



*Wissenschaft
& Fortbildung*

*Adressen
& Kalender*



*Praxis
& Produkte*

Deutscher Zahnärzte Kalender

2004

Deutscher
Zahnärzte
Verlag

DAV GmbH

Dr. med. dent. Karin Christine Huth

Geboren 1970 in München Zahnmedizinisches Staatsexamen 1996 in München, Wissenschaftliche Mitarbeiterin 1997-2002 (Abt. für Zahnerhaltung, Parodontologie & Kinderzahnheilkunde, Universität München. Promotion 1998. Zusatzqualifikation im Bereich Kinder- und Jugendzahnheilkunde der DGK/DGZMK und der DGZ 2002, Oberärztin seit 2002, Abt. für Zahnerhaltung, Parodontologie & Kinderzahnheilkunde, Universität München. Zertifizierte Fortbildung im Bereich Kieferorthopädie. Hauptarbeitsgebiete: Kinderzahnheilkunde, Kariologie.

Ozon und erste therapeutische Eindrücke bei der Behandlung von Karies

Von Karin Christine Huth und Reinhard Hickel

Einleitung

Ziel des Beitrags ist es, eine kurze Übersicht über die Bedeutung von Ozon in Natur, Umwelt und Medizin zu geben und seine mögliche Anwendung im Bereich der minimal-invasiven Zahnheilkunde zur Behandlung von Karies darzustellen.

Bedeutung von Ozon in Natur, Umwelt und Medizin

Mit der Erhöhung der Sauerstoffsättigung in der Atmosphäre begann die rasante Entwicklung biologischer Systeme auf der Erde vor ca. 2 Milliarden Jahren [19]. Gleichzeitig entwickelte sich Ozon in der Stratosphäre als Schutzschild gegen ultraviolette Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 200 und 300 nm. Es

werden dort maximale Konzentrationen von 10 ppm (parts per million) erreicht. Die Zerstörung großer Mengen von Ozon (Ozonloch über der Antarktis) wird seit 1974 vor allem auf die Anreicherung von CFKs (Chlorfluorkohlenstoffe) in der Stratosphäre zurückgeführt [26] und bedeutet eine ernstzunehmende Gefahr für die Integrität biologischer Systeme.

In der die Erde umgebenden Troposphäre sollte die durchschnittliche Ozon-Konzentration geringer als 40 ppb (parts per billion) sein. Im wesentlichen bedingt durch Luftverschmutzung, steigt jedoch die Ozon-Konzentration in großen Städten während des Sommers bis auf Werte von 100 ppb oder mehr an [42]. Ozon ist bei akuter oder chronischer Inhalation vor allem für die Schleimhäute des Respirationstrakts toxisch [2]. In Kombination mit dem sogenannten photochemischen Smog der industriellen Luftverschmutzung wurde eine stark reizende Wirkung auf die Schleimhäute der Lunge, der Augen und der Nase beobachtet [41].

Ozon, von dem deutschen Chemiker Christian Friedrich Schönbein im Jahre 1840 entdeckt, zeigte sehr früh seine herausragende nutzbare Fähigkeit, Mikroorganismen zu inaktivieren [32]. Seit dem 19. Jahrhundert

wird es daher erfolgreich zur Desinfektion von Nutz- und Trinkwasser eingesetzt [40], flächendeckend vor allem in den USA [31]. In der Lebensmittelindustrie dient es zur Haltbarmachung von Lebensmitteln und in der Gastronomie zur Geruchselimination.

Vor allem seine desinfizierenden Eigenschaften machen Ozon auch für Medizin und Zahnmedizin interessant. Zunehmend finden Untersuchungen zum evidenzbasierten, medizinischen Einsatz von Ozon in möglichen medizinischen Anwendungsgebieten statt. Die Behandlung infizierter Wunden und entzündlicher Prozesse sowie die Mitbehandlung virusbedingter Erkrankungen (Herpes, Hepatitis) und die Therapie von Durchblutungsstörungen sind hier zu nennen [6, 39]. In der zahnärztlichen Praxis wird Ozon mit Erfolg zur Wasserdesinfektion in zahnärztlichen Behandlungseinheiten eingesetzt [11]. Über die Anwendung von ozoniertem Wasser gab es in den vergangenen Jahrzehnten vereinzelte, aber erfolgsversprechende Berichte zum möglichen Einsatz in der Zahnheilkunde, z.B. zur Behandlung von Wundheilungsstörungen [35, 12], zur Desinfektion herausnehmbaren Zahnersatzes [29] und als antimikrobiell wirkende Spüllösung [33]. Auf seiner Suche nach einem pharmakologischen Ansatz zur Kariesbehandlung machte

