

Oberflächenbearbeitung von Zirkoniumdioxid

Bearbeitung von zu verblendenden und nicht verblendeten Flächen

Andreas Hoffmann

Die Anwendung von Hochleistungskeramiken wie Zirkoniumdioxid und Aluminiumoxid sind heute in der Zahnmedizin und Zahntechnik an der Tagesordnung.⁷ Jeder kennt eine Auswahl von Systemen mit ihren Vor- und Nachteilen und hat sich zwischenzeitlich für sein System entschieden.⁸

Das Digitalisieren und Fräsen oder Schleifen an einer Fräsmaschine sind keine unlösbaren Herausforderungen mehr. Die Zeit der Versuche scheint abgeschlossen zu sein. Dafür ist zurzeit der Zentralisierungsprozess zu Schleifzentren im vollen Gange. Die Anzahl der Scanner in deutschen Praxislaboren und gewerblichen Dentallaboren wächst ständig. So kommen die meisten Zirkoniumdioxidgerüste fertig gesintert aus einem Fräszentrum oder werden durch den Zahntechniker selbst hergestellt und nach dem Fräsen in einem speziellen Sinterofen fertig gesintert.

Zusammenfassung

Die Hochleistungskeramiken Zirkoniumdioxid und Aluminiumoxid werden für den täglichen Laboralltag immer wichtiger. Dabei birgt die Weiterverarbeitung dieser Materialien noch viele Risiken, die nicht immer bekannt sind oder beachtet werden. Auch bei den Verblendkeramiken dieser Hochleistungskeramiken sind die Verarbeitungsanforderungen sehr viel differenzierter zu sehen als die der Metallkeramiken. Speziell die Gerüstvorbereitung von Kronen und Brückengerüsten aus Aluminiumoxid oder Zirkoniumdioxid für die keramische Verblendung ist grundsätzlich anders als die der Metallkeramik. Die genaue Kenntnis dieser Materialien ist aber Grundlage einer sicheren Verarbeitung und erfolgreichen Versorgung. Die Grenzen des Machbaren werden durch die Herstellerangaben und das MPG in den Eckpunkten geregelt und müssen eingehalten werden.

Indizes

Zirkoniumdioxid, Aluminiumoxid, Verblendkeramik, Verarbeitungsempfehlungen, Werkzeugauswahl, Herstellerangaben, Fehlervermeidung

Einleitung

Die Werkstoff- verarbeitung

Diese neuen Werkstoffe werden durch den Zahntechniker weiterverarbeitet. Doch im zahntechnischen Alltag können häufig kleine, aber weitreichende Fehler in der Verarbeitungskette entstehen.¹¹

Bei der Verarbeitung von Dentalkeramiken scheint es keine großen Probleme zu geben. Jede Verblendkeramik, auch von verschiedenen Herstellern, wird nach den gleichen Verarbeitungskriterien geschichtet und gebrannt.⁵ Die Brennprogramme der Keramiköfen sind fest programmiert und so ist aus der Einweisung in eine bestimmte Verblendkeramik schnell eine gewohnte Verarbeitungsroutine entstanden.¹⁰ Mit vermeintlichen Arbeitsschritten, die aus dem Bereich der Metallkeramik und den Presstechniken aus Glaskeramiken bekannt sind, werden nun auch die neuen Gerüstkeramiken schnell in die Verarbeitung integriert.

Die Verarbeitungsanforderungen dieser Hochleistungskeramiken sind aber doch sehr viel differenzierter zu sehen als die der Metallkeramiken. Speziell die Gerüstvorbereitungen von Kronen und Brückengerüsten aus Aluminiumoxid oder Zirkoniumdioxid für die keramische Verblendung sind grundsätzlich anders als die der Metallkeramik.⁶

Da aus diesen Hochleistungskeramiken Strukturen entstehen können, die sonst der reinen Metallbearbeitung zuzuordnen waren, kommen hier noch einmal gänzlich andere Verarbeitungstechniken zum Tragen (Abb. 1).²

Auch Gerüste aus HIP-Zirkoniumdioxid (Material, das fertig gesintert und anschließend gefräst wird) sind, wenn sie aus dem Fräsautomaten kommen, noch nicht fertig. Auch bei diesen Strukturen besteht die Notwendigkeit von Form gestaltender und korrigierender Nacharbeit mit rotierenden Instrumenten. Diamantierte Werkzeuge und spezielle, keramikgebundene Schleifer sowie Gummipolierer mit speziellen Diamantschleifkörnern sind dafür ideal (Abb. 2 bis 4),⁴ Hartmetallinstrumente sind dagegen immer kontraindiziert.

