

# Die Desinfektion des Wurzelkanals mit Ozon<sup>©</sup>

( Dieser Beitrag wurde entsprechend den Autorenrichtlinien  
der Zeitschrift „Quintessenz“ gestaltet )

Schneider, Hans – Georg Prof. Dr. sc. med.  
Zentrum für Ästhetische Zahnheilkunde  
Holländer Str. 34, 13407 Berlin  
E-Mail : [schneider.prof@googlemail.com](mailto:schneider.prof@googlemail.com)

Gläser, Dietmar, Dr. med. dent.  
Zahnarztpraxis, Hauptstraße 69 a  
89250 Senden  
E-Mail : [glaeserdoc@aol.com](mailto:glaeserdoc@aol.com)

## **Indices:**

Ozon, Desinfektion, Wurzelkanal, Keimreduzierung

## **Zusammenfassung:**

Anfang des vorigen Jahrhunderts erschienen die ersten Veröffentlichungen über die vielgestaltigen Formen des Wurzelkanals bzw. der Wurzelkanäle. Schon damals wurde klar, dass nur axial verlaufende Kanäle der mechanischen Reinigung zugänglich sind und vom geraden Verlauf abweichende Neben- respektive Seitenkanäle nicht oder nur sehr schwer aufbereitet werden können und somit nekrotisches und vielfach auf bakteriell besiedeltes Gewebe in Seitenkanälen und den Dentintubuli verbleibt (Tubuli - Sarkophage). Theoretisch werden gasförmige Desinfektionsmittel (Chlorgas, Ozon) durch ihr Diffusionsvermögen und damit verbundene Tiefenwirkung dem Therapieziel am ehesten gerecht, eine möglichst hohe Keimreduktion im Wurzelkanal selbst sowie in den Seitenkanälen und Dentintubuli zu bewirken. Die in vivo durchgeführte, zweifache Ozonapplikation mit dem Gerät „OzoneDTA“ in den Wurzelkanal devitaler, einwurzeliger Zähne bewirkte absolute Keimfreiheit unter der Voraussetzung einer Kanalaufbereitung lege artis.

## 1. Theoretische Grundlagen - Die Anatomie des Wurzelkanals.

Die durch die Chaostheorie<sup>6,13</sup> belebte Aufmerksamkeit für fraktale Strukturen in der Natur<sup>4,22</sup> führt direkt zu der in der Überschrift dieses Beitrages angeschnittenen Problematik hin.

Abbildung 1 zeigt ein Baumfraktal als naturnahes Beispiel von Verzeigungen, die man sich in ähnlicher Weise in Dentin eines Zahnes vorstellen muss, wobei der Baumstamm dem Wurzelkanal entspricht, die Äste den Seitenkanälen und die Zweige den weiteren Ramifikationen bis hin zu den Endverzweigungen.



**Abbildung 1 : Baumfraktal**

(entnommen aus den Lehrblättern von Prof. Dr. Dörte Haftendorn, Sektion Mathematik der Leuphana Uni Lüneburg , 2005, Vorlesung „Fraktale Geometrie – Chaos und Ordnung“ ).

Die fraktalen Strukturen setzen sich in den Stielen und der Blattspreite (= Blattnervatur) fort (s. Abbildung 2).



**Abbildung 2 :**

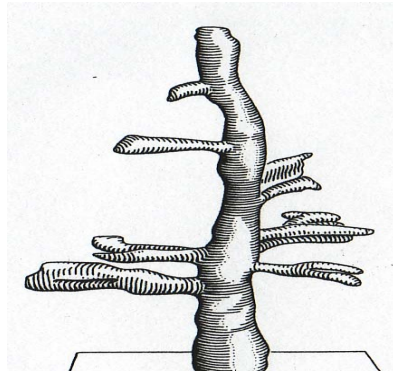
**Blattnervatur mit fraktaler Struktur :**  
Wiederholen des Ganzen in der Verkleinerung.

Objekt: *Hydrangea vein skeleton*  
Quelle: [WikiMediaCommons](#), User: [les](#)  
22-01-2008 – Public Domain

Schlägt man die Brücke von biologischen Fraktal „Blatt“ zum biologischen Fraktal „Zahn“ bzw. „Wurzelkanal“ so lässt sich beim Studium älterer Fachliteratur feststellen, dass schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts von Preiswerk<sup>28</sup>, Fischer<sup>9</sup>, Hess<sup>17</sup>, Richter<sup>31</sup>

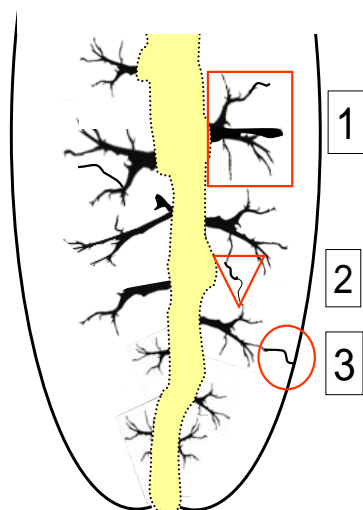
u. a. Untersuchungen über die Anatomie der Wurzelkanäle in deutschsprachigem Schrifttum publiziert wurden. Allen Arbeiten gemeinsam ist die Feststellung über die große Variabilität der Wurzelkanäle, ihre Seitenkanäle und die weiteren, sich immer stärker verengenden Ramifikationen bis hin zu 0,02 mm dünnen Kanälchen. Damit haben diese eben genannten Autoren, fraktale Strukturen vorgefunden ohne diese so zu nennen, denn die Chaostheorie war noch nicht entdeckt und die daraus abgeleitete fraktale Geometrie noch nicht entwickelt.