kürzlich Prof. Edward Lynch auf die bakterizide Wirkung von Ozon-Gas auf kariespathogene Mikroorganismen aufmerksam, wobei das Ozon-Gas unter dichtem Abschluss lokal appliziert werden kann. Ein wesentlicher Punkt jeglicher therapeutischer Anwendung von Ozon am Menschen ist die strikte Vermeidung der Inhalation des Gases, um die oben beschriebenen Schleimhautaffektionen auszuschließen. Diesem Aspekt müssen die ozongenerierenden Geräte in Hinblick auf den Modus von Ozon-Synthese, Applikation und Ozon-Elimination Rechnung tragen.

Ozon-Generierung

Ozon wird in den verschiedenen Ozon-Generatoren, die für den Bereich der Medizin bzw. Zahnmedizin zur Verfügung stehen, aus reinem Sauerstoff in einer endothermen Reaktion gebildet. Bei genauer Betrachtung entsteht dabei nicht reines Ozon, wie man vielleicht annehmen möchte, sondern ein Gasgemisch aus maximal 5% Ozon und 95% Sauerstoff [37]. Nach der Verwendung zur Herstellung von Ozon-Wasser oder in Gasform wird das Restgemisch innerhalb eines Ozon-Destruktors in einer exothermen Reaktion zu Sauerstoff zurückgewandelt. Interessant ist, dass der Mensch olfaktorisch Ozon-Konzentrationen bis zu einem Mini-

mum von ca. 0,01 ppm wahrnehmen kann.

Für eine Arbeitszeit von 8 Stunden am Tag wird für Innenraumluft von der „Occupational Safety and Health Administration“ (OSHA, USA) ein Ozon-Grenzwert von 0,10 ppm angegeben (für Außenluft 0,12 ppm). Der höchste gemessene Wert beim Gebrauch eines Ozon-Gerätes, das derzeit für die zahnmedizinische Anwendung von Ozon-Gas zur Verfügung steht (HealOzone™, KaVo, Biberach, Deutschland), betrug bei der lokalen Applikation von Ozon für 10 sec 0,076 ppm in einem Abstand von 2 mm von der Applikationskappe [4].

Anwendung von Ozon gegen Karies

Karies

Mit zunehmendem Verständnis auf dem Gebiet von Kariesinitiation und -progression ist es möglich, neue kausalorientierte Behandlungsstrategien zu entwickeln. Man geht heute davon aus, dass es sich bei Karies um eine multifaktoriell bedingte Infektionskrankheit handelt, die mit einer Zerstörung der Zahnhartsubstanz durch spezifische Säureproduzierende Bakterien unter Fermentierung von Kohlenhydraten einhergeht [10]. Die kariespathogenen Mikroorganismen, vor

allem Mutans-Streptokokken und Laktobazillen, befinden sich in Plaquebiofilmen an Zahnoberflächen [20]. Die Forschung der letzten Jahre hat gezeigt, dass Mikroorganismen, die in Biofilmen wachsen, einzigartige Eigenschaften aufweisen. Die erhöhte Resistenz gegen antimikrobielle Wirkstoffe ist hier ebenso zu nennen wie die durch Adhäsion ausgelöste Derepression bestimmter Gene, die neue Phänotypen im Biofilmverbund entstehen lassen [22]. Neben der Demineralisation der Zahnschmelze ist auch eine Remineralisation durch Ionen aus dem Speichel oder aus remineralisierenden Lösungen möglich. Der flächendeckenden lokalen Anwendung von Fluoriden in Zahnpasten und Mundspüllösungen kommt hier eine herausragende Rolle zu [14]. Remineralisierte Zahnoberflächen zeigen zudem eine erhöhte Resistenz gegen neue Angriffe demineralisierender Säuren [10]. Je nachdem welche Seite des Gleichgewichts zwischen De- und Remineralisation zeitlich oder quantitativ mehr betont ist, kommt es entweder infolge längerer Demineralisation zur Kavitation der Läsion, zu einem stabilen Gleichgewicht oder zu einer Remineralisation, d.h. Ausheilung der Läsion. Diesen initialen Kariesläsionen kommt große Bedeutung zu, hat doch die dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie gezeigt, dass

sich bei 12-jährigen Jugendlichen durchschnittlich 3 solcher Läsionen zeigen und das im Vergleich zu einem mittleren DMFT-Wert von 1,7 in dieser Altersgruppe [23]. Sobald eine Kavitation an der Zahnoberfläche stattgefunden hat, ist jedoch keine vollständige „restitutio ad integrum“ mehr möglich [9]. Um diesen neuen Erkenntnissen auf Behandlungsebene Rechnung zu tragen, hat sich ein neues Feld innerhalb der konservierenden Zahnheilkunde etabliert, die sogenannte minimal-invasive Zahnheilkunde [8], in die sich die therapeutische Anwendung von Ozon nahtlos integrieren lässt.