Angaben der Hersteller besagen, dass diese Bearbeitung mit einer Turbine mit hoher Umdrehungszahl, geringem Anpressdruck und unter Wasserkühlung durchzuführen ist.



Abb. 1 Ein zirkuläres Brückengerüst nach dem Sintern. Feinkorrekturen wurden mithilfe einer Turbine im Nachschleifverfahren durchgeführt und müssen bei jedem angewandten Frässystem manuell durch den Zahntechniker mit der Passkontrolle auf dem Modell durchgeführt werden.

Abb. 2 Für die Oberflächenbearbeitung von ZrO_2 ist durch die Firma Gebr. Brasseler, Lemgo, eine für diese Arbeit entsprechende Schleifstrategie in Form von bestimmten Körnungen für die einzelnen Diamantschleifkörper erstellt worden. Von grob (blau-weiß) über rot-weiß, gelb-weiß und weiß-weiß wird die Kornstruktur der Diamanten immer feiner und die Schleifstrategie zur manuellen Oberflächenbearbeitung entsprechend aufeinander abgestimmt.



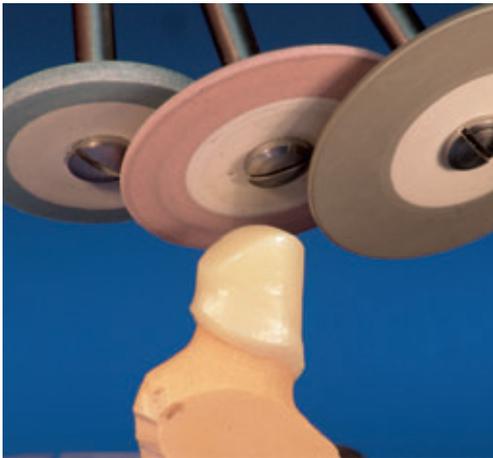


Abb. 3 Ebenfalls in drei Stufen grob (blau), mittel (rot) und fein (grau) sind die diamantierten Schleifscheiben bei den Diamanten in einer dauerelastischen Bindung eingebettet und für die Bearbeitung von Zirkoniumdioxid sehr gut geeignet. Hiermit lassen sich speziell Ränder ausdünnen und Polituren auf den Oberflächen durchführen.



Abb. 4 Diese Schleifkörper (grau = Hochglanzgummierer, rot = mittlere Körnung, blau = grobe Körnung) sind ebenfalls als Gummipolierer gut geeignet, um parallele Flächen für die Geschiebetechnik in der abschließenden Oberflächenpolitur zu bearbeiten. Die Abnutzung dieser Bohrer muss an einem Abrichtstein immer wieder auf die passende Oberflächenkontur überprüft und eingestellt werden.

Diese Turbinen-Systeme sind nicht immer in den zahntechnischen Laboren vorhanden und daher wird dieser Anforderung häufig nicht entsprochen.

Luftgesteuerte Turbinen werden als Kompaktgeräte angeboten und können sowohl ohne als auch mit Wasserzufuhr betrieben werden. Einige der Geräte können als Handstück benutzt und auch im Fräsgerät eingespannt werden.