Die Abbildung 3 stellt eine von 15 Variationen des Wurzelkanals dar, die Meyer<sup>16</sup> in seinem Beitrag über „Die Anatomie der Wurzelkanäle“ nachgezeichnet hat.



**Abbildung 3 :** Wurzelkanal mit Seitenkanälen ( nach Meyer<sup>23</sup>)

Der in Abbildung 3 dargestellte Wurzelkanal-Umriss wurde am PC bearbeitet und mit einer fraktalen Struktur versehen ( s. Abbildung 4 ).



**Abbildung 4 :**

- Der Wurzelkanal – ein biologisches Fraktal.
- 1 = Der Seitenkanal wird durch eine randdichte Wurzelfüllung zu einem Sarkophag ( sofern nicht Fall 2 oder 3 vorliegt ).
- 2 = Kapillar-ähnliche, verbindende Mikro-Ramifikationen.
- 3 = Pulpo-parodontale Verbindungen.

Mit Hilfe der Raster-Elektronen-Mikroskopie (REM) konnten noch kleinere Verästelungen der o. g. Kanälchen festgestellt werden. Beispielsweise die an Tieren (u. a. an Affen) durchgeführte Studien von Forssell-Ahlberg et al.<sup>10</sup> wiesen Dentintubuli mit einem Durchmesser von 1,5 – 2,8  $\mu\text{m}$  in Pulpennähe nach, die sich peripher bis auf 0,6 – 0,9  $\mu\text{m}$  verjüngten. Die Häufigkeit der Tubuli dentinalis betrug  $50 \times 10^3 - 90 \times 10^3 / \text{mm}^2$

pulpennah und  $10 \times 10^3$  bis  $25 \times 10^3$  /  $\text{mm}^2$  in der Nähe der Schmelz-Dentin-Grenze.

Moller et al.<sup>24</sup> geben ein Volumenverhältnis zwischen dem Wurzelkanal und seinen fraktal gegliederten Ramifikationen von 55 : 45 an. Realiter ist deshalb nicht die totale Räumung aller bakteriellen Schlupfwinkel und die totale Abtötung der Keime das erklärte Behandlungsziel (wegen der Unmöglichkeit dieses Ziel zu erreichen), sondern eine möglichst große Annäherung an diesen Idealzustand wie es z. B. Barthel-Zimmer<sup>5</sup> in ihrer Habilitationsschrift herausgestellt hat. Auch Ricucci u. Siqueira<sup>32</sup>

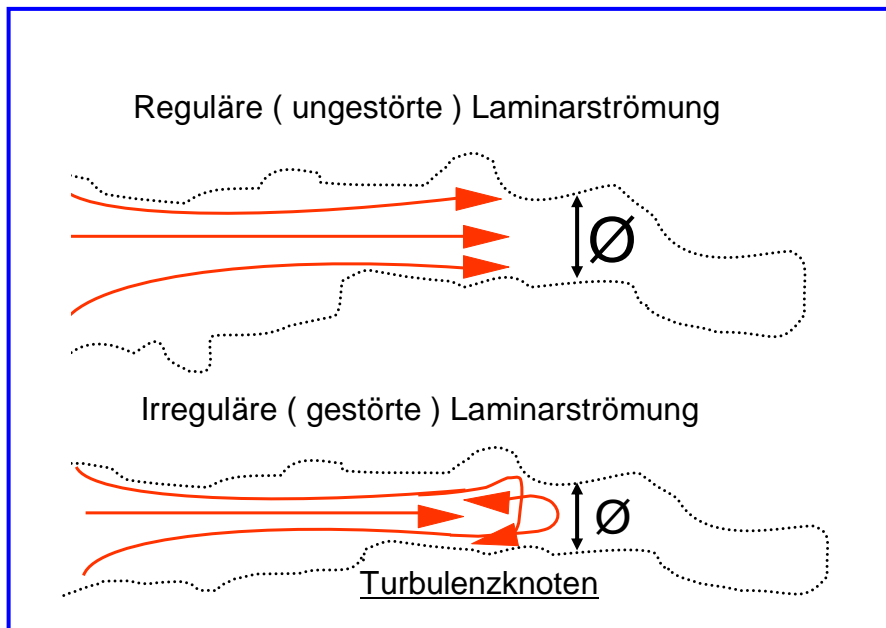
beschäftigen sich kritisch mit dem Problem der Seitenkanäle. Sjögren et al.<sup>33</sup> geben bei Zähnen mit exakten Wurzelfüllungen eine Erfolgsquote von 90 % an, bei nicht bis zum Apex abgefüllten Wurzelkanälen jedoch nur eine von 69 %. Die besonders komplizierten Figurationen der Wurzelkanäle bei Molaren stellen nach Angaben von Habl et al.<sup>15</sup> kein Hinderungsgrund dar, nicht auch eine 90%ige Erfolgsquote zu erreichen. Greift man auf den in Abbildung 4 dargestellte, topographisch-morphologische Situation zurück, so wird klar, dass eine Wurzelfüllung wie ein Sarkophag das mumifizierte Pulpengewebe und ggf. darin eingeschlossene Keime hermetisch von der Außenwelt fernhält. Neben der Aufbereitung des Wurzelkanals bis zum Apex spielt auch die Dichtigkeit der Wurzelfüllung und die der Deckfüllung eine große Rolle. Füllungsrandspalten werden als „intakt“ bezeichnet, wenn der Randspalt  $< 1 \mu\text{m}$  ist, da der größte Teil der Bakterien größer als  $1 \mu\text{m}$  sind und deshalb nicht in den Randspalt einwandern können.

