

# ENDO TRIBUNE

— The World's Endodontic Newspaper · German Edition —

No. 6/2010 · 7. Jahrgang · Leipzig, 2. Juni 2010



## Adäquate Technik Step by Step

Die apikale Aufbereitung stellt einen grundlegenden Schritt in der Wurzelkanalbehandlung dar und gewährleistet eine bestmögliche Obturation.

► Seite 19f



## Stift oder nicht Stift?

Dr. Marcelo Balsamo, Brasilien, beschreibt in vorliegendem Patientenfall einen direkten adhäsiven Stift- und Stumpfaufbau in einer Sitzung.

► Seite 21



## „HiEndo – New Technologies“

Allerlei Neues gab es auf dem jüngsten Jahreskongress der Schweizerischen Gesellschaft für Endodontologie in Bern. Med. dent. Roman Wieland war vor Ort.

► Seite 23

## Pulpotomie in der Milchzahnendodontie

Das Vorgehen bei Pulpaamputation, Überkappungsmaterialien und die Bedeutung von Portland-Zement. Ein Beitrag von Dr. Hubertus van Waes und Dr. Richard Steffen, Zürich.



Abb. 1: Röntgenbild einer interrädikulären Aufhellung bei devitaler Milchzahnpulpa.

Abb. 2: Karies profunda an Zahn 74.

Abb. 3: Zustand nach Kariesexkavation.

(Fotos 2–7 von Dr. S. Benzinger, Zürich)

Kariesläsionen von Milchzähnen stellen für die betroffenen Kinder eine erhebliche Beeinträchtigung des Kauystems dar. Eine endodontische Behandlung kann hier eine sinnvolle Alternative zur Extraktion sein. Die Behandlung von Milchzahnendodontie unterscheidet sich in einigen wesentlichen Punkten von der der bleibenden Dentition.<sup>23</sup>

### Die Milchzahnpulpa

In pulpanahen Arealen des Milchzahndentins finden sich Riesentubuli von bis zu 10 mm Durchmesser. Diese vergrößerte Eintrittspforte für Bakterien wird für eine rasche, oft irreversible Reaktion der Milchzahnpulpa auf Karies verantwortlich gemacht.<sup>11</sup> Die klassischen Abwehrreaktionen auf kariöse Prozesse, wie Reizdentinbildungen und Mineralisationsänderungen des Dentins, sind bei der akuten Milchzahnkaries selten in der Lage, eine Pulpanekrose zu verhindern. Ausladende Pulparäume, dünne, gekrümmte Wurzeln und enge räumliche Beziehungen zu den Zahnsäckchen der nachfolgenden Zähne erschweren die dann notwendigen endodontischen Maßnahmen an den

Milchmolaren. Eine weitere Besonderheit sind die akzessorischen pulparodontalen Kanälchen am Boden der Pulpakammer, welche ermöglichen, dass sich Pulpaerkrankungen schnell auch in den Furkationsbereich hin ausbreiten. Das Alter der Patienten, respektive der Resorptionsgrad des zu behandelnden Zahnes, bestimmen über den Behandlungsweg und die Prognose eines kariösen Milchzahnes.<sup>7,23,24</sup>

### Diagnose

Die Beurteilung der Kariesausdehnung, der restlichen Dentinmenge, des Resorptionsgrades der Milchzahnwurzel und der Verlaufsgeschichte des betroffenen Zahnes erlauben uns häufig eine Entscheidung zu treffen, ob eine Pulpa behandelbar ist oder nicht. Eine sorgfältige Beurteilung der Röntgenbilder und des Beschwerdebilds sind von großer Bedeutung. Hier muss zwischen induzierten und spontanen Beschwerden unterschieden werden. Durch Reize provozierte Schmerzen, welche nach Ende der Noxe sofort abklingen, sprechen für eine intakte Dentinsensitivität. Hier ist die Pulpa in den meisten Fällen