Der Einsatz von Schleifwerkzeugen ist durch die Schaftstärke limitiert (Durchmesser der Turbinenschäfte 1,5 mm). Der Wechsel zu Technikbohrern mit einem Schaftdurchmesser von 2,35 mm ist also immer mit einem Gerätewechsel und einer veränderten Schleifgeometrie verbunden. Der Autor benutzt hier die Perfekta 900 (Perfekta 900 W&H Dentalwerk, Bürmoos, Österreich). W&H ist es nach Kenntnis des Autors als erstem Hersteller gelungen, einen starken Motor mit 100.000 U/min zu entwickeln, mit dessen Hilfe Zirkoniumdioxid perfekt bearbeitet werden kann. Der Mikromotor arbeitet, im Gegensatz zu einer herkömmlichen Laborturbine, bei hoher Abtragsleistung äußerst materialschonend. Durch die ideale und stabile Drehzahl von 100.000 U/min bei 0,7 Ncm (ca. drei- bis fünfmal mehr als eine konventionelle Turbine) halten zudem die Schleifkörper wesentlich länger. Es steht dem Benutzer ein Schnellläuferhandstück zur Verfügung, welches mit und ohne Wasserkühlung betrieben werden kann und Drehzahlen bis max. 100.000 U/min erlaubt. Optional gibt es dazu ein Technikerhandstück, das Drehzahlen bis 50.000 U/min zulässt, wobei ein separates Bedienelement als zentrale Steuereinheit mit Kontrollfunktion dient und den Wechsel zwischen Nass- und Trockenbearbeitung sowie optional den Wechsel zwischen Schnellläuferhandstück und Technikerhandstück erlaubt.

Auch hier entwickelt sich die Technik weiter und es werden immer neue Systeme konzipiert, die die Bearbeitung neuer Werkstoffe effizienter und kostengünstiger machen.

Die Grenzen des Machbaren werden durch die Herstellerangaben und das MPG in den Eckpunkten geregelt. Die Spielregeln sind klar vorgegeben und müssen eingehalten werden. Nicht alles, was problemlos scheint, ist auch erlaubt und nicht alles, was dabei passieren kann, wird sofort sichtbar. Fehler durch die falsche Behandlung von Zirkoniumdioxid³ werden erst am Patienten sichtbar und dann ist guter Rat im wahrsten Sinne des Wortes teuer.

Entwicklungsgeschichte im zahntechnischen Labor

Die Zeit, in der CAD/CAM-gefertigte Kappchen mit einem Verbinder zu einem Brückengerüst verblockt wurden und eine nicht genau dimensionierte Ponticform den Zahnzwischenraum ausfüllte, ist glücklicherweise vorbei (Abb. 5 und 6). Aber der „Kollege“ Computer ist nicht die alleinige Fachkompetenz in Sachen Zahntechnik. Bei CAD-Verfahren sind selbstverständlich hohe Anforderungen an den Sachverstand und an das Verantwortungsbewusstsein des Zahntechnikers gestellt, da sich die eigentliche Herstellung der Gerüstkonstruktion am Computer grundlegend auf das Basiswissen stützt.⁹ Auch in Bezug auf Dimensionierung, Strukturierung und Beschaffenheit der Formen, bei jeder Art von festsitzendem Zahnersatz, erfordert dieses spezielle Kenntnisse. So sind auch bei jeder gestalterischen Tätigkeit in der Herstellung von Zahnersatz Anforderungen an das Wissen und die Sorgfalt des Zahntechnikers gefragt und daher ist auch eine entsprechende Qualifikation erforderlich.

Die Anwendung neuer Fertigungstechnologien erfordert meist auch die Umgestaltung der Qualifikations- und Beschäftigungsentwicklung. Kein Unternehmer kann im Handwerk mit einer neuen Technologie ohne die dazugehörige Ausbildung erfolgreich agieren.

Das Medizinproduktegesetz (MPG) vom 2.8.1994 (geändert 1998, 2002 und 2003) regelt die Herstellung und die Verarbeitungsrichtlinien. Im MPG ist klar geregelt, dass die



Abb. 5 Die Dentalsoftware, die das Design von verkleinerten anatomischen Zahnformen gestattet, ist erst in den letzten Jahren entwickelt worden. Speziell für Implantataufbauten und großspannige Verbindungen ist diese Software nicht uneingeschränkt geeignet gewesen. Hier wurden in den Anfängen kappenartige Strukturen mit stegartigen Verbindern hergestellt.

