

H. Meißner¹, B. Reitemeier¹

Einflussfaktoren auf die Temperaturentwicklung bei der zahnärztlichen Präparation

Factors influencing temperature development during dental preparation



H. Meißner

Einführung: Ziel der Untersuchungen war die experimentelle Bestimmung der Temperatursteigerung im Pulpakavum bei rotationsabrasiver Zahnpräparation anhand extrahierter unversehrter humaner Molaren und Prämolaren.

Material und Methode: Beim praxisorientierten Präparieren der Zahnhälften wurden die Parameter Vorschubkraft, Spraywassermenge und Abstand des Präparationsortes zum Pulpakavum variiert. Alle Präparationen wurden unter standardisierten Bedingungen mit definierten Anpresskräften, kontrollierten Spraywassermengen und normierter Messstelle des NiCr-Ni-Thermoelementes durchgeführt.

Ergebnisse und Schlussfolgerung: Die Ergebnisse dokumentieren die Abhängigkeit der Temperaturentwicklung im Pulpakavum von den verschiedenen Einflussgrößen. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Präparationsort (Schmelz, Dentin, kavumnaher Bereich des Dentins) und dem Temperaturverhalten im Pulpakavum konnte nachgewiesen werden. Eine Erhöhung der Vorschubkraft führte nicht generell zu einer Temperaturerhöhung im Pulpakavum. Die Temperatursteigerung im Pulpakavum bei rotationsabrasiver Zahnpräparation war durch die Erhöhung der Spraywassermenge praxisbedeutsam zu begrenzen. Zusätzlich wurde die Abtragsleistung als Maß für die Effektivität des Schleifvorgangs in Abhängigkeit von den jeweiligen Präparationsbedingungen berechnet.

(Dtsch Zahnärztl Z 2011, 66: 745–752)

Schlüsselwörter: rotierende Instrumente, Spraywassermenge, Anpresskraft, Temperatursteigerung, Pulpakavum

Introduction: The objective of the current study was to determine the temperature rise in the pulp chamber during rotary abrasive tooth preparation using extracted, intact human molars and premolars (no caries or dental restoration).

Material and method: During the experiments on the tooth halves, the parameters of feed pressure, spray water volume and distance of the preparation site from the pulp chamber were varied. All experiments were performed under standardized conditions with defined contact pressures, controlled spray water volumes and standardized measurements with Ni Cr-Ni thermocouple.

Results and conclusion: The results documented the dependence of the increase in temperature in the pulp chamber on the different influencing variables. A clear correlation between feed pressure on the preparation site (enamel, dentin, part of the cavity near the dentin) and the temperature level in the pulp chamber was documented. An increase in the feed pressure did not necessarily lead to a rise in the temperature of the pulp chamber. By increasing the spray water volume the temperature rise in the pulp cavity during rotary abrasive tooth preparation was limited, resulting in a significant, beneficial effect on the clinical practice. In addition, the degree of abrasion was calculated as a measure for the effectiveness of the grinding procedure dependent on the respective preparation conditions.

Keywords: rotary instruments, spray water volume, contact pressure, temperature increase, pulp chamber

¹ Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum der Technischen Universität Dresden

Peer-reviewed article: eingereicht: 10.06.2009, überarbeitete Fassung akzeptiert: 12.05.2011

DOI 10.3238/dzz.2011.0745

1 Einleitung

Das Entfernen von Zahnhartsubstanz während der Zahnpräparation erfolgt nach wie vor überwiegend rotations-abrasiv mittels diamantierter Schleifer. In Bezug auf die Präparationstechnik ist das am meisten unterschätzte Leistungs- und Qualitätskriterium nach Kimmel [11] die dabei entstehende Temperaturentwicklung.

Für biologische Strukturen und Gewebe, wie auch für den Zahn mit seinem komplexen und sensiblen Pulpaorgan, stellt unkontrollierter Wärmeeintrag einen Risikofaktor dar [5, 6, 14, 17, 19, 26]. Mögliche Folgen der Einwirkung zu hoher Temperaturen auf das Zahngewebe reichen von reversiblen Schäden über lokale Veränderungen bis zum völligen Absterben des Pulpagewebes [2, 5, 20]. Die Wahrscheinlichkeit des Vitalitätsverlustes nach Überkronung eines Zahnes liegt bei ca. 10 bis 15 % innerhalb von 10 Jahren [9, 30]. Eine Abnahme von Pulpaschäden nach Überkronung ist trotz Weiterentwicklung von Material und Technik nicht zu verzeichnen [28].

Die Angabe des Temperaturgrenzwertes, der für die Zahngewebe als biologisch akzeptabel bezeichnet werden kann, unterscheidet sich in verschiedenen wissenschaftlichen Studien [1, 21, 23]. Differenzierte Werte sind u. a. dadurch bedingt, dass Präparationsschäden am Pulpa-Dentin-System in der Praxis meist nicht allein durch thermischen Einfluss entstehen. In der Regel wirkt eine Kombination aus Temperaturerhö- hung, Druck, Vibration und/oder chemischen Substanzen auf das Gewebe ein, was beim Vergleich von Untersuchungsergebnissen hinreichend berücksichtigt werden sollte. Eine Temperaturerhö- hung von 5,5 K im Pulpakavum ist mittlerweile als kritische Grenze für das Pulpagewebe und die Vitalität des Zahnes anerkannt [3, 18, 25].

Von entscheidender Bedeutung für die Vermeidung meist verdeckt bleiben- der Qualitätsmängel durch thermische Beeinflussung während des Präparati- onsprozesses ist die Verwendung von „ausreichend Kühlmittel“, um die Dauer der Wärmeeinwirkung und die Höhe des Temperaturanstieges zu begrenzen [7, 20, 24].