Dieser Gedankengang wird nicht der Tatsache gerecht, dass Zuckermoleküle nur eine Größe von  $\sim 2 \text{nm}$  haben, somit in die Tiefe diffundieren können und dort verbliebene Keime mit Energie und damit am Leben erhalten können. Der Begriff „Dichtigkeit“ ist somit relativ. Die geschilderte Problematik findet sich u. a. in den Monographien von Stock et al.<sup>35</sup>, Bargholz et al.<sup>3</sup>, Hülsmann et al.<sup>18</sup> und in zahlreichen Dissertationen wieder, von denen hier die von Galler<sup>11</sup>, Wallerang-Dagov<sup>36</sup>, Muselmani<sup>25</sup>, Nestler<sup>26</sup>, Pourmaafi<sup>30</sup>, Ehrlichmann<sup>7</sup>, Golomek-Elstastas<sup>14</sup>, Zilliges<sup>37</sup>, Parchami<sup>27</sup> und Giepen<sup>12</sup> genannt werden sollen, ohne damit den Anspruch auf Vollständigkeit der Quellen zu erwecken.

## **2. Theoretische Grundlagen - Diffusion der Desinfektionsmittel**

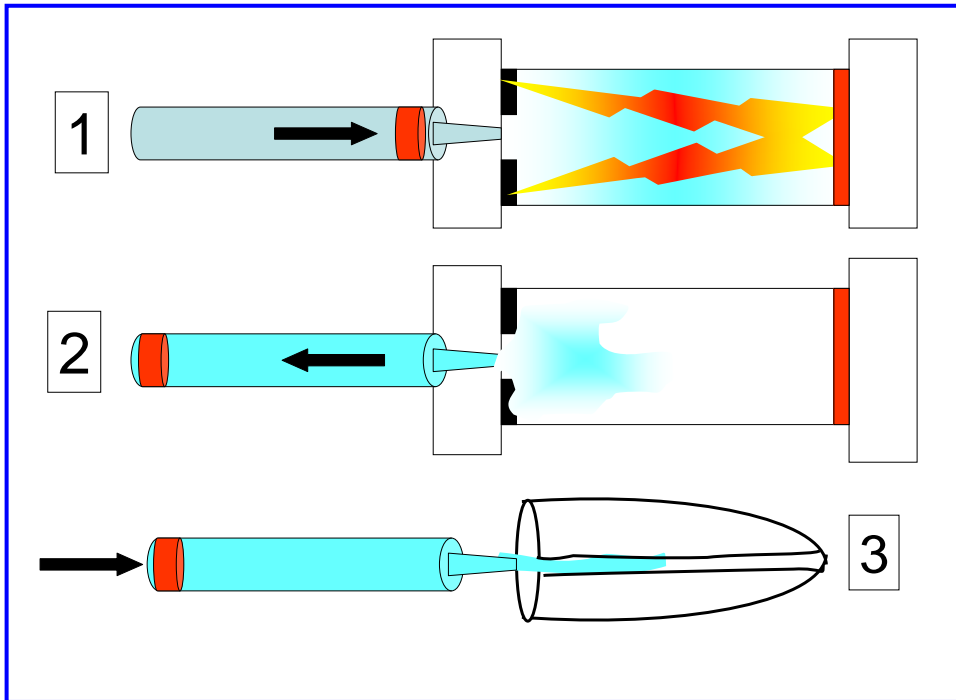
Die Wirkung der zur Wurzelkanalbehandlung eingesetzten Desinfektionsmittel hängt u. a. von ihrer Penetrationsfähigkeit (dem Kriech- und Diffusionsvermögen) ab. Dabei stehen Gase (Chlorgas und Ozon) in Bezug auf das soeben genannte Kriterium vor den Pasten, den Gelen und den Lösungen mit antibakterieller Wirkung. Auch der Laserstrahl hat nur eine geringe Tiefenwirkung ( $\sim 500 \mu\text{m}$ ).