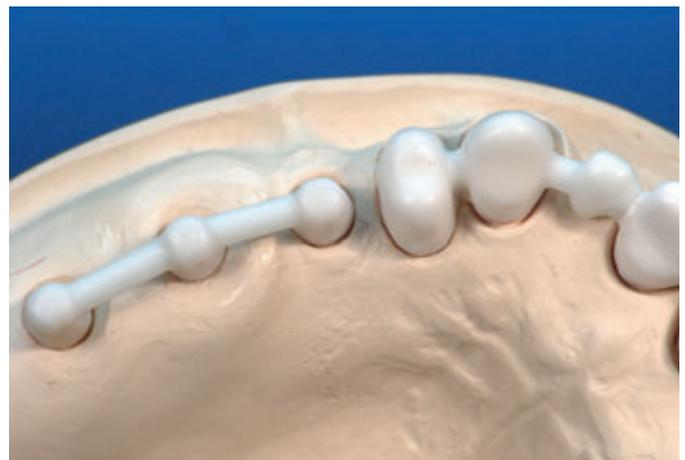


Abb. 6 Diese stark unterdimensionierten Zirkoniumdioxidgerüste hatten zwar eine ausreichende Eigenstabilität, entsprachen jedoch nicht dem modernen Kronen- und Brückendesign, das eine unterstützende verkleinerte anatomische Gerüstkonstruktion vorschreibt. Verblendkeramik wurde hier zur Formfüllung genutzt und so massiv überdimensioniert, dass Abplatzungen und Frakturen der Konstruktion vorprogrammiert waren.



Herstellerangaben und die einschlägigen DIN-Normen unserer Tätigkeit zugrunde liegen. Bei der Herstellung zahntechnischer Leistungen handelt es sich immer um ein Unikat, bei dem das Wissen des Zahntechnikers als Grundlage für die Umsetzung dient. So muss bei der Fertigung dentaler Produkte immer der Hersteller alle Kriterien der Fertigung und der richtigen Verarbeitung prüfen und garantieren, der sich bei der Sonderanfertigung von Zahnersatz auch nach dem Medizinproduktgesetz als verantwortlich zeichnet. Die Konformitätserklärung, die bei jeder Fertigung, auch bei einer Teilfertigung, dentaler Produkte gegeben wird, setzt ebenfalls die Fachkompetenz voraus. Eine allgemeine Freigabe für Kronen- und Brückengerüste nach einem Arbeitsmuster kann es nicht geben, da immer der Einzelfall zugrunde gelegt wird und in diesem Bereich Serienfertigungen nicht relevant sind.

Die im Rahmen des MPG geregelte Sonderanfertigung bezieht sich gerade hier auf die verantwortliche Einzelfertigung, wie der Auszug belegt: „Sonderanfertigung [...] ist ein Medizinprodukt, welches eigens nach schriftlicher Verordnung (z. B. auf Rezept) und spezifischen Auslegungsmerkmalen für einen namentlich genannten Patienten hergestellt wird (keine Serienfertigung der Produkte!). Bei diesen Produkten handelt es sich um Einzelfertigungen wie z. B. Gliedmaßenprothesen, Dentalprodukte, Brillen [...]“¹

Somit fallen alle zahntechnisch ausgeführten Leistungen in den Kernbereich des Zahntechnikerhandwerks, auch wenn ein solches Maß der Anwendungssysteme erreicht wäre, dass die gesamte zahntechnische Leistung vom Computer übernommen werden würde, so ist die Überwachung dieser Prozesse den Fachkenntnissen eines Meisters voranzustellen.