Unmittelbaren Einfluss auf die Temperaturentwicklung am Präparationsort und auf die Qualität der bearbeiteten

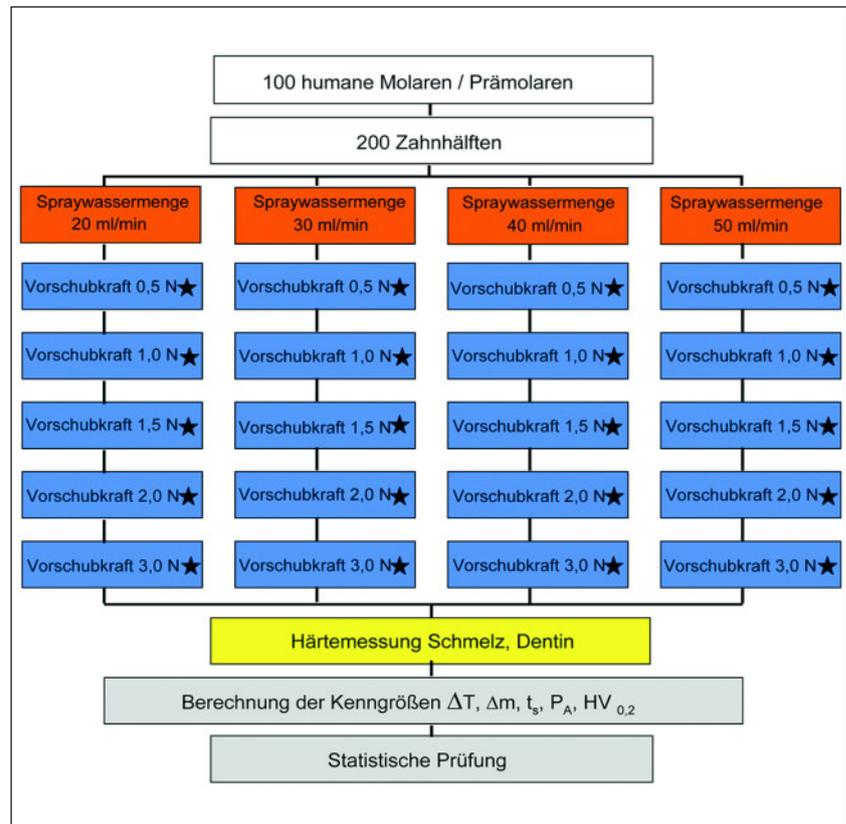


Abbildung 1 Studiendesign (ΔT – Temperaturerhö- hung im Pulpakavum; Δm – Materialab- trag; t_s – Schleifzeit; P_A – Abtragsleistung; $HV_{0.2}$ – Vickershärte mit einer Prüfkraft von 1,96 N).

Figure 1 Study design (ΔT – increase of temperature in pulp chamber; Δm – material removal; t_s – grinding time; P_A – stock removal rate; $HV_{0.2}$ – Vickers hardness with a test load of 1,96 N).

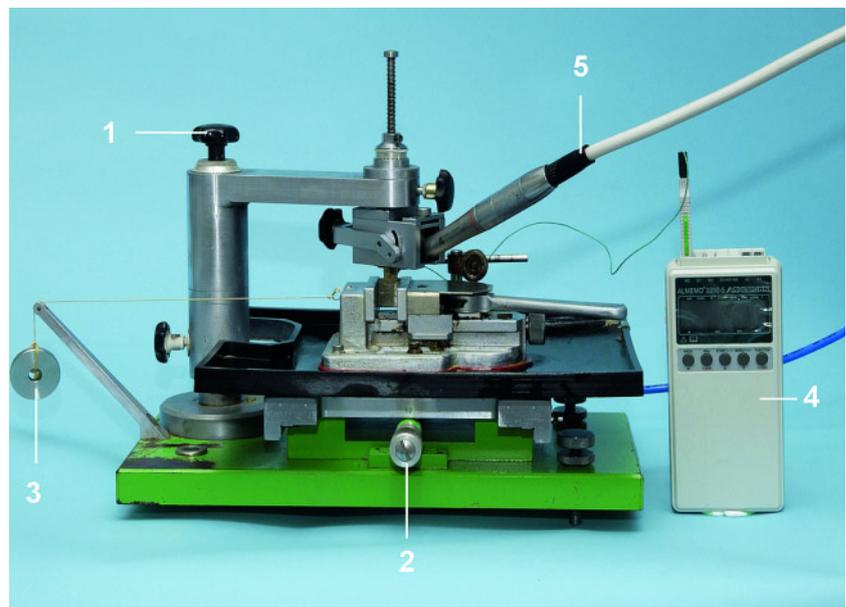


Abbildung 2 Experimenteller Versuchsaufbau – Luftschlittentisch (Fa. KaVo, D): 1 – Mikrome- terschraube zur Regulierung der Schleiferposition, 2 – Mikrometerschraube zur Regulierung des Zustellbetrags, 3 – definiertes Massestück, 4 – Mikromotor mit Winkelstück, 5 – digitales Ther- mometer.

Figure 2 Experimental set-up: Air-supported slide (KaVo, germany): 1 – Micrometer gauge for adjustment of the bur position, 2 – Micrometer gauge for adjustment of the infeed rate, 3 – prede- fined mass piece, 4 – Micromotor with contra-angled handpiece, 5 – digital thermometer.

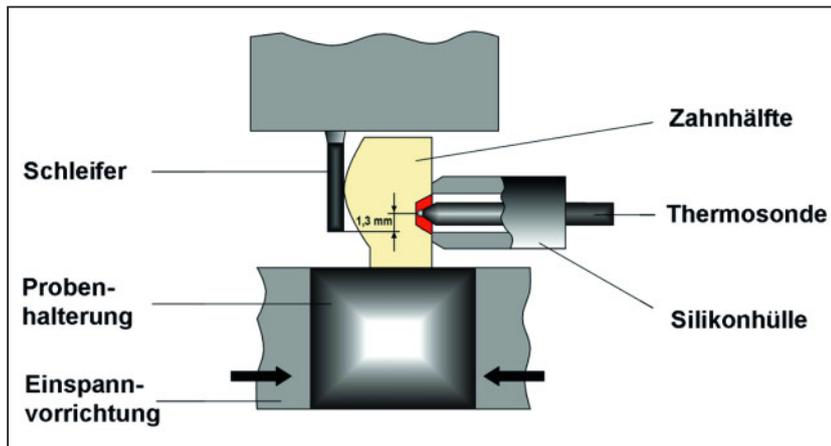


Abbildung 3 Normierung der Messstelle.

Figure 3 Standardization of the measuring site.

Oberfläche hat die Anpresskraft, mit der das Schleifinstrument gegen die zu bearbeitende Zahnoberfläche bewegt wird [10, 12]. Diese ist während der Präparation nicht messbar und deshalb vorwiegend vom individuellen Empfinden und der Erfahrung des Zahnarztes abhängig.