Der Ausbreitung von normbaren Gasen in Röhren (als solche sind die Wurzelkanäle, ihre Verzweigungen und die Dentinkanälchen in ihrer Grundform an zu sehen) sind gewisse Grenzen gesetzt, die durch die Gasdynamik bedingt sind (s. Abbildung 5). Bei druckloser oder druckschwacher Strömung von Gasen bilden sich in sehr engen Röhren sog. Turbulenzknoten aus, in denen sich der Gastrom dreht und entgegengesetzt zur ursprünglichen Strömungsrichtung fließt, d. h. der Gasstrom kommt zum Stillstand.

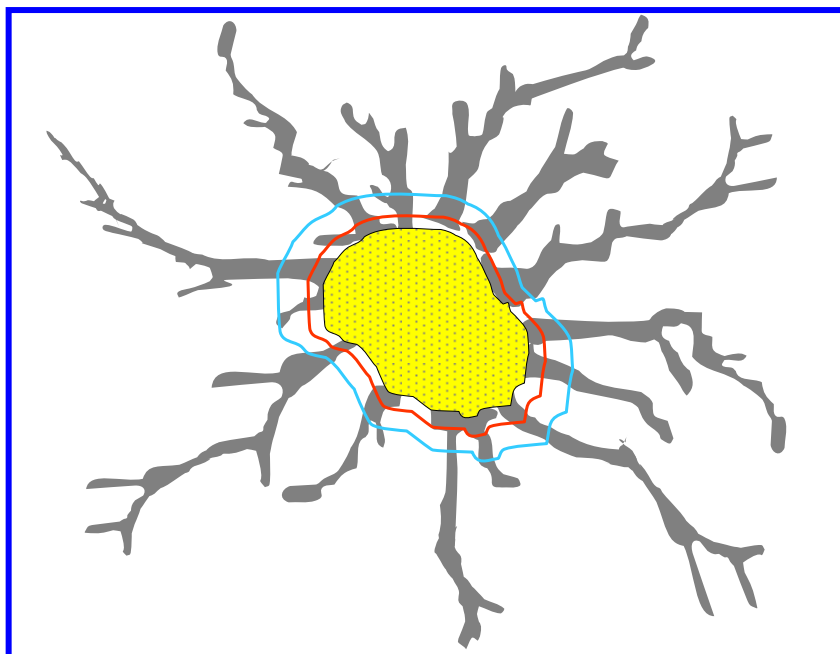


**Abbildung 5 : Strömungsverhalten von normbarem Gas in Röhren**  
(hier: von ozonisiertem Luftgemisch im Wurzelkanal)

Aus dem geschilderten Grund sollte man sich nicht auf die Fließfähigkeit des Ozongases von vorneherein verlassen, sondern das Kanallumen so weit wie möglich erweitern und die Diffusionsbarrieren (Detritus und Smear layer) beseitigen. Die Endstufe der mechanischen Aufbereitung des Wurzelkanals sollte mit Instrumenten in Größe  $\geq$  ISO 35. erfolgen. Es gelten somit bei der Anwendung von Ozongas die Regeln der mechanisch-chemischen Kanalaufbereitung voll und ganz. Das in einer Kammer erzeugte Ozongas wird mit einer Glasspritze aus dieser Kammer abgesaugt und dann mit Druck im Wurzelkanal appliziert (s. Abbildung 6). Dadurch erlangt die Gasdiffusion eine gewisse Tiefe in den Seitenkanälen ohne allerdings das gesamte fraktale Netzwerk der Tubuli dentinalis – wie zuvor eingehend dargestellt – zu durchdringen (s. Abbildung 7). Dieser Applikationsmodus unterscheidet sich von der durch Steiner und Steiner<sup>34</sup> beschriebenen, bei der Ozon kontinuierlich in den Wurzelkanal mit Hilfe einer über den Zahn gestülpten Silikonglocke eingeführt wird.



**Abbildung 6 :** Vorgang der Instillation von Ozon in den Wurzelkanal  
 1 : Ozonkammer des Generators in Betrieb  
 2 : Absaugen des Ozons mit einer Ganzglas-Spritze  
 3 : Einströmen des Ozongases in den Wurzelkanal  
 (ggf. in einen Fistelgang, tiefe Tasche, Abszeßhöhle ect).