vital und der Zustand reversibel. Anders, wenn spontane oder gar chronische Schmerzen auftreten. Dies steht in den meisten Fällen für einen ausgedehnten, irreversiblen Pulpaschaden. Ist gar eine Fistelbildung, eine deutlich erhöhte Beweglichkeit oder eine Abszessbildung vorhanden, ist das Entzündungsgeschehen in das knöcherne Bett des Zahnes vorgedrungen, was oft nicht mehr therapierbar ist.<sup>7</sup> Indirekte und direkte Pulpaüberkappungen, „Karies-Versiegelung“ und Pulpektomien/Wurzelfüllungen bei Milchzähnen sind mögliche Behandlungsmittel.<sup>8,11,21,22,23</sup> Die häufigste Therapieart bei Milchzahnkaries mit Pulpa-beteiligung ist jedoch die Pulpotomie bzw. Pulpaamputation.

### Klinisches Vorgehen

Die Behandlungsmittels einer Pulpaamputation basiert auf der Überlegung, dass das radikale Pulpagewebe eines erkrankten Milchzahnes fähig ist, vital zu bleiben, nachdem das erkrankte Gewebe im Pulpakavum entfernt wurde. Ziel ist es, die Wurzelpulpa in einem entzündungsfreien, vitalen, inaktiven Zustand

Fortsetzung auf Seite 18 →

## Drei nicht einfache Antworten

Statement von Prof. Dr. Peter Städtler\*



Drei Probleme in der Endodontie verursachen nach wie vor Kopfzerbrechen: Der Erfolg endodontischer Behandlungen an Milchzähnen hängt sehr wesentlich davon ab, ob die klinische Situation richtig eingeschätzt wurde und die Indikationen bzw. Kontraindikationen streng eingehalten wurden. Formocresol war lange das Mittel der Wahl für die Milchzahnpulpotomie, ist aber mittlerweile aus toxikologischen und allergologischen Gründen obsolet. Es ist eine offene Frage, welche sinnvollen Alternativen es gibt. Mineral Trioxide Aggregate scheint eine interessante Alternative zu sein – aber sollte es nicht modifiziert werden?

Durch die Aufbereitung mit rotierenden NiTi-Instrumenten konnte der einseitige Materialabtrag und das Überpressen von infizierten Dentinspänen signifikant reduziert werden. NiTi-Instrumente wollen aber mit sehr zarten Kräften behandelt werden, damit sie nicht unerwartet brechen. Liegt es an der zu hohen Friktion an der Kanalwand, wenn sie brechen, oder ist die Ursache eine Materialermüdung, die durch die wechselnden Zerrungen und Stauchungen bei der Rotation im gekrümmten Kanal entstanden ist? Kann die Torquekontrolle bei einem Endomotor so eingestellt

werden, dass der Instrumentenbruch sicher verhindert wird? Hier geht es darum, das geeignete Querschnittsdesign, die optimale Toquekontrolle und die richtige Vorgehensweise zu finden, mit der die Instrumente am wenigsten gestresst werden.

Wurzelkanalstifte bzw. Stiftaufbauten aus Metall können Wurzelfrakturen auslösen, wenn sie unter Belastung als Keil wirken und Spannungen auslösen. Faserverstärkte Stifte mit einer dem Dentin ähnlichen Elastizität sollten auftretende Spannungen ausgleichen können. Es ist aber eine nicht geringe technische Herausforderung, Glasfasern mit Komposit in einen festen Verbund zu bringen. Auch der Bruch eines Faserstifts ist nicht ausgeschlossen. In diesem Fall ist es für Zahnärztinnen und Zahnärzte ein schwacher Trost, dass die Entfernung eines gebrochenen, faserverstärkten Stifts kein großes Problem ist. Hier wäre zu überlegen, wie man in welcher Situation am besten vorgeht und welcher Stift optimal erscheint.

Drei Fragen, auf die in diesem Heft kompetente Kollegen klare Antworten geben.

