hauptschädigungen treten in den Atemwegen auf, wo

Ozon Atembeschwerden mit Abnahme des Respirationsvolumens, später auch Nasenbluten, Bronchitis und Lungenödem verursachen kann. Die Arbeitsplatzgrenzwerte für Ozon liegen in der Bundesrepublik Deutschland bei 0,1 ppm beziehungsweise 200 µg/m³.

Ozon (O₃) ist ein farblos bis blaues Gas mit charakteristischem Geruch, das bei einem Molekulargewicht von 48 schwerer ist als Luft. Sein Name kommt aus dem Griechischen von „ozein“, was „nach etwas riechen“ bedeutet. Es ist schon bei einer Konzentration von 0,01 ppm für den Menschen wahrnehmbar. Bei Erwärmung zersetzt es sich unter Bildung von Sauerstoff und ist deshalb feuergefährlich oder gar explosiv. Es ist neben Fluor das stärkste bekannte Oxidationsmittel und oxidiert alle Metalle außer Edelmetalle sofort [Roempp 1995]. Aufgrund seiner hohen Reaktivität ist es eines der stärksten Zellgifte und wirkt bakterizid, fungizid und virocid. Ozon zerfällt spontan unter Energiefreisetzung und Bildung freier Radikale [Viehahn-Hänsler 1996] mit einer Halbwertszeit von drei Tagen bei 20°C und von drei Monaten bei -50°C [Roempp 1995]. In einer Glasspritze



Überall dort, wo viel Sauerstoff und hohe Lichtenergie sind, entsteht Ozon.

Fotos: CC/zm

Nach einem Abstecher in die Medizin folgt die Zahnmedizin mit speziellen Betrachtungen und den neuesten Forschungsergebnissen in der Zahnerhaltung.

Geschichte und Allgemeines

Bereits Homer schrieb in seinem Epos Odyssee: „Der Sturm donnerte und blitzte, und die Luft war mit Schwefel angefüllt...“ und beschrieb damit den typischen Ozongeruch. In der Neuzeit beschrieb der Niederländer Martin van Marum 1785 einen

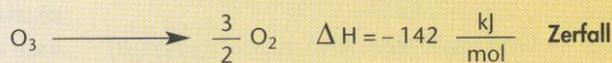
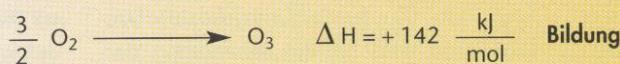
eigenartigen Geruch in der Nähe von Elektrifiziermaschinen.

Erstmals wurde Ozon am 13. 3. 1839 vom Basler Chemieprofessor Christian Schönbein als eigenständiger Stoff beschrieben. Er hatte beobachtet, wie sich bei der Elektrolyse von Wasser an der Platin-Elektrode neben Sauerstoff ein weiterer, stechend riechender Stoff bildete. 1863 vermutete Soret, dass es sich bei Ozon um eine O-O-O Verbindung handelte, und bereits 1857 baute Werner von Siemens die erste technische Apparatur zur Erzeugung von Ozon.

mit 50 Milliliter Volumen hat Ozon noch eine Halbwertszeit von 45 Minuten bei 20°C. Der Zerfall ist stark umgebungsabhängig.