**Abbildung 7 :** Querschnitt durch einen Wurzelkanal, gefüllt (gelb) mit den ungefüllten Seitenkanälen (grau), die mit nekrotischem (infiziertem ?) Material ausgefüllt sind und demzufolge Mikro-Sarkophage darstellen (vergleiche mit Abb. 4). Erklärung : Rot markierte Zone = Eindringtiefe der Hitze eines Laserstrahls, blau markierte Zone = Vermutliche Eindringtiefe von Ozongas

### 3. Untersuchungen

#### 3.1 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an einwurzeligen, devitalen Zähnen durchgeführt.

Es wurden Abstriche aus dem Wurzelkanal nach folgenden Arbeitsschritten vorgenommen :

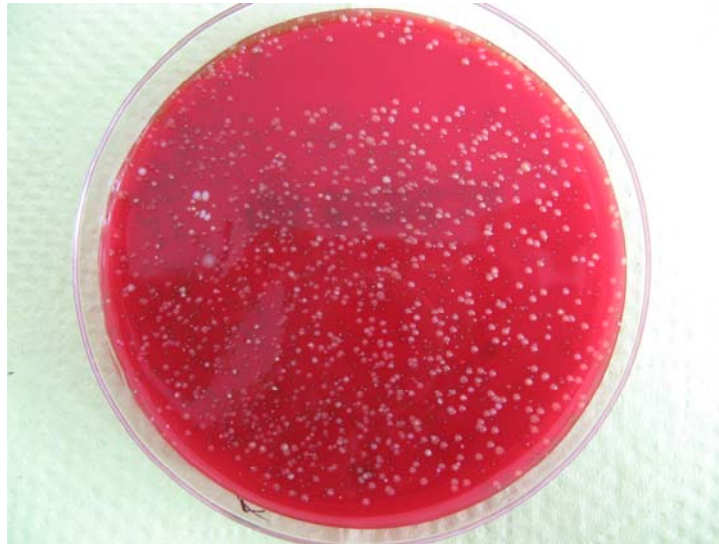
- a). Trepanation bis zum Kanaleingang und Entnahme von zerfallenen Pulpengewebe mit einer sterilen Feile ISO 10, Durchmischung des gewonnen nekrotischen Materials in 1,0 ml Hirn-Herz-Bouillon (HHB) und deren Aufteilung nach 5minütiger Verweildauer in der HHB in zwei Portionen von 0,5 ml die in verschiedene Nährböden verbracht wurden. Es handelte sich dabei um Produkte der Firma bioMérieux Deutschland GmbH und zwar um Columbia-Agar, versetzt mit 5 % Hammelblut sowie um Schädler-Agar , der in Verbindung mit GENbag anaer die Keimanzucht unter anaeroben Bedingungen erlaubt.

Nach einer Verweildauer von 30 Stunden im Brutschrank (Thermacult Selzer Labortechnik) bei kontantem 37<sup>0</sup> C wurden die Kulturen unter standardisierten Bedingungen fotografiert.

- b). Nachfolgend zu der unter a). beschriebenen Prozedur wurde der jeweilige Kanal manuell bis zur Iso-Norm 35 erweitert, mit 3%iger NaOCI-Lösung gespült und dann maschinell mit Flexmaster auf 06/30 unter Verwendung von EDTA File care VDW aufbereitet und abschließend nochmals mit Natriumhypochlorit gespült. Der Abstrich von der Kanalwand erfolgte mit einer sterilen Feile der Größe ISO 10. Die Plattierung der Nährböden erfolgte in der unter a). angegebenen Weise.
- c). Die nach a + b behandelten Wurzelkanäle wurden nach der in Abbildung 6 dargestellten Methode mit 4 cm<sup>3</sup> ozonisierter Luft gefüllt und anschließend sofort mit Cavit verschlossen. Als Ozongenerator wurde das Gerät „OzoneDTA“ der Firma DentaTec in Verbindung mit der in Abbildung 6 dargestellten Ozonkammer verwendet. Betriebsbedingungen war jeweils die Intensitätsstufe 15 und die Dauer 120 sec.
- d). Alternativ zu der unter a + b beschriebenen Verfahrensweise wurden Wurzelkanäle lediglich manuell mit Instrumenten bis zur ISO-Normgröße 35 aufbereitet und dann einmalig mit Ozon in der unter c angegebenen Weise begast.
- e). Im Verlauf der Untersuchungen erwies es sich als notwendig, nach Ablauf der Prozeduren a, b und c eine nochmalige Ozonbegasung durchzuführen, um Restbestände anaerober Keime zu beseitigen.

### 3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind an den folgenden Abbildungen ablesbar.



**Abbildung 8** : Abstrich aus unbehandeltem Wurzelkanal = Methode a, plattiert auf Columbia-Agar (5 % Hammelblut – Zusatz) bebrütet unter Luftzutritt → Aerobe Keime.