\*Leiter der Klinischen Abteilung für Zahnerhaltungskunde, Med. Univ. Graz, Certified Member of European Society of Endodontology.

ANZEIGE

## 3. Internationaler Kongress

für Ästhetische Chirurgie und Kosmetische Zahnmedizin

17. – 19. Juni 2010 in Lindau/Bodensee

Kongresspräsident:

Prof. Dr. Dr. Werner L. Mang, Präsident der IGÄM – Internationale Gesellschaft für Ästhetische Medizin e.V.

www.igaem.de · www.oemus.com · www.event-igaem.de

### FAXANTWORT

+49 341 48474-290

Bitte senden Sie mir das Programm des 3. Internationalen Kongresses für Ästhetische Chirurgie und Kosmetische Zahnmedizin in Lindau zu.

Praxisstempel

## ← Fortsetzung von Seite 17

zu erhalten. Die Pulpa an der Amputationswunde muss dabei von einem reversiblen Entzündungsstadium in eine möglichst entzündungsfreie Form geführt werden. Entscheidend für eine gute Prognose dieser Methode ist, dass vor der Behandlung keinerlei pathologische Zeichen, wie Schwellungen, Fisteln, erhöhte Mobilität, Wurzelresorptionen, röntgenologische Aufhellungen oder exzessive Blutungen der eröffneten Pulpa auf eine Ausbreitung der Entzündung über die koronale Pulpa hinaus hinweisen.<sup>7,8,11</sup>

Das klinische Vorgehen bei einer Pulpaamputation sieht wie folgt aus: Nach der Lokalanästhesie wird der Zahn mit Kofferdam isoliert, Karies soll möglichst vollständig entfernt werden. Das Pulpdach muss vollständig mit einem rotierenden Instrument entfernt werden. Bei der Entfernung der Kronenpulpa hat die Vermeidung von Schäden an der Wurzelpulpa und dem Pulpakavum große Bedeutung. Während der Einsatz von Exkavatoren oder langsam laufender Rosenborer erheblich zur mechanischen Belastung der Restpulpa führt, gelten schnell laufende Diamantborer, idealerweise mit stumpfer Knopfspitze, um eine möglichst saubere und atraumatisch abgeschnittene Amputationsstelle zu erhalten, als bessere Variante.<sup>19</sup> Amputationen mittels Elektrokoagulation oder Laser haben den Nachteil, dass die Amputationswunde mit einer thermisch nekrotisierten Gewebsschicht bedeckt ist.<sup>7,22,23</sup> Eine initiale Blutstillung erfolgt am besten mit einem sterilen, mit Kochsalzlösung getränktem Wattepellet mit wenig Druck auf die Amputationsstelle. Die Blutung sollte nach drei bis vier Minuten zum Stillstand gekommen sein, wobei die Entstehung eines Blutkoagulum zwischen Restpulpa und Amputationsmaterial unbedingt zu vermeiden ist.<sup>7,11,19</sup> Eine Amputation im gesunden Pulpagewebe blutet wenig. Erfolgt eine Blutstillung mit hämostatischen Materialien ( $H_2O_2$ , Natriumhypochlorit, Epinephrinwatte oder Eisensulfat), können durch diese pathologisch verlängerte Blutungen einer entzündlich veränderten Pulpa verschleiert werden, was wiederum die Behandlungsprognose deutlich verschlechtert. Zudem wurde bei  $H_2O_2$ - und auch bei konzentrierteren NaOCl-Lösungen ein erhebliches zytotoxisches Potenzial nachgewiesen, was ihre Verwendung hier fragwürdig erscheinen lässt.<sup>9</sup> Die Versorgung einer amputierten Pulpawunde setzt sich aus mehreren therapeutischen Schritten zusammen. Nach der ersten Reinigung des Pulpakavums von Blut und Geweberesten mittels sanfter Spülung mit Wasser, besser Ringerlösung oder allenfalls stark verdünnter, desinfizierender NaOCl-Lösung (# 1%), ist eine Versorgung der Pulpastümpfe mit einem Medikament erforderlich. Idealerweise besteht die Oberfläche der amputierten Wurzelpulpa aus einer nicht traumatisierten, intakten Gewebsfläche, welche frei von Fremdkeimen ist.<sup>14,18</sup>