Bei der Inaktivierung von Bakterien kommt es zu einer Oxidationsreaktion (durch die freien Radikale) an der Bakterienmembran, an welcher Glykoproteine, Glykolipide und andere Aminosäuren angegriffen werden. Daraus folgt eine Störung der Zellwandpermeabilität mit anschließender Zellyse. Es wurde gezeigt, dass die Zellwand von *Escheria coli* durch ozoniertes Wasser geschädigt wird und auch die metabolische Aktivität der Bakterien zum Stillstand kommt [Bünning und Hempel 1996]. Bei Viren ist der erste Wirkort das Capsid beziehungsweise die Proteine, die Bestandteil der Hülle sind. Ozon verändert das Capsid dahingehend, dass es sich nicht mehr an einer Zelloberfläche anheften kann. Beim Polivirus 1 wurde festgestellt, dass vier verschiedene Polypeptide verändert wurden. Als viel wichtiger wird jedoch die Beobachtung angesehen, dass die virale DNA durch das Ozon irreversibel geschädigt wurde [Roy et al. 1981]. Für jedes Virus und jedes Bakterium gibt es maximale Grenzwerte in Ozonkonzentration und Zeit der Ozonbehandlung, um das Virus sowie das Bakterium irreversibel zu schädigen. Zu beachten ist dabei, dass es Unterschiede zwischen dem Abtöten von einzelnen Bakterien gibt und dem von geklumpte Kolonien [Kowalski et al. 1998]. Untersuchungen über diese Grenzwerte für Bakterien, die in der Zahnmedizin von Bedeutung sind, stehen noch aus. Ozon wird schon seit langem großtechnisch genutzt zur Trinkwasseraufbereitung [von Gunten 2003], zur Abwasseraufbereitung [Xu et al. 2002], zur Desinfektion von Schwimmbadwasser und zur Bleichung in der Industrie. Die

Bildung und Zerfall von Ozon:



Wirkung von ozonisiertem Wasser in der Wasserdesinfektion ist gut untersucht. Industriell hergestelltes Ozon wurde in Deutschland (West) zur Schwimmbaddesinfektion (mit 45 Prozent) und zur Trinkwasseraufbereitung (31 Prozent) verwendet [Maier et al. 1993].

Ozon in der Medizin

Ozon kommt vielfach in der Alternativen Medizin zum Einsatz und findet in Europa seit über 40 Jahren Verwendung in der Eigenblutbehandlung von über einer halben Million Patienten. Immer wieder rückte Ozon in die Schlagzeilen und wurde mit der Infektion von Hepatitis in Zusammenhang

gebracht. Jedoch war das Problem die damit häufig verbundene mangelhafte Hygiene. Erst seit kurzem gibt es kontrollierte Studien über den Erfolg der Eigenblutbehandlung und Studien zur Aufklärung der Wirkmechanismen des Ozons und seiner Nebenwirkungen. Bei einer Eigenblutbehandlung wird dem Patienten Blut entnommen und mit einem Ozon-Sauerstoffgemisch versetzt. Dann wird dieses Blut entweder intravenös oder intramuskulär dem Patienten gespritzt. Erfolge wurden bei Patienten mit Arteriosklerose in unteren Extremitäten verzeichnet [Tylicki et al. 2001].

Dass Ozon ein Radikal ist und damit zellschädigend wirkt, ist ein Argument, Vorsicht bei der Ozonbehandlung walten zu lassen. Offensichtlich gibt es jedoch große Unterschiede zwischen der Blutbehandlung und der Belastung der Atemwege mit Ozon. In China wurde gezeigt, dass Ozon aus Fotokopierern bei Angestellten in Fotokopierläden oxidativen Stress auslöst [Zhou et al. 2003] und ein Vitamin E Mangel diesen Stress noch potenzieren kann [Roempp 1995]. Im Körper gibt es oxidative und reduktive Vorgänge. Bei oxidativem Stress überwiegen die oxidativen Vorgänge, die langfristig zellschädigend sind.

Auch scheint Ozon keinen schädigenden Effekt auf rote Blutzellenzyme und deren Mediatoren zu haben [Zimran et al. 2000]. Zudem steht als neuestes in der Diskussion, dass Ozon in kleinsten Mengen von körpereigenen Antikörpern gebildet wird. Dieses gebildete Ozon soll dann direkt die Bakterien töten. Die Erkenntnis, dass Antikörper Bakterien direkt töten sollen, ist in der Biologie völlig neu. Damit muss unser Verständnis von Abwehr- und Entzündungsreaktionen ganz neu überdacht werden [Lerner und Eschenmoser 2003, Wentworth et al. 2002].