Bei der Präparation sollte möglichst wenig Zahnhartsubstanz abgetragen werden, um eine ausreichend dicke Dentinschicht als Pulpaschutz zu erhalten. Der Substanzverlust der anatomischen Krone beträgt bei orthograden Pfeilerzähnen 62 % für die Vollkrone und 38 % für die Teilkrone. Bei Zahnkipung verringert sich der Substanzverlust bei der Vollkronenpräparation, erhöht sich aber bei der Präparation der Teilkrone, was bei der Planung von Teilkronen als Anker im Hinblick auf den Pulpaschutz zu beachten ist [22].

Miteinander vergleichbar sind nur Untersuchungsergebnisse, die unter analogen Bedingungen ermittelt worden sind. Die In-vitro-Simulation des Präparationsvorgangs erfordert deshalb neben der Standardisierung der messtechnischen Erfassung ausgewählter Parameter auch die Realisierung praxisrelevanter Versuchsbedingungen und die Beachtung von wesentlichen Aspekten der klinischen Vorgehensweise.

In der vorliegenden Studie werden anhand der Präparationsdaten von 200 Zahnhälften extrahierter humaner Molaren und Prämolaren die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Temperaturerhöhung im Kavum untersucht.

Arbeitshypothese: Die Temperaturentwicklung im Pulpakavum hängt vom

Substanzabtrag und somit vom Abstand des Präparationsortes zum Kavum ab. Spraywassermenge und Vorschubkraft üben insbesondere bei Präparation im kavumnahen Bereich einen starken Einfluss auf die Temperaturerhöhung im Pulpakavum aus. Durch die Erhöhung der Spraywassermenge lässt sich die Temperatursteigerung im Pulpakavum bei der Zahnpräparation praxisbedeutsam begrenzen.

2 Material und Methode

2.1 Untersuchungsmaterial

Als Untersuchungsmaterial standen 100 extrahierte kariesfreie und unbehandelte humane Molaren und Prämolaren zur Verfügung. Jeder Zahn wurde mittig geteilt, sodass beide Zahnhälften über Anteile von Pulpakavum und Zahnhartsubstanzen verfügten. Jede Zahnhälfte war in eine Halterung eingebettet, die in der Einspannvorrichtung fixiert wurde.

2.2 Studiendesign

Den Proben (zu präparierende Zahnhälften) wurden 4 Gruppen definierter Spraywassermengen (20/30/40/50 ml) zugeordnet. Danach erfolgte eine weitere Unterteilung in 5 Untergruppen definierter Vorschubkräfte (0,5/1,0/1,5/2,0/3,0 N), sodass insgesamt 20 Präparationsgruppen mit jeweils 10 Proben vorlagen (Abb. 1).

2.3 Methode

Da eine konstante, definierte Vorschubkraft des Schleifers bei der Zahnpräparation unter klinischen Präparationsbedingungen nicht realisierbar ist, wurden mit Hilfe einer speziellen Versuchseinrichtung, dem KaVo-Luftschlittentisch (Fa. KaVo, Biberach, D) die zu beschleifenden Zahnhälften mit definierten Kräften gegen den rotierenden Schleifer bewegt (Abb. 2). Der Luftschlittentisch der Fa. KaVo ist einschließlich Versorgungseinheit eine in der experimentellen Praxis schon mehrfach bewährte Versuchseinrichtung für Simulationen der Zahnpräparation [8, 15].

Variiert wurden die Parameter Präparationsort, Vorschubkraft und Spraywassermenge. Neben der Temperaturerhöhung und dem Abstand zum Kavum wurden die Härte von Schmelz und Dentin sowie die Schleifzeiten und der Masseabtrag bei jedem Präparationsschritt zur Berechnung der Abtragsleistung ermittelt.

2.4 Versuchsaufbau

Die eingebettete Zahnhälfte wurde mittels einer Schnellspaneinrichtung auf dem Luftschlitten fixiert. Die Normierung der Messstelle wurde erreicht, indem das Winkelstück mit eingespanntem Schleifer mit der im Trägerarm integrierten Mikrometerschraube so ausgerichtet wurde, dass ein definierter vertikaler Abstand von ca. 1,3 mm zwischen dem Arbeitsende des Schleifers und der im Kavum platzierten Thermosonde eingehalten wurde (Abb. 3). Der Zustellbetrag von 0,5 mm für jeden Präparationsschritt wurde durch Justage der Präparationsfläche der auf dem Luftschlittentisch fixierten Zahnhälfte gegenüber dem Schleifer mittels einer zweiten Mikrometerschraube realisiert.

– Vorschub

Die Vorschubkräfte wurden unter Berücksichtigung der Herstellerangaben für Diamantschleifinstrumente (mittlere Anpresskräfte im Bereich von 0,2 N bis 2 N [I 1 2006/2007, I 2 2007] bzw. 0,2 N bis 3N, [I 3 2007]) ausgewählt. Die Variation der Vorschubgeschwindigkeiten erfolgte entsprechend dem Studiendesign durch die Verwendung definierter Massestücke (50 g, 100 g, 150 g, 200 g, 300 g, KaVo-Prüfmittel-Nr.