Minimal-invasive Zahnheilkunde

Im Rahmen der minimal-invasiven Zahnheilkunde wird das Hauptaugenmerk der zahnärztlichen Bemühungen auf eine individuelle, präventiv orientierte Versorgung des Patienten gelegt. Ziel ist es, mit Hilfe pharmakologischer Ansätze, moderner Technologien und Instrumente, ein invasives Vorgehen bei der Behandlung von Karies so lange wie möglich zu verzögern. Bei demineralisierter Zahnschmelze ohne Kavitation zielt die Behandlung auf eine Remineralisation ab, bei bereits bestehendem Substanzdefekt auf eine maximale Schonung gesunder

Zahnschmelz und bei bereits in situ befindlichen zahnärztlichen Restaurationen auf eine Verlängerung deren Lebensdauer [38, 30]. Diese moderne Philosophie der konservierenden Zahnheilkunde beinhaltet als Grundlage neue Technologien zur individuellen Kariesrisikoeinschätzung eines Patienten und zur möglichst frühzeitigen Kariesdetektion und kann in drei Hauptfelder unterteilt werden, die nicht-invasiven Methoden, die selektiv-invasiven und die minimal-invasiven Methoden zur Prävention bzw. Behandlung der Zahnkaries (Tab. 1). Abgestimmt auf die Kariesrisikoeinstufung und die Ergebnisse der Kariesdiagnostik kommen im Rahmen der nicht-invasiven Strategien unterschiedliche Regime und deren Kombinationen zum Einsatz, wie Ernährungsberatung, Mundhygieneunterweisung, Fluoridierung, prophylaktische Fissurenversiegelung [15] sowie die Mittel der chemischen Plaquekontrolle [16, 36]. Auch die therapeutische Applikation von Ozon ließe sich hier eingliedern. Basierend auf der Entwicklung graziler Instrumente und der Verwendung von Vergrößerungshilfen können als selektiv-invasive Methoden die erweiterte Fissurenversiegelung, die chemisch-mechanische Kariesentfernung und das sogenannte „selektive Bohren“ genannt werden, wobei selektiv nur kariöse

Tab. 1
Methoden zur Prävention und Behandlung der Zahnkaries im Rahmen der minimal-invasiven Zahnheilkunde

Prävention und Behandlung der Zahnkaries	
1	Nicht-invasive Methoden Aufklärung im Sinne der Mundgesundheit / Ernährungsberatung Lokale Fluoridanwendung Chemische Plaquekontrolle Präventive Fissurenversiegelung Ozon
2	Selektiv-invasive Methoden Erweiterte Fissurenversiegelung Chemische Kariesentfernung Selektives Bohren („smart prep“, Laser)
3	Minimal-invasive Methoden Minimal-invasives Kavitätdesign/ adhäsive Materialien Füllungsreparatur

Zahnschmelz abgetragen wird. Das dritte Feld wird von der minimal-invasiven Therapie im engeren Sinne gebildet, das bereits bestehende Substanzdefekte unter maximaler Schonung gesunder Zahnschmelz im Sinne des minimal-invasiven Kavitätdesigns adhäsiv restauriert [28]. Da die Erneuerung von Restaurationen in der täglichen Praxis einen hohen Prozentsatz ausmacht, wird auch der Reparatur von Restaurationen mehr und mehr Beachtung geschenkt [25, 13].

Ozon im Rahmen der minimal-invasiven Therapie der Zahnkaries

Als nicht-invasives Verfahren ist der Einsatz von Ozon sowohl präventiv denkbar, wie auch zur Behandlung bereits bestehender Karies. Dies könnte auch in Kombination mit anderen präventiven oder minimal-invasiven Behandlungsstrategien, z.B. Fissurenversiegelung, erfolgen. In vitro konnte eine signifikante Reduktion kariespathogener Keime (*Streptokokkus mutans* und *Streptokokkus sobrinus*) nach der Applikation von Ozon gezeigt werden, ebenso wie eine signifikante Reduktion der Gesamtmenge von Mikroorganismen in kariöser Substanz von Wurzelkariesläsionen [3]. Ebenso wurde bei Verwendung von Ozon von der Oxidation von Kohlenhydraten und demineralisierenden Säuren sowohl im Speichel, wie auch in kariöser Zahnschicht berichtet, woraus sich möglicherweise ein zusätzlicher kariesprotektiver Effekt ableiten ließe [7, 24]. In der Folge könnte durch die lokale Anwendung das Gleichgewicht zwischen De- und Remineralisation im dynamischen Prozess der Karies zur Seite der Remineralisation hin verschoben werden und im Falle kariöser Initialläsionen ohne Kavitation eine „Heilung“ ermöglicht werden.