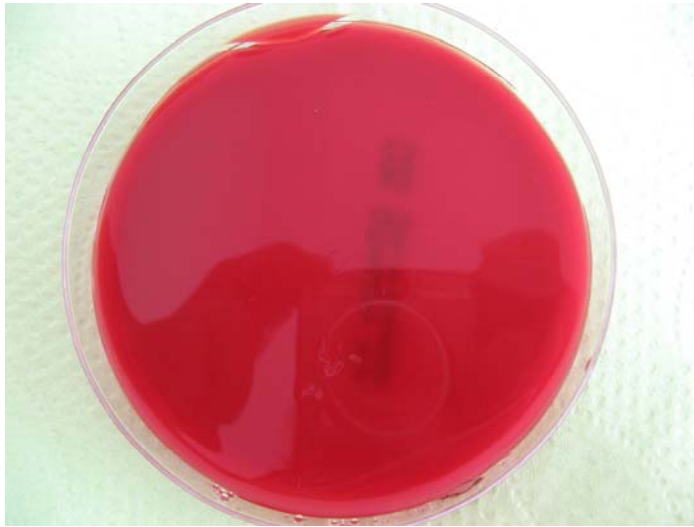
**Abbildung 9** : Abstrich aus unbehandeltem Wurzelkanal = Methode a auf Schädler-Agar unter GENbag/anaerobier, Bebrütung ohne Sauerstoff → Anaerobier.



**Abbildung 10** : Abstrich aus ozon-behandeltem Wurzelkanal = Methode b  
Einmalige Ozonapplikation. Bebrütung auf Columbia-Agar unter  
Luftzutritt. Nur noch eine Aerobier-Kolonie nachweisbar.



**Abbildung 11** : Plattierter Abstrich aus einmalig behandeltem Wurzelkanal =Methode b.  
Nährboden : Schädler-Agar mit GENbag/anaerob.  
Vereinzelte Kolonien nachweisbar.



**Abbildung 12 :** Zweimalige Ozon-Begasung des Wurzelkanals, ansonsten identischer Behandlungsablauf wie zuvor unter „Material und Methode“ im Abschnitt b beschrieben. Keine aeroben Keime mehr nachweisbar.



**Abbildung 13 :** Ausstrich auf Schädler-Agar im GENbag anaerob nach zweimaliger Ozon-Applikation, Wurzelkanalaufbereitung nach Methode b. Keine anaeroben Keime nachweisbar.



**Abbildung 14 :** Abstrich auf Columbia-Agar unter Luftzutritt nach unzureichender Kanalaufbereitung und einmaliger Ozon-Insufflation = Methode d. Reduzierung der Keimdichte (vergleiche mit Abb. 8).



**Abbildung 15 :** Kanalaufbereitung und Ozon-Anwendung wie in der Legende von Abb. 14 beschrieben, jedoch Bebrütung auf Schädler-Agar mit GENbag/anaerob. Reduzierung der Keimzahl (vergleiche mit Abbildung 9).

## Diskussion:

Dieser Beitrag entspricht der Meinung von Lynch<sup>21</sup>, die Wirkung von Ozon auf Bakterien mehr in klinischen Studien als in Laboruntersuchungen zu suchen. Die in der vorgelegten Studie vorgelegten Ergebnisse decken sich mit denen von Huth et al.<sup>19</sup> – auch hinsichtlich der Methodik – die Ozonapplikation zweimal hintereinander am Behandlungsobjekt vorzunehmen. Die von uns verwendete Art der Ozonbegasung (limitiert durch die Verwendung einer Ozonkammer mit 4 cm<sup>3</sup> Fassungsvermögen) reicht vermutlich nicht aus, alle Keime abzutöten. Ozon zerfällt bei Kontakt mit Proteinen in einer Halbwertszeit von ~ 10 sec, dadurch bedingt, dass jedes Ozonatom nur eine Doppelbindung im Eiweißmolekül zerstören kann (Reaktionsgleichung:  $O_3 \rightarrow O_2 + O_1 \rightarrow$  Zerstörung einer Kohlestoffdoppelbindung C=C in C-O-C). Dadurch nimmt die applizierte Menge an Ozon rapide ab und nähert sich dem Wert Null. Keime, die bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht zerstört worden sind, überstehen die Ozonattacke. Das geschah im Untersuchungsablauf vorrangig bei den Anaerobiern, die durch die erste Ozonapplikation zwar dezimiert aber nicht 100%ig abgetötet wurden.

Viele Autoren, von denen hier nur einige neuere Arbeiten, so von Hems et al.<sup>16</sup>, Estrela et al.<sup>8</sup>, Kustarej et al.<sup>20</sup>, Prskalo et al.<sup>29</sup> genannt werden sollen, negieren die Möglichkeit, mit Ozon eine vollständige Keimreduktion herbeizuführen. So geben Prskalo und seine Mitarbeiter<sup>29</sup> eine Reduktion von 82 % der anfänglichen Keimzahl nach Ozonanwendung an, wobei die prozentuale Häufigkeit der überlebenden Bakterien bei den Aerobiern 33 % und bei den Anaerobiern 7 % betrug. Hems und Mitarbeiter beobachteten keine Abnahme der Keimzahlen durch eine Ozonapplikation bei vorhandenen Biofilmen. Die hier vorgelegten Ergebnisse stützen die sich inzwischen allgemein durchzusetzende Ansicht, dass die Entfernung vorhandener Biofilme eine *conditio sine qua non* für eine Entfaltung der Ozonwirkung ist. Azarpazooch u. Limeback<sup>2</sup> stimmen im Ergebnis ihrer Literaturübersicht darin überein. Das Ergebnis der hier vorgelegten Studie spiegelt sich auch in den Ergebnissen von Alawadi et al.<sup>1</sup> wieder, die in der kombinierten Anwendung von NaOCl und O<sub>3</sub> ein statistisch besseres Ergebnis als bei ausschließlicher Applikation von Ozon fanden ( 64 % : 42 % sog. negative Kulturen). Das hier vorgelegte Resultat von 100 % keimfreier Kulturen ist mit großer Wahrscheinlichkeit der gründlichen mechanischen Aufbereitung sowie des Einsatzes von EDTA zu verdanken. Diese Substanz beseitigt die Schmierschicht und öffnet dadurch die Eingänge der Tubuli dentinalis als Diffusionspforten für das Ozongas (Tiefenwirkung !).