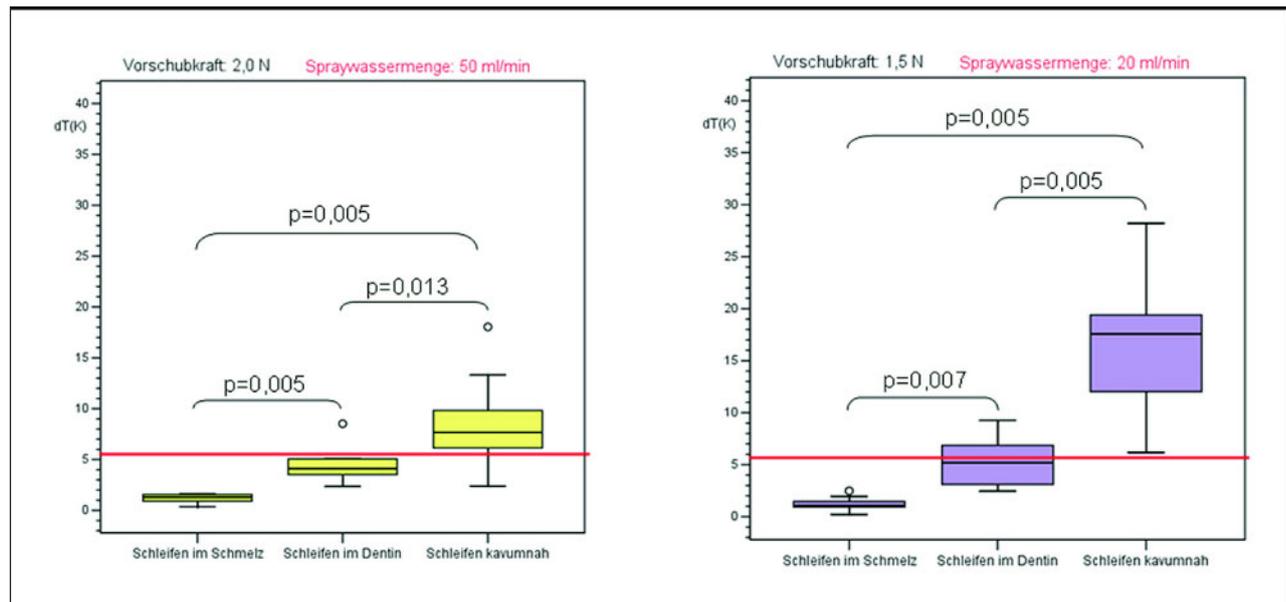


Abbildung 4 Temperatursteigerung in Abhängigkeit vom Präparationsort bei Variation von Vorschubkraft und Spraywassermenge.

Figure 4 Temperature increase depending on the preparation site with variation in feed pressure and spray water volume.

1007058–1, Kern/Albstadt), die an einer Umlenkrolle befestigt waren, wodurch die mit einer Spanneinrichtung auf dem Luftschlitten fixierte Zahnhälfte gegen den rotierenden Schleifer bewegt wurde. Der Luftschlittentisch reagierte durch die anliegende Druckluft auf einem Luftkissen nahezu reibungslos. Die Betriebsparameter für Druckluft, Spraywassermenge und -temperatur wurden mit einer Versorgungseinheit (KaVo) überwacht und konstant gehalten.

– Spraywassermenge

Spraywasser- und Sprayluftmenge wurden in der Versorgungseinheit dosiert und getrennt bis in die Spraydüsen des Winkelstücks geleitet. Die Spraywassertemperatur wurde mittels eines zwischengeschalteten Thermostats auf 26 °C vorgeheizt und der Durchfluss vor Einleiten in den Winkelstückkopf per Computer aufgezeichnet. Die Mischung der Spraykomponenten fand in den Austrittsdüsen des Höchststourenwinkelstücks statt. Das Winkelstück verfügte über drei Spraydüsen, die um 120 ° versetzt radial angeordnet waren.

Voraussetzung für die Erfassung der Temperaturerhöhung während des Schleifens war die gleiche Temperatur von Zahn und Spraynebel. Deshalb erfolgte vor jedem Schleif- und Messvorgang das Temperieren des Zahnes mit-

tels Spraynebel auf eine konstante Ausgangstemperatur. Die gewählten Spraywassermengen wurden dreimal täglich mittels Messbecher überprüft.

– Temperaturmessung

Die Temperatursteigerung im Pulpakavum wurde mit einer Thermosonde (Mantelthermoelement NiCr-Ni, Temperaturmessgerät "Alemo 2390–5", Fa. Ahlborn Mess- und Regelungstechnik, Holzkirchen, D) am Computer aufgezeichnet. Das Thermoelement wurde von einer am Luftschlittentisch befestigten Halterung in der gewählten Position fixiert, wobei die Spitze sanft gegen die Kontaktfläche im Pulpakavum gedrückt wurde. Das Thermoelement war während der Messung an der Kontaktstelle von einer flexiblen Silikonhülle (Länge: 2,5 cm, Innendurchmesser: 4 mm, Außendurchmesser: 8 mm) umgeben, welche die Messstelle vor Spritzwasser, Luftzug und anderen störenden Einflüssen schützte. Die Untersuchungen wurden bei Raumtemperatur (18 °C) durchgeführt.

Aus den am Computer aufgezeichneten Versuchsdaten (Software LabVIEW 7 Express, National Instruments Corp., Austin, USA) konnten neben den Temperaturverläufen auch die Schleifzeiten und die Leistungsparameter des Mikromotors ermittelt werden (Leistungsmessgerät Digital Power Meter WT

1600, Fa. Yokogawa Electric Corporation, Tokyo, J).

– Materialabtrag

In mehreren Präparationsschritten wurde die Zahnhartsubstanz vom Schmelz bis zur pulpenahen Dentinschicht abgetragen. Um gleiche Ausgangsbedingungen für jede Probe zu gewährleisten, erfolgte ein Schleiferwechsel vor der Bearbeitung jeder Zahnhälfte.

Als Präparationsinstrumente für die Kronenpräparation wurden handelsübliche Diamantschleifer mit galvanischer Bindung (837–016M-FG, Fa. NTI, Kahla, D) eingesetzt. Antrieb war ein Mikromotor IntraLux KL 701 kombiniert mit dem Höchststourenwinkelstück vom Typ GENTLEpower LUX 25 LP der Fa. KaVo (Biberach, D), welcher eine konstante Drehzahl von $n = 40.000 \text{ min}^{-1}$ unabhängig von der Anpresskraft gewährleistete.

Abhängig von den unterschiedlichen morphologischen Maßen der Zahnhälften waren mehrere Präparationsschritte mit dem Schleifer erforderlich, ehe eine maximale Annäherung an das Pulpakavum erreicht war. Zur Ermittlung der Abtragsleistung wurde der Materialabtrag aus den mittels Präzisionswaage vor und nach jedem Präparationsschritt bestimmten Massen der eingebetteten Zahnhälften berechnet.