Abb. 1: Ozonytron (Mymed)

Foto: Dähnhardt/Lüssi

Ozon in der Zahnmedizin

In der Zahnmedizin wird Ozon zur Wasserdesinfektion in Dentaleinheiten verwendet. Langzeitergebnisse über eine Beobachtungszeit von elf Jahren zeigen, dass die Wasserdesinfektion sehr effektiv und der von Wasserstoffperoxid und Silberionen überlegen ist [Filippi 2002]. Filippi zeigte auch, dass ozonisiertes Wasser bei täglicher Applikation in den ersten 48 Stunden die epiteliale Wundheilung fördert [Filippi 2001]. Ozoniertes Wasser wird in der Behandlung von Gingivitis und Parodontitis marginalis empfohlen und auch zur antimikrobiellen Mundspülung [Brauner 1992].

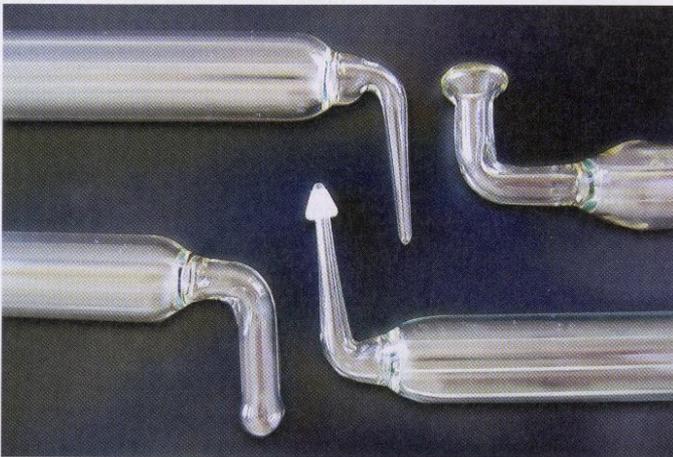


Abb. 2: Verschiedene mit Edelgas gefüllte Ansätze unterschiedlicher Formen, an deren Spitze das Ozon erzeugt wird

Ozon in der Zahnerhaltung

Auf dem Dentalmarkt sind im Moment zwei Ozongeräte erhältlich, die in der Zahnerhaltung Verwendung finden können. Beide produzieren Ozon, unterscheiden sich jedoch in vielen Punkten. Beim Ozonytron (Mymed) (Abb. 1) erfolgt die Ozonherstellung nach dem Prinzip der elektrischen Entladung in einer Edelgasröhre durch Spaltung von Sauerstoff aus der Umgebung. Das Ende dieser Glasröhre ist je nach Wirkungswunsch unterschiedlich geformt (Abb. 2). Es erzeugt Ozon in unterschiedlicher Konzentration (zwischen zehn bis 100 µg/ml, je nach Einstellung) an der Spitze des entsprechenden Therapieansatzes, was in der Umgebung zu einem raschen Konzentrationsabfall führt. Für die Ozonbehandlung an Stellen, an denen wenig oder

kein Sauerstoff vorhanden ist, empfiehlt der Hersteller die Verwendung einer speziellen Paste (Kupfer-Kalziumhydroxid). Das Ozonytron wird für die Behandlung der Karies, der Parodontitis, und in der Endodontie empfohlen.

Beim HealOzone (KaVo, Biberach) (Abb. 3) wird Ozon in einem Generator aus Luft-sauerstoff gewonnen und durch einen Schlauch in ein spezielles Handstück geleitet. Auf dem Handstück sitzt ein Silikon-aufsatz, der auf die zu behandelnde Stelle gehalten wird. Es gibt unterschiedliche Aufsatzgrößen (Abb. 4). Nachdem ein Unterdruck erzeugt worden ist, wird Ozon (Konzentration 2100 ppm) für eine vorgege-

In dieser Studie wurden vier Gruppen verglichen:

- a) Wurzelkaries, die nur mit Ozon behandelt wurde,
- b) solche, die nicht behandelt wurde,
- c) solche, die mit Ozon behandelt und danach versiegelt wurde,
- d) solche, die nur mit Versiegler behandelt wurde.