Das ideale Überkappungsmaterial für eine Pulpotomie sollte in so geringem Maße bakterizid sein, dass nur Fremdkeime am Wachstum gehindert werden. Gleichzeitig aber sollte es für das amputierte Gewebe reaktionsneutral, besser noch heilungsfördernd sein.<sup>23</sup> Unter diesen Bedingungen regt ein Überkappungsmaterial die Restpulpa zu strukturiertem Wachstum des Odontoblastensaums an, wodurch Hartgewebsbrücken gebildet werden. Dies wird nur ermöglicht, wenn eine entzündungsfreie Neubesiedlung des Amputationsmaterials

mit nicht pathologisch verändertem, gesundem und normal strukturiertem Pulpagewebe gelingt. Es ist ein Vorteil, wenn das Überkappungsmaterial gleichzeitig einen bakteriendichten Verschluss über der Pulpaamputationsstelle bilden kann.<sup>24</sup>

## Überkappungsmaterialien

Die im Folgenden aufgezählten Medikamente werden als Überkappungsmaterialien klinisch eingesetzt und sind in der Literatur beschrieben. Ihre Tauglichkeit als Überkappungsmaterial wird nach den oben genannten Kriterien beurteilt.



Analysebericht Holcim 103, weißer Portland-Zement, CEM I 52,5 N MWZ-Nr. 1458 / 21.11.08			
Resultate der Schwermetalluntersuchung:			
Element	Methode	Einheit	Holcim 103
Ag	ICP-MS	mg/kg	< 0.5
As	ICP-MS	mg/kg	6.5
Ba	ICP-MS	mg/kg	79
Be	ICP-MS	mg/kg	< 0.5
Cd	ICP-MS	mg/kg	0.33
Co	ICP-MS	mg/kg	0.9
Cr	ICP-MS	mg/kg	4.6
Cu	ICP-MS	mg/kg	4.2
Hg	DC-AAS	mg/kg	< 0.005
Mn	ICP-MS	mg/kg	36
Mo	ICP-MS	mg/kg	0.5
Ni	ICP-MS	mg/kg	59
Pb	ICP-MS	mg/kg	2.5
Sb	ICP-MS	mg/kg	< 1
Se	ICP-MS	mg/kg	< 1
Sn	ICP-MS	mg/kg	2.5
Ti	ICP-MS	mg/kg	0.05
V	ICP-MS	mg/kg	227
Zn	ICP-MS	mg/kg	11

8 Bemerkungen: < (BG) = unterhalb der Bestimmungsgrenze

## Formokresol

Jahrzehntlang waren formokresolhaltige Lösungen oder Zemente die Materialien der Wahl. Sie erfüllten in der klinischen Anwendung viele der oben genannten Anforderungen. Heute wird empfohlen, aldehyd- (Glutaraldehyd) oder formokresolhaltige Präparate aufgrund ihrer mutagenen und kanzerogenen Eigenschaften nicht mehr bei Pulpotomien einzusetzen.<sup>5,6,14,16</sup>

## Eisen-III-Sulfat

Die Wirkung der meist 15,5%igen Eisensulfatlösung beruht auf einer Ausfällungsreaktion. Kommen Blut und Eisensulfat in Kontakt, setzt die Blutgerinnung ein und es bilden sich Blut/Eisensulfat-Komplexe. Diese lagern sich in den Blutkapillaren ab und verschließen die Gefäße der Pulpa. Diese Metall-Blutgerinsel-Verbindungen werden ihrer Funktion nach Protein-Plugs genannt. Die Amputationsstelle wird nach einigen Minuten abgespült, um nach erfolgter Blutstillung eine möglichst dünne Blut/Eisensulfat-Schicht zwischen Überkappungsmaterial und Pulpa zu erhalten.<sup>8,14,16,22,23</sup>