Die Verwendung von Ozongas kommt dem fraktalen Gefüge der Seitenkanäle weit mehr entgegen als desinfizierende Flüssigkeiten oder bakterizid wirkende Pasten. Das in Abbildung 5 dargestellte Strömungsverhalten von Gasen in Röhren ändert sich beim Eintritt des Ozons in das sich mehr und mehr verzweigende und verengende Röhrensystem, in dem vermutlich nur noch Verwirbelungen und letztlich die Brownsche Bewegung der Ozonmoleküle die Gasausbreitung bewirken. Nach den Angaben von Forsell-Ahlberg et al.<sup>10</sup> haben die Tubuli in der Nähe der Pulpenkammer einen Durchmesser von 1,7 bis 2,8 µm und sind somit größer als Bakterien. In der Peripherie, d. h. an der Dentin-Schmelz-Grenze beträgt der Durchmesser aber nur noch 1,0 – 1,3 pm (Pikometer = 10<sup>-12</sup>). In diese Dimensionen kann selbst das Ozon nicht mehr eindringen, da der Abstand von O zu O im Molekül 128 pm (128 billionstel Meter/ 128 x 10<sup>-12</sup>) beträgt. Ozon kann auf Grund seiner Molekülgröße tiefer in die Tubuli dentinalis eindringen als Bakterien, deren Kleinsten eine Größe von ~ 0,5 µm (0,5 x 10<sup>-6</sup>) haben. Daraus ist zu errechnen, dass Ozon tiefer in die Tubuli dentinalis eindringen kann als die Bakterien auf Grund ihrer (relativen) Größe können. Das Versuchsergebnis einer 100%igen Eliminierung aller Keime lässt sich dadurch erklären. Ein exponentielles Wachstum findet nicht statt, weil die Basis „Null“ (Keimfreiheit) keine Exponentialkurve über die bakterielle Generationszeit (Verdoppelung der Keimzahl x), z. B. 0<sup>3</sup> → 0<sup>4</sup> → 0<sup>5</sup> usw.. bilden kann.

## Literatur

- 1 Alawi J, Lamey PJ, Cunningham J L, Domingo H, Lynch E. Antimicrobial Efficacy in Root Canal Treatment. Int Ass Dent Res 2008 ; 10.-12.09 London
- 2 Azarpazhooh A, Limeback H. The application of ozone in dentistry. A Systematic review of literature. J Dent 2008; 36:104-116
- 3 Bargholz C, Hör D, Zirkel C. Praxisleitfaden Endodontie. 2006; Urban & Fischer / Elsevier München
- 4 Barnsley M F. Superfractals-Pattern of Nature. 2006 ; Cambridge University Press
- 5 Barthel-Zimmer CR. Untersuchungen zur Keimreduktion im Wurzelkanal. 2001; Med. Habilschr Humboldt-Uni Berlin
- 6 Briggs J, Peat FD. Die Entdeckung des Chaos. 2003; Deutscher Taschenbuch Verlag, 8. Aufl. München
- 7 Ehrlichmann N. Laserassistierte Bearbeitung der Wurzelspitze im Rahmen resektiver endodontischer Therapiemaßnahmen. 2010 ; Med Diss Bonn