6

Beschreibung eines Ozon-Generators für die zahnärztliche Anwendung

Das sich zur lokalen Applikation für den zahnärztlichen Bereich derzeit auf dem Markt befindliche tragbare Ozongerät (HealOzone™, KaVo, Biberach, Deutschland) (Abbildung 1) besteht als medizinisches Elektrogerät aus einem Ozon-Generator und einem Handstück mit einer austauschbaren sterilen Einweg-Abdichtungsgummikappe, die in verschiedenen Größen erhältlich ist (Abbildungen 2 und 3). Das System ist werkseitig auf eine Konzentration von 2100 ± 200 ppm und eine Durchflussmenge von 615 ml/min eingestellt (HealOzone Benutzer-



Abb. 1
Ozongerät (Healozone™, KaVo, Biberach, Deutschland)

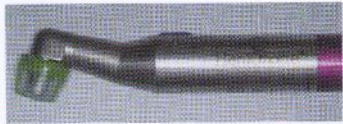


Abb. 2
Handstück



Abb. 3
Handstück mit Einweg-Abdichtungs-
Gummikappe

Handbuch). Gasförmiges Ozon wird nur im Moment des Gebrauchs generiert und nur bei bestehendem dichtem Abschluss zwischen der Zahnoberfläche und der flexiblen Gummikappe mit Unterdruck appliziert. Die Ozon-Behandlung muss unter Trockenlegung erfolgen, um ein Ansaugen von Speichel in das Handstück zu verhindern. Während der Anwendung des Ozons ertönt einmal pro Sekunde ein akustisches Signal. Kommt es während der Applikation zu einer Undichtigkeit zwischen Zahn und Kappe, stoppt der Ozon-Generator und es wird kein weiteres Ozon generiert. Sobald der Zahnarzt eine neuerliche Abdichtung erreicht

hat, kann Ozon wieder appliziert werden. Am Ende der gewünschten Applikationszeit muss der dichte Abschluss noch 10 Sekunden aufrecht erhalten werden. In dieser Zeit wird das restliche Ozon automatisch in das Gerät zurückgesaugt und dort eliminiert. Ist im Gerät eine Flasche mit Remineralisationsflüssigkeit angeschlossen (Inhalt laut Hersteller: Kalzium, Phosphat, Fluorid, Zink, Xylitol u.a.), wird diese nach Abschluss des Absaugmodus für 5 Sekunden lokal appliziert, um den Remineralisationsvorgang zu unterstützen.

Einsatz von Ozon bei Fissurenkaries

An der Universität München wurde eine kontrollierte, prospektive klinische Studie zur Wirksamkeit von Ozon bei beginnender Fissurenkaries an bleibenden Molaren durchgeführt. Um den Effekt von Ozon so isoliert wie möglich zu erfassen und um festzustellen, in welchem Zeitraum eine etwaige Applikationswiederholung sinnvoll wäre, wurde zum einen auf die Anwendung einer Remineralisationslösung verzichtet und zum anderen Ozon nur einmalig für 40 Sekunden appliziert. Patienten, die 2 contralaterale bleibende Molaren mit beginnender Fissurenkaries im Schmelz bzw. in der äußeren Dentinhälfte ohne sichtbare Kavitation aufwie-

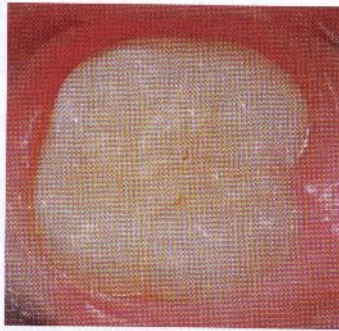


Abb. 4
Initiale kariöse Läsion an einem bleibenden Molaren



Abb. 5
Initiale Fissurenkaries an einem bleibenden Molar

sen, wurden in die Studie integriert (Abb. 4 und 5). Dies wurde mit Hilfe der Laserfluoreszenzmessung eruiert (DIAGNOdent, KaVo, Biberach, Deutschland; Werte zwischen 10 und 30). Die Stelle innerhalb des okklusalen Fissurensystems mit dem höchsten DIAGNOdent-Wert wurde zu