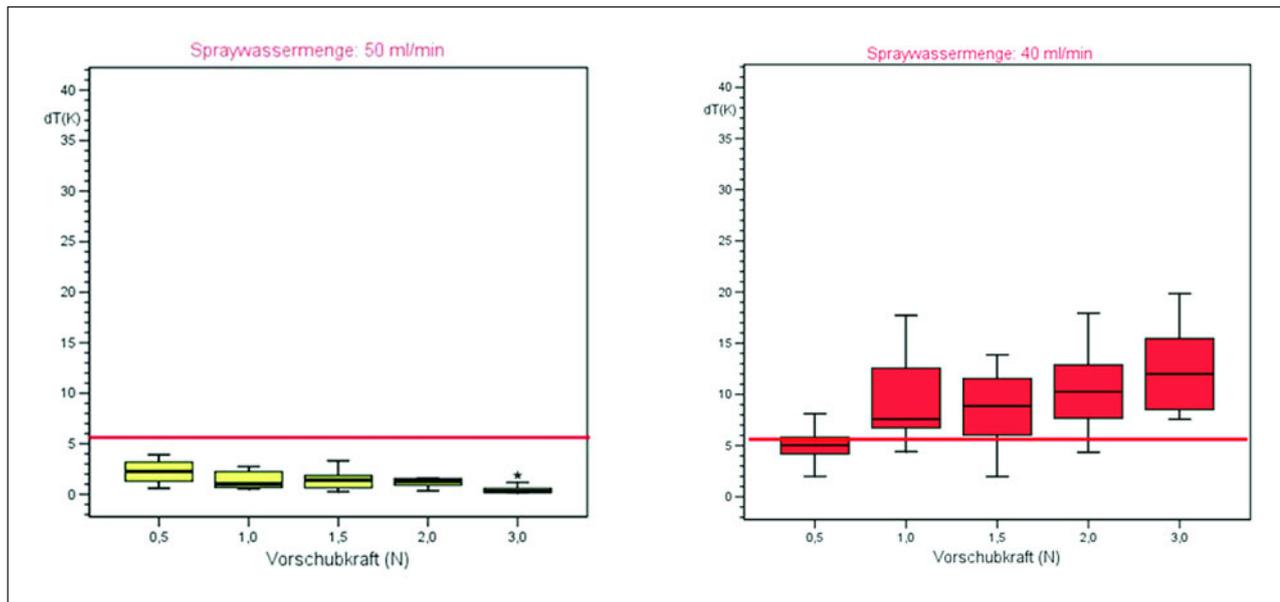


Abbildung 5 Temperatursteigerung in Abhängigkeit von der Vorschubkraft bei unterschiedlicher Spraywassermenge (Abbildung links: Präparation im Schmelz, Abbildung rechts: Präparation im kavumnahen Dentin).

Figure 5 Temperature increase depending on the feed pressure with varying spray water volume; (Figure at left: preparation in the enamel; Figure at right: preparation in the dentin near the pulp chamber).

Die Abtragsleistung wurde aus dem Verhältnis von Materialabtrag zur benötigten Schleifzeit berechnet und ist ein Maß für die Effektivität des Schleifvorgangs.

Es erwies sich als sinnvoll, nach Erfassung der Messwerte eine Systematisierung durchzuführen, indem der Abstand zum Pulpakavum mit dem Präparationsort (Schmelz, Dentin, kavumnahes Dentin) verknüpft wurde. Der Abstand zwischen Präparationsort und Kavum betrug bei der Präparation im Schmelz im Mittel 2,7 mm, bei der Präparation im Dentin 1,5 mm und bei der Präparation im kavumnahen Bereich 0,2 mm.

2.3 Statistische Auswertung

Berechnet wurden Mittelwerte und Medianwerte für jede Testgruppe. Die Medianwerte wurden graphisch in Form von Boxplot-Diagrammen dargestellt (Software SPSS für Windows Version 12.0, Fa. SPSS Inc., Chicago, USA). Bei der Auswertung der Ergebnisse wird auf die Medianwerte Bezug genommen.

Statistische Prüfungen erfolgten hinsichtlich der Einflussfaktoren zwischen den Präparationsbereichen Schmelz, Dentin und kavumnaher Bereich.

Durchgeführt wurden nichtparametrische 1-faktorielle Varianzanalysen (Friedmann-Test) innerhalb der Testgruppen. Für paarweise Vergleiche wurden nichtparametrische Tests nach Wilcoxon angewandt. Varianzanalysen zwischen den Testgruppen wurden mittels nicht-parametrischer Tests nach Kruskal-Wallis und Mann-Whitney ausgeführt. Das Signifikanzniveau wurde mit $\alpha = 0,05$ festgelegt.

3 Ergebnisse

Die geringsten Temperaturerhöhungen im Pulpakavum entstanden erwartungsgemäß bei Präparation im Schmelz (0,5 bis 3,2 K) und die höchsten Werte bei kavumnaher Präparation (4,8 bis 17,6 K). Die Werte der Temperaturerhöhung beim Schleifen im Dentin lagen mit 2,8 bis 6,4 K dazwischen.

3.1 Abhängigkeit der Temperaturentwicklung vom Präparationsort

Bei allen getesteten Kombinationen von Vorschubkraft und Spraywassermenge verursachte die Verminderung des Abstandes zwischen dem Präparationsort und dem Pulpakavum eine Tempera-

turerhöhung im Pulpakavum. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Präparationsort und der Temperaturentwicklung im Pulpakavum konnte nachgewiesen werden, der p-Wert lag mit $p < 0,05$ in allen untersuchten Fällen unterhalb des gewählten Signifikanzniveaus. Abbildung 4 enthält als Beispiel die Darstellung der entstehenden Temperatursteigerungen bei der Kombination Vorschubkraft 2 N / Spraywassermenge 50 ml/min (Abb. 4 links) bzw. 1,5 N / 20 ml/min (Abb. 4 rechts) in Form von Boxplot-Diagrammen.

Die als Orientierung dienende kritische biologische Temperaturdifferenz von 5,5 K wurde bei keiner der getesteten Kombinationen von Vorschubkraft und Spraywassermenge erreicht. Im Gegensatz dazu wurde bei Präparation in unmittelbarer Pulpanähe dieser Wert häufig überschritten (Abb. 4, rechts).

3.2 Abhängigkeit der Temperaturentwicklung von der Vorschubkraft

Die Erhöhung der Vorschubkraft verursachte nicht generell eine Temperaturerhöhung im Pulpakavum. Bei der Präparation im Schmelz (Abb. 5 links) lagen die Temperatursteigerungen bei allen Kombinationen von Vorschubkraft