Ohne spezielle Fachkenntnisse ist die Produktionsverantwortung nicht beherrschbar. Unwissenheit in der Verarbeitungstechnologie schützt nicht vor Strafe und bewusstes Handeln gegen diese Regeln erst recht nicht. Gestattet der Hersteller lediglich eine Nassbearbeitung, so ist das einzuhalten. Diese Prozedur wird im Laboralltag häufig nicht realisiert, aber dadurch erlischt in vielen Bereichen die Konformität des Herstellers und geht in die volle Verantwortung des Zahntechnikers über. Ob bewusst oder unbewusst spielt dabei keine Rolle. Somit ist der Hersteller in Regressfragen aus der Verantwortung und der Zahntechniker ist, wie schon so oft, derjenige, der diesen Fehler auf eigene Kosten durch Wiederholung, evtl. sogar mit finanziellen Verpflichtungen gegenüber dem Behandler und dem Patienten, beheben darf.

Dabei ist es doch recht einfach, die Bearbeitung im Nassschleifverfahren durchzuführen. Durch Tropfen, Spraysen oder wiederholtes Eintauchen in eine Wasserschale können diese Bearbeitungsschritte nach den Regeln der Hersteller problemlos erfüllt werden. Hier kann man ruhig mal die Kreativität des Zahntechnikers walten lassen, denn die Hersteller sagen nicht wie, sondern nur dass die Bearbeitung nass erfolgen muss.

Ausarbeiten und Aufpassen sind zahntechnische Leistungen, die ein Zahntechniker immer und überall durchführt. Gerade weil man das in Form Schleifen in der Zahntechnik bei fast allen Werkstoffen so gut beherrscht, neigt der Techniker dazu, bei Zirkoniumdioxid identisch zu verfahren. Aber nicht alles, was sich dreht, ist für die richtige Bearbeitung dieser Strukturkeramik brauchbar. Falsche Werkzeuge und falsche Drehzahlen werden immer negative Ergebnisse bringen.¹⁴ Leider merkt man das nicht immer sofort, sondern erst, wenn sich im Patientenmund der eine oder andere Teil unse-

Die Oberflächenbearbeitung von ZrO₂



rer vollkeramischen Arbeit verabschiedet. Also aufgepasst und darauf geachtet, was der Hersteller zur Nachbearbeitung freigibt. Die korrekte Bearbeitung ist eigentlich total einfach.

Hochtourig und ohne Druck auf die Werkzeuge sind die diamantierten Schleifkörper in der Lage, die Oberfläche des Zirkoniumdioxids abzutragen. Die Schleifhärte von Diamant ist sogar 140-mal größer als die des Korunds. Korngrößen von bis zu 80 µm haben hierbei die so genannten groben Werkzeuge. Dabei entstehen in der Oberfläche rillenartige Vertiefungen, die dem Kantenwinkel des Diamantkorns entsprechen. Dieses Herausschlagen des Zirkoniumdioxids aus der Oberfläche geschieht mit einer sehr großen Kraft, die beim Auftreffen der Diamantspitze auf das Zirkoniumdioxid einwirkt. Dabei werden sehr hohe Temperaturen im Zirkoniumdioxid erreicht, die punktuell auf die Oberfläche wirken. Die atomare Bindung des Zirkoniumdioxids wird dabei getrennt.

Das Zusammenspiel von gewaltiger Scherwirkung durch die Diamantspitze, die über die Oberfläche kratzt, und dem dabei entstehenden Temperaturanstieg mit der physikalischen Ausdehnung der Oberfläche im Einwirkungsbereich führt zum Abplatzen des Materials.¹³ Das Diamantkorn zertrümmert so regelrecht die Oberfläche des Werkstoffs. Die Spannung zwischen dem kalten und dem warmen Zirkoniumdioxid bewirkt vermutlich eine Rissausbreitung und folgt damit der Krafteinwirkung des Diamanten. Die hohe Umdrehungsgeschwindigkeit des Werkzeugs hat zur Folge, dass dasselbe Diamantkorn bei der nächsten Umdrehung wieder genau in die gleiche Kerbe schlägt und so ein wenig tiefer in die Zirkoniumdioxidoberfläche eingreift. Die Rautiefe des Schliffs ist durch das Diamantkorn, welches aus dem Bindemittel (galvanische Fassung) hervorsticht, definiert. Mehrere tausend Umdrehungen pro Sekunde sorgen dafür, dass die Diamantspitzen sich rillenartig in das Zirkondioxid einarbeiten (Abb. 7 bis 14). Dabei werden Werte erreicht, die man genauer betrachten sollte.