## Zinkoxid-Eugenol-Zemente

Es wird häufig empfohlen, die Amputationswunde nach der Blutstillung mit einem ZnO-Eugenol-Zement zu überdecken. Untersuchungen zeigen bei solch überdeckten Pulpen klinische Erfolge mit Sekundärdentinbildungen und partiellem Dentinbridging. Es werden aber auch häufig Misserfolge mit chronischen Pulpaentzündungen und hydrolytischen Auflösungserscheinungen beschrieben.<sup>7,14,16,22,23</sup> Es wird diskutiert, ob diese beim ZnO-Eugenol häufiger auftretenden Veränderungen durch das Eugenol verursacht werden.<sup>19</sup>

## Kalziumhydroxid

Mit  $Ca(OH)_2$  überkappte Zähne zeigen häufig unphysiologische Resorptionserscheinungen, vor allem wenn bereits Entzündungszellen in der Wurzelpulpa angesiedelt waren.<sup>7,8,14,16</sup> Die besten Ergebnisse lieferten  $Ca(OH)_2$ -Amputationen bei strengster Indikationsstellung und der Reduktion auf Amputationen bei möglichst gesunden Pulpen.<sup>7,8,14,16</sup>  $Ca(OH)_2$  induziert im Idealfall die Bildung von Hartgewebsbrücken unter einer ätznekrotischen, verflüssigten Zwischenschicht.<sup>7</sup> Das darunter liegende Pulpagewebe zeigt jedoch häufig pathologische Veränderungen in den angrenzenden Zellschichten.<sup>18</sup>

land-Zement-Materialien verursachen deutliche Verfärbungen der Zahnhartsubstanz, und wurden aus diesem Grund 2005 durch weißes MTA/Portland-Zement ersetzt.<sup>1,2,23</sup> Kommerzielle MTA-Materialien durchlaufen im Großen und Ganzen die gleichen Abbinde-mechanismen wie das Ausgangsmaterial Portland-Zement.<sup>4,10,20,24</sup> Die Farbstabilität, Rand- und Bakteriendichtigkeit und weitere chemische und physikalische Eigenschaften werden jedoch durch das Wismutoxid verändert oder gar verschlechtert.<sup>1,10,13</sup> Die biologischen Eigenschaften von reinem Portland-Zement und MTA unterscheiden sich nur wenig voneinan-

zu können.<sup>3</sup> Ende 2009 werden die ersten reinen, für den Einsatz in der Zahnmedizin CE-zertifizierten Portland-Zemente auf dem Markt erwartet.<sup>26</sup>

## Weitere Pulpawundverbände

Vor allem in tierexperimentellen Studien wurde eine Reihe weiterer Methoden auf ihr Potenzial zur Hartgewebsbildung und Förderung der Wundheilung bei Pulpaamputationen erforscht. Überdeckungen der Pulpotomiewunden mit Adhäsivsystemen, Morphogenetic Proteins, Transforming Growth Factor, Trikalziumphosphat oder Schmelzmatrixproteinen (Emdogain) stehen alle noch in einer experimentellen Phase der Entwicklung und die klinische Verwendbarkeit dieser Materialien muss im Moment zurückhaltend bewertet werden.<sup>23</sup> Erste Versuche mit regenerativen endodontischen Materialien (z.B. Triple Antibiotikapasten, 3Mix-MP) haben bei Milchzähnen stattgefunden.<sup>26</sup> Ob dieser regenerative Ansatz bei Milchzähnen überhaupt sinnvoll ist oder ob beim Einsatz von Antibiotikapasten nur Infektionen unterdrückt werden, gilt es zu diskutieren.