Der Verlauf wurde mit dem elektrischen Kariesmonitor (ECM), mit dem Diagnodont und mit einem klinischen Index über drei Monate kontrolliert. Sowohl die ECM-Werte als auch die Diagnodont-Werte verbesserten sich nach ein und drei Monaten in der Ozongruppe, in der Versieglergruppe und in der Ozon/Versieglergruppe. Die Werte der Messungen in der Kontrollgruppe ohne Behandlung verschlechterten sich im Vergleich zum Ausgangswert. Ozon kann gemäß dieser Studie als noninvasive Behandlungsmethode gebraucht werden, um Wurzelkaries zu behandeln. Zu bemerken ist noch, dass die Versiegelung im Durchschnitt länger gehalten hat bei mit Ozon behandelten Zähnen als bei Zähnen mit Versiegelung aber ohne Ozonbehandlung. Inzwischen gibt es auch eine zwölfmonatige Nachkontrolle, die die oben genannten Werte bestätigte [Baysan und

bene Zeit appliziert und dann für zehn Sekunden abgesaugt. Damit wird erreicht, dass kein Ozon in die Mundhöhle gelangt. Hauptsächlich wird HealOzone zur Kariesbehandlung propagiert, jedoch auch zur Behandlung von hypersensiblen Zahnhälften, zur Wurzelkanal-desinfektion und zur Aphthenbehandlung.

Seit einiger Zeit gibt es mehrere Studien über den Gebrauch des Ozons als Ozongas, die speziell die Zahnerhaltung betreffen. So wurde gezeigt, dass Ozongas in vitro auf einem Agar sehr effizient Streptococcus mutans und Streptococcus sobrinus tötet [Baysan et al. 2000]. Beide Bakterien sind für die Karies verantwortlich. In einer klinischen Studie wurde gezeigt, dass man Wurzelkaries mit Ozongasapplikation (HealOzone, KaVo) zum Stillstand bringen kann [Baysan 2002].

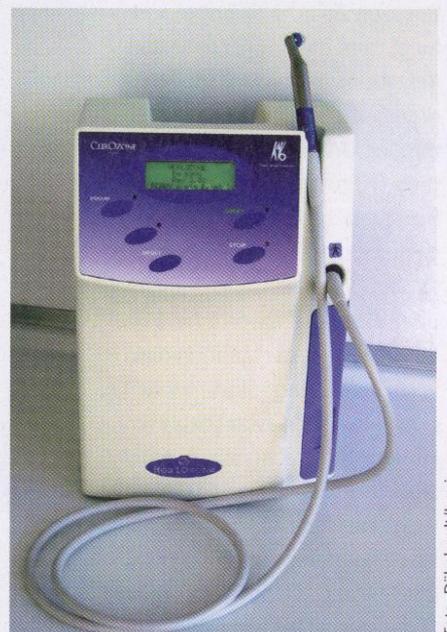


Abb. 3: HealOzone (KaVo)

Lynch 2003]. In einer anderen Studie der gleichen Arbeitsgruppe [Baysan und Lynch im Druck] wurden 26 Patienten mit 70 kariösen Läsionen im Wurzelbereich untersucht. Nachdem die Plaque entfernt wurde, wurde auf der einen Hälfte der Läsion eine Biopsie entnommen und kultiviert. Anschließend wurden die Läsionen zehn oder 20 Sekunden dem Ozon ausgesetzt (HealOzone, KaVo, Biberach) und wiederum eine Biopsie entnommen. Es zeigte sich, dass bei der Ozonapplikation von zehn und 20 Sekunden die Bakterien signifikant vermindert wurden von 107 auf 104,4 und bei zehn Sekunden Ozonapplikation von 106 auf 100,5 bei 20 Sekunden Ozonapplikation (Tab. 1). Bei der Nachkontrolle der Läsionen nach ungefähr sechs Monaten blieben fünf Läsionen gleich, die restlichen zeigten alle eine Verbesserung. Okklusalkaries wurde sowohl an bleibenden Zähnen ohne kariösen Einbruch [Abu-Naba'a et al. 2003] wie auch an

Gruppen	log ₁₀ (CFU+1)		log ₁₀ (CFU+1)/mg	
	10 Sekunden	20 Sekunden	10 Sekunden	20 Sekunden
Kontrollgruppe	7.00 +/- 0.24	6.00 +/- 0.21	7.92 +/- 0.23	7.04 +/- 0.23
mit Ozon behandelt	4.35 +/- 0.49	0.46 +/- 0.26	5.04 +/- 0.56	1.26 +/- 0.48