- Bei 250.000 U/min sind das 4.166,67 U/sek
- Bei 200.000 U/min sind das 3.333,33 U/sek
- Bei 160.000 U/min sind das 2.666,67 U/sek
- Bei 100.000 U/min sind das 1.666,67 U/sek
- Bei 50.000 U/min sind das 833,33 U/sek

In Abhängigkeit von der Laufgeschwindigkeit muss die Einwirkungszeit bei der Bearbeitung berücksichtigt werden. Die Diamanten brauchen eine gewisse Schlagzahl, um tief in die Zirkoniumdioxidfläche einzudringen. Beim Bearbeiten der Werkstoffoberflächen mit einer Turbine wird, sobald der Kontakt zum Objekt hergestellt ist, die Umdrehungsgeschwindigkeit erheblich nachlassen. Die durch die Einwirkung der Diamantsplitter gebrauchte Energie bremst den Turbinenlauf ab. Gerade deswegen muss mit geringem Druck auf die Oberfläche gearbeitet werden, um eine Rotationsgeschwindigkeit des Schleifers zu gewährleisten. Die Leerlaufdrehzahl der Turbinen sollte bei 250.000 U/min liegen, sie wird bei Kontakt zum Werkstoff stark abgebremst und verliert dabei bis zu 40 bis 45 % der Geschwindigkeit. Sie erholt sich spontan, wenn der Schleifer die Werkstoffoberfläche verlässt und bricht dann bei Kontakt erneut ein. Dabei hört man am Luftgeräusch (Pfeifton), wie die Umdrehungsgeschwindigkeit variiert.

Neue Mikromotoren, die mit bis zu 100.000 U/min laufen, sind aufgrund der konstanten Kraftfreisetzung hier klar im Vorteil. Bei der Bearbeitung von Werkstoffen, selbst wenn



Abb. 7 Die Oberflächenbeschichtung mit Diamanten erfolgt durch eine galvanische Einbindung auf dem metallischen Grundgerüst des Schleifers.

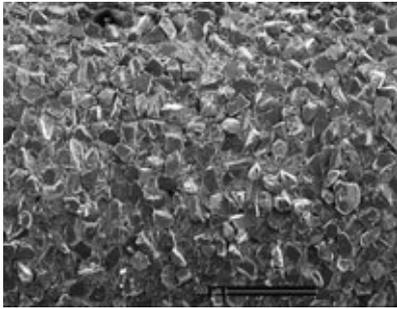


Abb. 8 Die Vergrößerung der Oberfläche zeigt, wie die Diamantkörner in die metallisch-galvanische Bindung eingebettet sind. Der schwarze Messbalken hat eine Größe von 500 µm.

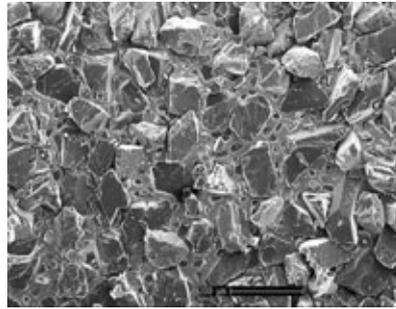


Abb. 9 Bei der Vergrößerung auf dieser Abbildung kann man die einzelnen Diamantsplitter in der metallischen Bindung perfekt erkennen. Die Vergrößerung des schwarzen Balkens hat eine Größe von 200 µm.

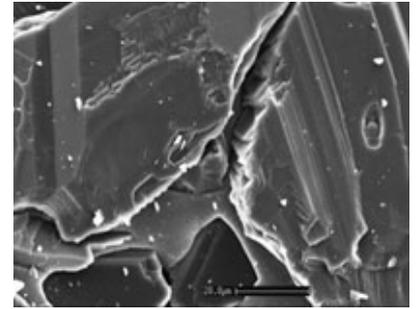


Abb. 10 Erst bei sehr großem Vergrößerungsmaßstab kann man die Kanten der einzelnen Diamantsplitter erkennen. Das Größenverhältnis des schwarzen Balkens zeigt eine Größe von 20 µm.