## Endversorgung

Wichtig für den Erfolg einer endodontischen Behandlung eines Milchzahnes ist die anschließende definitive koronale Restauration. Ein bakteriendichter Verschluss der Pulpotomiestelle sowie eine genügende Stabilisierung des restaurierten Zahnes sind entscheidend für den Behandlungserfolg. Ein bakteriendichter Verschluss wird bei der Abdeckung einer Amputationswunde bereits mit Portland-Zement/MTA erreicht. Die Stabilität muss eine Versorgung mit einer Stahlkrone oder einer Füllung liefern. Nicht genügend Stabilität liefern provisorische Füllungsmaterialien. Amalgam- und Glasionomzementfüllungen liefern ausreichende Ergebnisse. Adhäsivsysteme steigern die Stabilität solcher Restaurationen signifikant. Versorgungen mit konfektionierten Stahlkronen weisen die höchsten Erfolgsraten auf, werden aber zusehend durch die ästhetisch überlegenen Komposit-Adhäsivsysteme verdrängt.<sup>23</sup>

## Schlussfolgerung

Pulpaamputationen bei Milchzähnen sind Behandlungen, bei denen viele sensible Faktoren beim Gelingen eine Rolle spielen. Neben einer genauen Indikationsstellung mittels Röntgenbild und Krankheitsverlauf sind die richtige Technik bei der Amputation und Blutstillung sowie die Wahl eines möglichst biologischen Deckungsmaterials von entscheidender Bedeutung. Mit dem Portland-Zement steht in der Kinderzahnmedizin eine preiswerte Alternative zu den kommerziellen MTA-Materialien zur Verfügung. Auch die biologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften sind denen der kommerziellen MTA-Materialien mindestens ebenbürtig. **ET**

Nachdruck mit freundlicher Genehmigung des Endodontie Journal, in welchem dieser Beitrag erstmals in der Ausgabe 4/2009 erschien.

**ZWP online** Eine Literaturliste steht unter [www.zwp-online.info/fachgebiete/endodontie](http://www.zwp-online.info/fachgebiete/endodontie) zur Verfügung.

**Dr. Hubertus van Waes**  
Klinik Kieferorthopädie und Kinderzahnmedizin  
Plattenstr. 11, 8032 Zürich, Schweiz  
[hubertus.vanwaes@zmk.uzh.ch](mailto:hubertus.vanwaes@zmk.uzh.ch)



Abb. 4: Pulpaamputation.

Abb. 5: Reinigung des Pulpakavums.

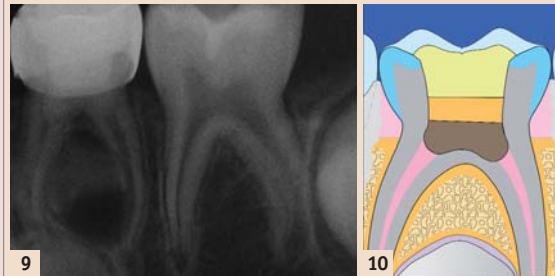
Abb. 6: Sicht auf das Pulpakavum mit Amputationsstellen der Wurzelpulpa.

Abb. 7: Portland-Zement wird in das Pulpakavum gebracht.

Abb. 8: Schwermetallanalyse eines medizinischen Portland-Zements.

Abb. 9: Röntgensichtbare Portland-Zement und GIZ Einlagen.

Abb. 10: Schematische Darstellung einer Pulpaamputation mit Portland-Zement, GIZ und Composite-Adhäsivfüllung.