- 8 Estrela C, Estrela CRA, Decurio DA, Hollanda ACB, Silva JA. Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexine in infected human root canals. *Int Endo J* 2007; 40: 85-93
- 9 Fischer G. Anatomie der Wurzelkanäle. *Dtsch Mschr Zahnheilk* 1905; 25: 544-552
- 10 Forssell-Ahlberg K, Brannström M, Edwall I. The diameter and number of dentinal tubules in rat, cat, dog and monkey: A comparative scanning electron microscopic study. *Acta odont Scand* 1975;33:243-250
- 11 Galler K. Vier elektronische Wurzelkanallängenmeßgeräte im klinischen Vergleich mit Röntgenmeßtechnik und tatsächlicher Länge. 2002; Med Diss München
- 12 Giepen L. Zur Verwendung von ozonisiertem Sauerstoff als Desinfektionsmittel im Wurzelkanal. 2009 ; Med Diss Marburg
- 13 Giesen J. „Chaosforschung: Fraktale-Chaos-Ordnung“, Vortragskonzept Schwerte 30.01.1995, Quelle: <http://www.jgiesen.de/Diverses/Chaosvorführung/Chaos.pdf>.
- 14 Golomeck-Elmastas, M. Einfluss medikamentöser Wurzelkanaleinlagen auf die Dichtigkeit der provisorischen Deckfüllung aus Cavit. 2006; Med Diss Gießen
- 15 Habl C, Bodenwinkler A , Stürzlinger H. Wurzelkanalbehandlungen an Molaren. Schriftenreihe : Health Technology Assessment 2005;18:1-106
- 16 Hems R S, Gulabivala K, Ready Y-L, Spratt D A. An in vitro evaluation of the ability of ozone to kill a strain of *Enterococcus faecalis*. *Int Endo J* 2005; 38:22-29
- 17 Hess W L. Zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses. *Schweiz Vierteljahresschr Zahnheilk.* 1917; 27:1-53
- 18 Hülsmann M, Schäfer E, Bargholz C, Barthel C. Probleme in der Endodontie. 2007; Quintessenz-Verlagsanstalt Berlin
- 19 Huth, K C, Quirling A, Maier S, Kamereck K, Alkhayer M, Paschos E, Welsch U, Miethke T, Brand K, Hickel R. Effectness of ozone against endodontopathogenetic microorganisms in a canal biofilm model. *Int End J* 2009; 42:3-13
- 20 Kustarei A, Sümer Z, Altunbas D, Kosum S. Bacterial effect of KTP laser irradiation against *Enterococcus faecalis* composed with gaseous ozone: an ex vivo study. *Oral Surg Med Path* 2009;107:73-79
- 21 Lynch E. Comment on: The application of ozone in dentistry: a Systematic review of literature *J Dent* 2009; 37: 406-410
22. Mandelbrot, B B. Die fraktale Geometrie der Natur. 1989 ; Birkhäuser Basel
23. Meyer W. Die Anatomie der Wurzelkanäle. *Dt zahnärztl Z* 1959;14:1239-1248
- 24 Moller, AJR , Fabricius L, DahlenG, Ohman AE, Heyden G. Influence of periapical tissues of indigenus and necrotic pulp tissue.

- An experimental study in monkeys. Scand J Dent Res 1981;89: 475-484
- 25 Muselmani, B :Rasterelektronische Untersuchung zur Qualität der Aufbereitung und Reinigung der Wurzelkanäle. 2007; Med Diss Jena
- 26 Nestler U. Die Aufbereitung gekrümmter Wurzelkanäle. 2007; Med Diss Jena
- 27 Parchami S. Der Einfluss verschiedener Parameter auf den klinischen Langzeiterfolg von Wurzelfüllungen am Zentrum für Zahn-Mund-Kieferheilkunde der Philipps-Universität Marburg als Beitrag zur internen Qualitätssicherung. 2011; Med Diss Marburg
- 28 Preiswerk, G. Lehrbuch und Atlas der Zahnheilkunde.1903; Lehmann München
- 29 Prskalo K, Halbauer K, Jankovic B, Matosevic D, Panduvic V, Tark Z. Ozone Influence of Bacterial Reduction during Endodontic Treatment. Poster Int. Ass Dent Res in Barcelona 2010, Quelle: [www.iadr/2010/barce/prelimaryprogram/abstract140572.htm](http://www.iadr/2010/barce/prelimaryprogram/abstract140572.htm)
- 30 Pourmaafi, P. Dichtigkeit von Wurzelkanalfüllungen und Sealextrusion in verschiedenen konischen Wurzelkanälen unter Verwendung von AV Plus und Gutta Flow. 2009 ; Med Diss Nürnberg-Erlangen
- 31 Richter E. Die Verästelungen des Wurzelkanals.1936; Med Diss Berlin
- 32 Ricucci D, J F Siqueira jr. Fate of the Tissue in Lateral Canals and Apical Ramifications in Response the Pathologic conditions and Treatment Procedures. J Endodont 2010; 36:1-15
- 33 Sjögren U, Hägglund B, Sundquist G, Wing K. Factor affecting the long-term results of endodontic treatment. J Endont 1990;16: 498-504
- 34 Steier L, Steier G. Ozon Application in Root Canal Desinfection in : Ozone: The Revolution in Dentistry (ed. E. Lynch). 2004; Quintessenz Berlin, 275-285
- 35 Stock Ch, Walker R, Gulaviala K. Endodontie. 2005; Elsevier München
- 36 Wallerang-Dagow A. Keimreduzierende Tiefenwirkung des ErCr:YSGG-Lasers auf enterococcus faecalis innerhalb des Wurzelkambiums. 2005 ; Med. Diss. Düsseldorf
- 37 Zilliges S. Das Desinfektionspotential verschiedener medikamentöser Einlagen im Wurzelkanal in situ. 2007; Med. Diss. Düsseldorf