Tabelle 1: Durchschnitt +/- Standardabweichung log₁₀ (CFU+1) (CFU=koloniebildende Einheit) und log₁₀ (CFU+1)/mg vor und nach der Ozonapplikation von entweder zehn Sekunden oder 20 Sekunden [Baysan and Lynch 2003]

gerade eingebrochener Karies [Morrison und Lynch 2003] wie auch an Milchzähnen [Abu-Salem et al. 2003] untersucht. Alle diese Studien berichten von einer Verbesserung der gemessenen Parameter der mit Ozon behandelten Zähne verglichen mit Kontrollgruppen. Gemessen wurde maximal über ein Jahr. Längere Studien stehen noch aus.

Ob und wann es zu einer Reinfektion kommen kann, wurde nicht berichtet. Norma-

lerweise werden jedoch die behandelten Zähne mit Kavitation nach der Ozonbehandlung mit einem Glasionomerzement gefüllt. Über gleiche Ergebnisse berichtet auch ein Forscherteam von der Universität München. In einer prospektiven Studie wurden dort 41 Patienten über drei Monate untersucht und monatlich kontrolliert. Die Diagnostik-Werte und die ECM-Werte zeigen eine signifikante Verbesserung bei initialer Fissurenkaries verglichen mit den

CURRICULUM IMPLANTOLOGIE DER DGI

Zertifizierte Qualifikation aus erster Hand

Die Deutsche Gesellschaft für Implantologie (DGI) und die Akademie Praxis und Wissenschaft (APW) der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) bieten mit ihrem Curriculum eine Qualifikation im Fach Implantologie an:

- Qualitätsgesicherte und fundierte Ausbildung
- Synthese aus Praxisnähe und Wissenschaft
- Sehr angesehene und bekannte Referenten
- Abschluss mit Zertifikat der renommierten wissenschaftlichen Gesellschaften

Informationen und Anmeldung beim Fortbildungsreferenten: Dr. Günter Dhom
Bismarckstr. 27 · 67059 Ludwigshafen · Tel.: 0621/68 12 44 51 · Fax: 0621/68 12 44 69
E-mail: dgi@dr-dhom.de · Internet: www.dgi-ev.de



Deutsche Gesellschaft für Implantologie
im Zahn-, Mund- und Kieferbereich e.V.
DIE GANZE IMPLANTOLOGIE

APW
Akademie
Praxis und Wissenschaft





Foto: Dähnhardt/Lussi

Abb. 4:
Handstück mit
verschieden großen
Silikonaufläufen,
die zur Isolierung
des Arbeitsfeldes
gebraucht werden

Ausgangswerten. Es wird geschlussfolgert, dass Ozon besonders bei Hochrisikokariespatienten die Diagnodent-Werte auch nach drei Monaten noch deutlich verbessert. Falls Ozon zur Sterilisierung der Fissur vor der Versiegelung gebraucht wird, kann auch bei Ozonapplikation von einem guten Verbund Versiegler/Zahn ausgegangen werden [Celeberti und Lussi im Druck].

Es gibt die Annahme, dass Ozon auch in der Endodontie als Desinfektionsmittel eingesetzt werden kann. Untersucht wurde die Wirkung des Ozons auf *Enterococcus faecalis* [Chang et al. 2003]. Ozon tötet sehr wirkungsvoll die Bakterien auf einem Agarnährboden. Ob Ozon und wie weit Ozon überhaupt in den Wurzelkanal eindringt und dort noch wirksam ist, weiß man bis heute nicht.