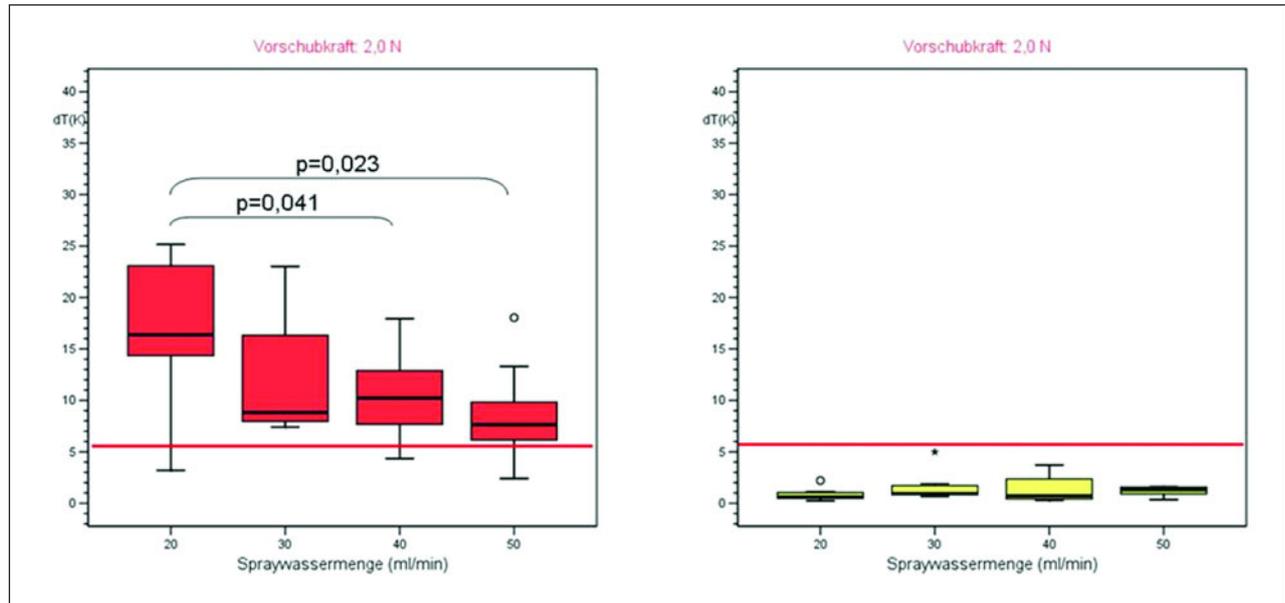


Abbildung 6 Temperatursteigerung in Abhängigkeit von der Spraywassermenge bei unterschiedlichen Vorschubkräften (Abbildung links: Präparation im kavumnahen Dentin, Abbildung rechts: Präparation im Schmelz).

Figure 6 Temperature increase depending on the spray water volume; (Figure at left: preparation in the dentin near the pulp chamber; Figure at right: preparation in the enamel).

(Abb. 1–6: H. Meißner)

und Spraywassermenge unterhalb der kritischen biologischen Temperaturdifferenz.

Bei der *Präparation im Dentin* konnten keine signifikanten Unterschiede der Temperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Vorschubkraft festgestellt werden. Die ermittelten Temperatursteigerungen lagen unterhalb und um den Bereich der kritischen Temperaturdifferenz.

Bei *kavumnaher Präparation* (Abb. 5, rechts) entstanden praxisbedeutsame Temperatursteigerungen im Kavum, im Bereich und oberhalb der kritischen Temperaturdifferenz. Höhere Vorschubkräfte verursachten hier tendenziell auch eine stärkere Temperaturentwicklung.

3.3 Abhängigkeit der Temperaturentwicklung von der Spraywassermenge

Bei *kavumnaher Präparation* garantierte die Erhöhung der Spraywassermenge signifikant niedrigere Temperaturen im Kavum (Abb. 6, links, ausgewählte Vorschubkraft: 2 N). Bei allen angewandten Spraywassermengen wurde die kritische Temperaturdifferenz von 5,5 K trotzdem weit überschritten. Kombinationen von Spraywassermengen ≤ 40 ml/min mit Vorschubkräften ≥ 1 N verursachten in

diesem Bereich extreme Temperatursteigerungen bis 18 K.

Bei der *Präparation im Schmelz* hatte die Spraywassermenge keinen nennenswerten Einfluss auf die Temperaturentwicklung im Kavum (Abb. 6, rechts).

3.4 Abtragsleistung

Die größte Abtragsleistung wurde bei *Präparation im Schmelz* erzielt. Unterschiede zwischen den Abtragsleistungen bei *Präparationen im Dentin* und im *kavumnahen Bereich* konnten statistisch nicht nachgewiesen werden.

Die Abtragsleistung ist direkt abhängig von der Vorschubkraft. Eine Erhöhung der Vorschubkraft bewirkte beim Schleifen in allen Präparationsbereichen eine signifikante Steigerung der Abtragsleistung. Unterschiedliche Spraywassermengen beeinflussen die Abtragsleistung dagegen nicht.

4 Diskussion

Obwohl aufgrund unterschiedlicher Versuchsbedingungen nur eingeschränkt vergleichbar, können anhand der vorliegenden Ergebnisse die tendenziellen Aussagen anderer Arbeiten [4, 5, 15, 16, 26, 27, 29] zum Einfluss von

Spraywassermenge, Anpresskraft und Abstand des Präparationsortes zur Pulpa auf die Temperaturentwicklung bei rotationsabrasiver Zahnpräparation statistisch belegt bestätigt werden.

Der Einfluss des Abstandes zwischen Präparationsbereich und Pulpakavum

Eine Verringerung des Abstandes zwischen dem Präparationsbereich und dem Pulpakavum führte, statistisch bestätigt, immer zu einer signifikanten Temperaturerhöhung im Kavum.

Um die Überschreitung der kritischen Temperaturgrenze von mehr als 5,5 K zu verhindern, sollte beim Schleifen in diesem Bereich, d. h. bei bereits verringertem Abstand zur Pulpa, besonders darauf geachtet werden, ungünstige Kombinationen von Vorschubkraft und Spraywassermenge zu vermeiden. Als ungünstig kann die Kombination von Vorschubkräften ≥ 1 N und Spraywassermengen von ≤ 40 ml/min bewertet werden.

Temperatursteigerungen von 10 K bewirken Eiweißfällung und irreversible Zell- und Gewebnekrosen, oberhalb 15 K entstehen in Folge Pulpnekrosen [23]. Diese Grenzwerte bezüglich einer Schädigung der Pulpa wurden bei der Präparation in unmittelbarer Kavumnähe deutlich überschritten.

Von Bedeutung für das Ausmaß der Temperaturentwicklung bei der rotationsabrasiven Zahnpräparation sind neben instrumentenseitigen Einflüssen wie Durchmesser und Form des Schleifers, Korngröße und Abnutzung der diamantierten Oberfläche sowie Anzahl und Anordnung der Spraydüsen insbesondere die Einflussfaktoren „Anpresskraft“ und „Spraywassermenge“.