## Kalziumhydroxid-Jodoform

Kalziumhydroxid-Jodoformpasten (z.B. Vitapex®) werden vor allem bei der Milchzahn Pulpektomie als Wurzelfüllmaterial eingesetzt. Bei dieser Behandlung müssen die eingesetzten Materialien dem temporären Charakter der Milchzähne Rechnung tragen und gut resorbierbar sein. Es gibt keine Studien über den Einsatz von Kalziumhydroxid-Jodoformpasten bei Milchzahn pulpaamputationen. Als biokompatibles Wurzelfüllmaterial sind die Eigenschaften von Kalziumhydroxid-Jodoformpasten belegt, aufgrund seiner Resorbierbarkeit scheint aber ein stabiler bakteriendichter Verschluss der Amputationswunde mit diesem Material nicht gegeben.<sup>8</sup>

## Portland-Zement/MTA

Mineral-Trioxid-Aggregate (MTA) sind Portland-Zemente (PZ) mit einem Zusatz von Wismutoxid. Sie werden seit 1993 mit großem Erfolg in der Endodontie eingesetzt.<sup>12,13,15,17,21</sup> PZ-Pulver besteht aus Trikalziumsilikat, Trikalziumaluminat, Trikalziumoxid, Siliziumoxid und anderen Oxiden.<sup>13,15,20,24</sup> Bei den für die Zahnmedizin kommerziell angebotenen MTA-Produkten (ProRoot®, MTA-Angulus®) wird Wismutoxid ( $BiO_3$ ) als Röntgenkontrastmittel zugesetzt.<sup>3,4</sup> Unter Zusatz von Wasser entsteht aus dem Pulver ein kolloidales Gel, welches vor allem Kalziumhydroxid (CH) und Kalziumsilikathydrat (CSH) enthält. Dieses Gel verfestigt sich in ca. drei Stunden zu einer kristallinen Matrix mit CH-Einschlüssen. Portland-Zement/MTA zeigt neben seiner Eigenschaft im feuchten Milieu abzu härten, hervorragende biologische Eigenschaften.<sup>4,24</sup> Dabei werden in der Pulpa bei direktem Kontakt Mineralisationen angeregt und Hartgewebsbrückenbildung induziert. Frühe MTA/Port-

der. Seit 1999 werden MTA-Materialien mit großem Erfolg auch in der Kinderzahnheilkunde als Medikament zur Deckung von Pulpaamputationen eingesetzt.<sup>13,14,17,21</sup> Aufgrund der hohen Preise sind MTA-Materialien nur bedingt für die Milchzahnendodontie einsetzbar, kann aber gut durch reinen Portland-Zement ersetzt werden.<sup>13,20</sup> In seiner Abbindephase gibt Portland-Zement genau wie eine Kalziumhydroxidpaste Kalziumhydroxid-Ionen ab, dies aber nur während einiger weniger Stunden und in deutlich geringeren Mengen.<sup>4</sup> Durch die Aushärtung des PZ wird das Kalziumhydroxid in der kristallinen Zementmatrix eingeschlossen und zurück bleibt eine biokompatible Oberfläche, welche für anliegende vitale Pulpazellen wachstumstimulierend wirkt.<sup>4,15,24</sup> Eine nekrotische Zwischenschicht zwischen Pulpa und Amputationsmaterial wie beim Kalziumhydroxid entsteht hier nicht. Die Grenzflächen der Pulpa bleiben entzündungsarm, vital und frei von Zellmutationen.

Wird reiner Portland-Zement für den Einsatz als Amputationsmaterial ausgewählt, sind die Wahl des richtigen Zementtyps (z.B. Weißzement CEM I 52,5N) sowie eine genaue Materialkontrolle (Schwermetallanalysen) Grundvoraussetzungen.<sup>25</sup> Bei der Verarbeitung des Zementpulvers können unter anderem mit Siebungen Materialien mit homogenen, genau definierten Korngrößen und damit optimierten Materialeigenschaften und möglichst kurzen Abbindezeiten geschaffen werden.<sup>20</sup> Eine Sterilisation des Zements sichert die Pulpa vor Infektionen durch möglicherweise kontaminiertes Material. Werden reine Portland-Zemente eingesetzt, ist die Röntgenopazität gerade noch ausreichend, um diesen in einem Einzelröntgenbild PZ vom Dentin unterscheiden