Eigene klinische Untersuchungen zeigen auch erste positive Ergebnisse. Als unbehandelbar eingestufte Kinder mit mindestens zwei offenen kariösen Läsionen wurden mit Ozon (HealOzone, KaVo, Biberach) behandelt. Vorher wurde ein klinischer Index erhoben und der Diagnodent-Wert vor und nach der Ozonbehandlung gemessen. Das Ozon wurde direkt auf die kariösen Läsionen (Abb. 5) appliziert, die Kontrollläsionen wurden unbehandelt belassen. Weiches Dentin der Testzähne wurde in zwei Drittel der Fälle härter, in einem Drittel der Fälle blieb es unverändert. Die Kontrollgruppe dagegen zeigte, dass es bei einem Drittel der Läsionen zur Besserung kam, bei einem Drittel zur Verschlechterung, und ein Drittel der Läsionen unverändert blieb. Zusätzliche Fluoridierungsmaßnahmen wurden bei den Kindern nicht angestrengt. Als

wichtigste Beobachtung ist festzustellen, dass die schmerzfreie Kariesbehandlung in 65 Prozent der Fälle zu einem Angstabbau führten, so dass alle Kinder stress- und angstfrei zur nächsten Behandlung gekommen sind [Dähnhardt et al. 2003]. Schädliche Nebeneffekte wurden nicht beobachtet und alle Eltern sind mit der Behandlung Ihrer Kinder sehr zufrieden. Sie würden gege-

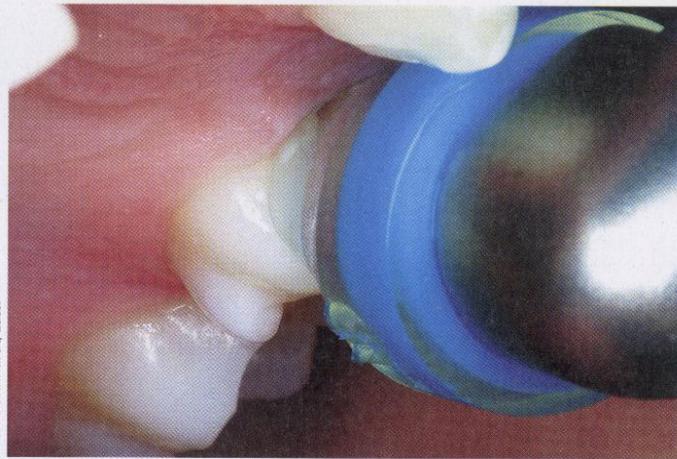


Foto: Dähnhardt/Lussi

Abb. 5:
Silikonauflauf
auf dem HealOzone
Handstück bei
Behandlung einer
mesialen Karies
am Zahn 65

benenfalls ihre Kinder wieder mit Ozon behandeln lassen und fast alle Eltern würden auch keine höheren Kosten scheuen. Viele Kinder wurden mit der Ozonbehandlung von einer risikobehafteten Prämedikation oder gar einer Vollnarkose bewahrt. Nach einigen Sitzungen konnten auch Zähne versorgt werden, die dem Ozon nicht zugänglich waren.

Ozon mit seinem Wirkungsspektrum wurde sicherlich lange Zeit in der Schulmedizin zu wenig Bedeutung beigemessen, jedoch gibt es in jüngerer Zeit viele interessante und viel versprechende Forschungsansätze

und einige Ergebnisse. Ob es zu einem Paradigmenwechsel in der Kariologie kommen wird, so dass man den invasiven Eingriff durch die Ozonbehandlung ersetzen kann, wird die Zukunft zeigen. Weitere Forschungsergebnisse werden den Weg in den nächsten Jahren weisen.

Zusammenfassung

Dieser Artikel gibt eine kurze Übersicht über die Geschichte des Ozons und sein Vorkommen im Alltag. Der Gebrauch des medizinischen Ozons in Medizin und Zahnmedizin wird dargelegt. Zwei Ozon produzierende Geräte, die in der Zahnerhaltung gebraucht werden können, werden vorgestellt. Dann folgt eine genaue Übersicht über den aktuellen Stand des Gebrauchs des Ozons und der Forschung in der Zahnerhaltung. Besondere Berücksichtigung findet die Kariesbehandlung.

Dr. Jan Eric Dähnhardt
Prof. Dr. Adrian Lussi
Klinik für Zahnerhaltung, Präventiv-
und Kinderzahnmedizin
Freiburgstraße 7
CH-3010 Bern

zm Leser
service

Die Literaturliste können Sie in der Redaktion anfordern. Den Kupon finden Sie auf den Nachrichtenseiten am Ende des Heftes.