Der Einfluss der Anpresskraft

Die Anpresskraft, die sich aus Vorschub- und Zustellkraft zusammensetzt, ist unter praktischen Bedingungen bei manueller Präparation nicht messbar und von individuellen Gewohnheiten des Zahnarztes abhängig. Sie sollte einerseits nicht zu gering sein, weil sonst die Spanbildung nicht einsetzen kann und vorwiegend Reibungswärme erzeugt wird, andererseits führen zu große Anpresskräfte infolge Instrumentenüberbelastung wiederum zu großer Wärmeentwicklung.

Bei Präparation im kavumnahen Bereich war eine Abhängigkeit der Temperaturentwicklung von der Vorschubkraft erkennbar.

Im Gegensatz zum Schleifen im Schmelz verursacht eine höhere Vorschubkraft beim Schleifen nahe am Pulpakavum tendenziell auch eine höhere Temperaturentwicklung.

Der Verlauf der Medianwerte lässt eine nahezu proportionale Abhängigkeit der Temperaturentwicklung von der Vorschubkraft erkennen. Die Streuung der Messwerte war höher als bei der Präparation im Dentin.

Bei fast allen Kombinationen von Vorschubkraft und Spraywassermenge verursachte eine Vorschubkraft von 0,5 N eine signifikant niedrigere Temperaturentwicklung im Kavum im Vergleich zu allen anderen Vorschubkräften.

Der Einfluss der Spraywassermenge

Während beim Präparieren im Schmelz die kritischen Temperaturen im Pulpakavum auch bei geringen Spraywassermengen von 20 ml/min nicht erreicht wurden, spielen Spraywassermengen bei Präparationen im Dentin und besonders im kavumnahen Bereich eine wesentliche Rolle für die Temperaturentwicklung.

Die Temperatursteigerung im Pulpakavum bei rotationsabrasiver Zahnpräparation ließ sich beim Einsatz von größeren Spraywassermengen wesentlich begrenzen. Besonders effektiv war diese Maßnahme bei Präparationen mit geringem Abstand zum Pulpakavum.

Die durchgeführten Untersuchungen lassen die Schlussfolgerungen zu, dass bei Präparation im Dentin minimale Spraywassermengen von 40 ml/min und bei Präparation im kavumnahen Bereich mindestens 50 ml/min erforderlich sind, um die Temperatursteigerung im Kavum unterhalb der kritischen Grenze von 5,5 K zu halten.

Der Einfluss der Spraywassermenge auf die Temperaturentwicklung im Kavum war bei zunehmender Vorschubkraft und geringem Abstand zum Pulpakavum besonders deutlich. Vermieden werden sollte in diesem Bereich die Kombination von großen Vorschubkräften und geringen Spraywassermengen, was bei den durchgeführten Untersuchungen extreme Temperatursteigerungen bis 17,6 K zur Folge hatte.

Es konnte statistisch nachgewiesen werden, dass Spraywassermenge und Vorschubkraft bei Präparation im Schmelz und im kavumnahen Bereich als Einzelfaktoren einen signifikanten Einfluss auf die Temperaturerhöhung im Pulpakavum ausüben.

Der Einfluss auf die Abtragsleistung

Die höchste Abtragsleistung wird beim Präparieren im Schmelz erreicht. Unterschiede zwischen den Abtragsleistungen bei Präparationen im Dentin und im kavumnahen Bereich konnten statistisch nicht nachgewiesen werden.

Die im Vergleich zum Schmelz geringere Härte des Dentins bedingt möglicherweise, dass Späne schlechter aus der Schneidfläche abgeführt werden und so die Schnittleistung mindern. Weichere Materialien neigen zum schlechteren Abscheren des Spans und verursachen außerdem ein Verschmieren des Spanraumes, wodurch die Reinigung der Arbeitsfläche des Schleifinstrumentes eingeschränkt werden kann [13].

Dass die Temperaturentwicklung nicht im geschlossenen Pulpakavum gemessen werden konnte, ist ein Nachteil dieser Methode. Dieser Mangel konnte teilweise kompensiert werden,

indem an der Messstelle Kavum und Temperaturfühler von einer Silikonhülle umgeben wurden, welche die Messstelle vor Luftzug, Spritzwasser und störenden Einflüssen abschirmten.

Gemessen wurden die bei der Präparation entstehenden Temperaturen an einem Punkt des Kavums, bei dem maximale Temperaturen zu erwarten sind. Nicht berücksichtigt werden kann bei dieser Versuchsanordnung der Einfluss von Blut- und Gewebsflüssigkeiten im Zahn auf die Temperaturverteilung im gesamten Pulpakavum.

Aufgrund der unterschiedlichen Zahnstellung und der individuellen Morphologie der Untersuchungsobjekte unterscheiden sich die Größen der Kontaktflächen von Schleifer und Präparationsfläche. Durch umfangreiche Probenanzahl und Mittelwertbildung der durch die Fläche beeinflussten Kennwerte wurden diese Unterschiede reduziert.

Entscheidende Vorteile des Verfahrens sind die standardisierten Prüfbedingungen und die Normierung der Messstelle, die realisiert werden konnte, weil mit Zahnhälften statt mit unversehrten ganzen Zähnen gearbeitet wurde.

Im Vergleich zum unversehrten Zahn konnten die Zahnhälften genau vermessen, das Pulpakavum lokalisiert und optimal von der Temperaturmesssonde kontaktiert werden. Trotz individueller Morphologie konnte jedes Untersuchungsobjekt optimal in den Versuchsaufbau eingepasst werden.

Bei der Anpresskraft, die sich aus den beiden Komponenten Vorschub und Zustellung zusammensetzt, wurde aus methodischen Gründen die Zustellkraft konstant gehalten. Variiert wurde nur die Komponente Vorschubkraft.

Damit ein hohes Maß an Konstanz bezüglich subjektiver Einflüsse auf alle durchgeführten Untersuchungen gewährleistet werden konnte, wurden alle Messungen von derselben Person durchgeführt.

5 Schlussfolgerungen

Um Präparationstraumata zu vermeiden ist es sinnvoll, generell mit Spraywassermengen von 50 ml/min zu arbeiten und das Spraywassersystem kontinuierlich zu überprüfen

Präparationen im pulpanahen Bereich sollten mit geringstmöglichem Andruck ausgeführt werden, da bereits bei Vorschubkräften größer als 0,5 N die kritische Temperaturgrenze überschritten wird.

Um das Empfinden auszubildender Zahnärzte dafür zu schulen, wird in diesem Zusammenhang auf die Notwendigkeit von Übungen an Präparationstrainern hingewiesen, die über eine Anzeige von Anpresskräften verfügen.