Beginn graphisch in einer Zeichnung festgehalten und dieser Wert sowie der Wert des elektrischen Widerstandes (Electrical Caries Monitor III, LodeDiagnostics, Groningen, Niederlande) als Referenzwerte des jeweiligen Zahnes notiert. 42 Patienten mit 57 Zahnpaaren konnten in die Studie aufgenommen werden. Randomisiert wurde festgelegt, welcher Zahn jedes Zahnpaars als Test-Zahn und welcher als Kontroll-Zahn dienen sollte. Ozon (HealOzone™, KaVo, Biberach, Deutschland) wurde einmalig für 40 sec auf die Okklusalfäche der Test-Zähne appliziert. Die Kontrollzähne blieben unbehandelt. Um den Effekt der Ozon-Behandlung im Vergleich zur Kontrolle zu quantifizieren, wurde je an der Referenzstelle sowohl der DIAGNOdent-Wert wie auch der Wert für den elektrischen Widerstand direkt nach der Ozon-Applikation und nach 1, 2, 3 und 6 Monaten gemessen und zum Referenzwert in Relation gebracht. Vor jeder Messung wurden die Test-Zähne und die Kontroll-Zähne mit einem Airflow-Gerät und Wasser gereinigt. Abbildungen 6 bis 10 zeigen die einzelnen Schritte des Behandlungsprotokolls: Reinigung, Laserfluoreszenzmessung, elektrische Widerstandsmessung, Ozon-Applikation am Test-Zahn. Die bis dato stattgefundene vorläufige Auswertung der Daten zeigte innerhalb der Test-Gruppe

Dr. med. dent. Kathrin Kook



Abb. 6
Reinigung der Okklusalfäche mit
einem Airflow-Gerät

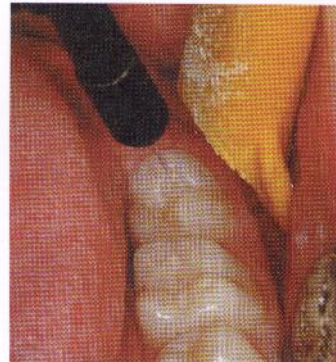


Abb. 7
Reinigung der Okklusalfäche mit
Wasserspray

direkt nach der Behandlung und nach 1, 3 und 6 Monaten eine signifikante Verbesserung der erhobenen Werte, während in der Kontroll-Gruppe keine signifikante Veränderung festgestellt wurde. Unerwünschte Nebenwirkungen wurden im Studienzeitraum nicht beobachtet. Die Ver-

öffentlichung der detaillierten und abschließenden Ergebnisse ist derzeit in Vorbereitung [18].

In Untersuchungen zeigten die beschriebenen indirekten Methoden zur Kariesdiagnostik (Laserfluoreszenzmessung, elektrische Widerstandsmessung) mehrheit-



Abb. 8
Laserfluoreszenzmessung im
okklusalen Fissurensystem



Abb. 9
Elektrische Widerstandsmessung
im okklusalen Fissurensystem



Abb. 10
Ozon-Applikation auf der Okklusalfäche eines bleibenden Molaren

lich gute Korrelationen zur histologischen bzw. klinischen Karies-tiefe [21, 34]. Ähnlich positive Ergebnisse beim Einsatz von Ozon gegen Karies wurden kürzlich im Rahmen der Tagungen der International Association for Dental Research (IADR) und der American Association for Dental Research (AADR) präsentiert [1, 5, 17, 27].

Ausblick

Aus den bisher gewonnenen Daten stellt sich die Ozon-Behandlung als vielversprechende, sichere, kausal-orientierte Möglichkeit dar,

Korrespondenzadresse:
Dr. med. dent.
Karin Christine Huth
Abteilung für Zahnerhaltung,
Parodontologie & Kinderzahn-
heilkunde
Zahnklinik der Universität
München
Goethestrasse 70
80336 München
Tel.: ++49-89-51 60-32 64
Fax.: ++49-89-51 60-53 44
E-Mail: khuth@
dent.med.uni-muenchen.de

Karies im Sinne der Elimination verursachender Keime und der Unterstützung der Remineralisation zu behandeln. Die Kombination von Ozon mit anderen präventiven bzw. minimal-invasiven Methoden der modernen Zahnheilkunde, sein Wirkmechanismus sowie anderweitige klinische Einsatzgebiete in der Zahnheilkunde sind derzeit Gegenstand aktueller Forschung.

Literatur

Das Literaturverzeichnis kann im Internet unter der Adresse <http://www.zahnheilkunde.de> abgerufen oder direkt beim Verfasser angefordert werden.