Danksagung

Diese Untersuchungen wurden von der Fa. KaVo, Biberach, D unterstützt. 

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht. Die erhaltenen Drittmittel und die leihweise Geräteüberlassung löste keine Abhängigkeiten aus. Die Zusammenarbeit diene ausschließlich

der wissenschaftlichen Untersuchung der genannten Aufgabengestaltung.

Korrespondenzadresse

Dr. Heike Meißner
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus
der Technischen Universität Dresden
Fetscherstr. 74
01307 Dresden
E-Mail:
heike.meissner@uniklinikum-dresden.de

Literatur

1. Apel Ch: Die Dentinbearbeitung mit dem Laser: Eine vergleichende Studie zwischen Nd: YAG und CO₂ Laser unter besonderer Berücksichtigung der Temperaturentwicklung im Pulpakavum. Diss Med Fak RWTH Aachen (1997)
2. Barker RE, Rafoth RF, Ward RW: Thermally induced stresses and rapid temperature changes in teeth. J Biomed Mater Res 6, 305–25 (1972)
3. Baysal A, Uysal T, Usumez S: Temperatur rise in the pulp chamber during different stripping procedures. Angle Orthod 3, 478–482 (2007)
4. Cavalcanti BN, Otani Ch, Rode SM: High-speed cavity preparation techniques with different water flows. J Prosthet Dent 87, 158–161 (2002)
5. Christensen GJ: Tooth preparation and pulp degeneration. J Am Dent Assoc 128, 353 (1987)
6. Firoozmand L, Faria R, Araujo MA, di Nicoló R, Huthala MF: Temperature rise in cavities prepared by high and low torque handpieces and Er:YAG laser. Br Dent J 205, 28–29 (2008)
7. Hilger R: Arbeitssystematik und Infektionsprävention in der Zahnmedizin. Quintessenz, Berlin 2007, 90–92
8. Hugo B, Stassinakis A, Hofmann N, Starz Ch, Klaiber B: Temperatureentwicklung im Dentin bei sonoabrasiver Zahnpräparation in vitro. Acta Med Dent Helv 4, 125–132 (1999)
9. Kerschbaum Th, Voß R: Die praktische Bewährung von Krone und Inlay. Dtsch Zahnärztl Z 36, 243 (1981)
10. Kimmel K: Kavitäten- und Kronenpräparationen mit rotierenden und oszillierenden Instrumenten. Ganzheitsbetrachtung – Leitfaden für die Qualitätssicherung. Dental Echo Verlag, Heidelberg, Koblenz 1997
11. Kimmel K: Optimale Präparationstechnik als Grundlage der Qualitätssicherung. Risikomanagement – ein unerlässliches Element. Dtsch Zahnärztl Z 61, 427–431 (2006)
12. Klein LH: Die Temperaturentwicklung im Dentin bei höchsttouriger Präparation bis 200.000 U/min mit Mikromotor und Schnellaufwinkelstück. Diss Med Fak Philipps Universität Marburg, 1997
13. Klocke F, König W: Fertigungsverfahren 2, Schleifen, Honen, Läppen. 4. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg 2005
14. Larson TD: Atraumatic tooth preparation. Northwest Dent 87, 29–34 (2008)
15. Lauer HC, Kraft E, Rothlauf W, Zwingers T: Effects of the temperature of cooling water during high-speed and ultrahigh-speed tooth preparation. J Prosthet Dent 63, 407–414 (1990)
16. Lisanti VF, Zander HA: Thermal injury to normal Dog teeth: In vivo measurements of pulp temperature increases and their effect on the pulp tissue. J Dent Res 31, 548–558 (1952)
17. Lloyd BA, Rich JA, Brown WS: Effect of cooling techniques on temperature control and cutting rate for high-speed dental drills. J Dent Res 57, 67–684 (1978)
18. Öztürk B, Üsümez A, Öztürk AN, Ozer F: In vitro assessment of temperature change in the pulp chamber during cavity preparation. J Prosthet Dent 91, 436–440 (2004)
19. Ottl P, Lauer HC: Temperature response in the pulp chamber during ultrahigh-speed tooth preparation with diamond burs of different grit. J Prosthet Dent 80, 12–19 (1998)
20. Pashley DH: Dynamics of the pulp-dentin complex. Crit Rev Oral Biol Med 7, 104–133 (1996)
21. Raab W H, Müller H: Temperaturabhängige Veränderungen der Mikrozirkulation der Zahnpulpa. Dtsch Zahnärztl Z 44, 496–497 (1989)
22. Reiber Th, Trappe-Krieger U: Untersuchungen zum Substanzabtrag von Brückenpfeilern bei verschiedenen Präparationsformen. ZWR 103, 217–221 (1994)
23. Schroeder HE: Orale Strukturbiologie. Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle und des Kiefergelenks. 5. Aufl. Thieme, Stuttgart, New York 2000
24. Spierings T A, Peter MC: Thermal trauma to teeth. Endod Dent Traumatol 1, 123–129 (1985)
25. Uzel A, Buyukyilmaz T, Kayalioglu M, Uzel I: Temperatur rise during orthodontic bonding with various light-curing units – an in vitro study. Angle Orthod 76, 330–334 (2006)
26. Vanderlei AD, Borges AL, Cavalcanti BN, Rode SM: Ultrasonic versus high-speed cavity preparation: analysis of increases in pulpal temperature and time to complete preparation. J Prosthet Dent 100, 107–109 (2008)
27. Wenz HJ, Klein L, Lehmann K M: Temperatureentwicklung im Dentin bei unterschiedlichen Präparationsbedingungen. Dtsch Zahnärztl Z 53, 639–642 (1998)
28. Wichmann M: Kronenersatz. In: Koeck B (Hrsg.): Kronen- und Brückenprothetik. 4. Auflage, Urban & Fischer, München 1999, 267
29. Zach L: Pulp liability and repair: effect of restorative procedures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 33, 111–121 (1972)
30. Zöllner A, Kamann WK: Biologische Aspekte der Pfeilerzahnpräparation. Quintessenz 50, 253–264 (1999)
- I 1 Produkte für die Zahnarztpraxis. bredent medical GmbH & Co KG, Senden, D, 2006–2007
- I 2 Produktinformationen. Komet Gebr. Brasseler GmbH & Co KG, Lemgo, D, 2007
- I 3 Anwendungshinweise für rotierende und chirurgische Instrumente. NTL, Kahla, D, 2007