Abb. 11 Die Diamantkorngröße hat bei diesem Schleifer einen Durchmesser von 8 bis 15 µm.

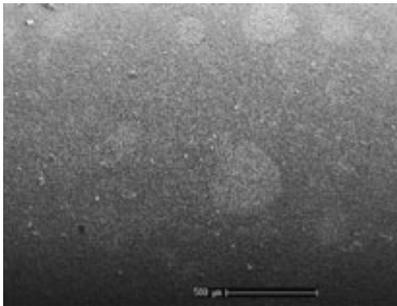


Abb. 12 Der Maßstab von 500 µm lässt mit dem Auge noch kein klares Erkennen der Diamantkörner zu.

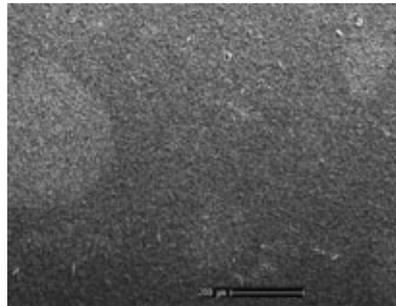


Abb. 13 Die Oberflächenvergrößerung mit einem Maßstab von 200 µm lässt eine raue Struktur erkennen, die in den Spitzen die Diamantkörner darstellt.

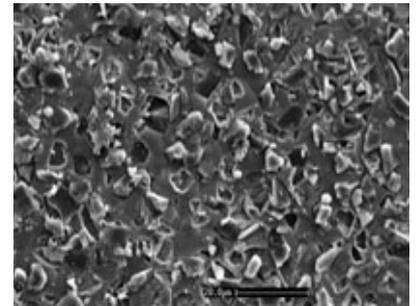


Abb. 14 Erst die Vergrößerung auf einen Maßstab von 20 µm zeigt eine Erkennbarkeit der einzelnen Diamantkörner in dem galvanischen Bindemittel.

nicht ganz druckfrei gearbeitet wird, fällt die Drehzahl bei diesen Maschinen nur gering ab. Somit sind diese Geräte für den Einsatz kontinuierlicher manueller Tätigkeit besser geeignet. Die Durchzugskraft dieser Maschinen ist bei den hohen Umdrehungen mehrfach höher als bei Turbinen.

Durch Kühlschmierung erreicht man gleichzeitig eine Verminderung der Reibungswärme, die Reinigung der Spankammern und die Kühlung des Werkstücks. Der wirksamste Kühlschmierstoff ist Schleiföl, da es die Reibungswärme stärker verringert als sonstige Schleifkühlmittel oder Kühlemulsionen. In großen Fertigungsmaschinen werden für die

Kühlung durch Wasser oder andere Flüssigkeit

verschiedenen Materialien unterschiedliche Kühlmittel eingesetzt. Diese Mittel werden in einem geschlossenen Kreislauf nach Aufarbeitung und Filterung wiederholt eingesetzt. Selbst in der Cerec-Schleifeinheit von Sirona, Bensheim, wird die Keramik mit einem speziellen Kühlmittel beim Schleifen gekühlt. Die Zugabe dieses Schmiermittels (Detatec-Cerec-Inlap) bereitet aus dem Wasser eine Emulsion, die zur Kühlung geeignet ist.

Öle, Emulsionen und Ähnliches sind für den Einsatz in der freien Handbearbeitung nicht indiziert. Zum einen würden diese Nebel in der Luft durch den Mitarbeiter eingeatmet werden und zum anderen würden die Arbeitsbereiche weiträumig verschmutzt und verölt werden. Daher hat sich hier destilliertes oder deionisiertes Wasser als die beste Möglichkeit zum Kühlen erwiesen. Auch in der Zahnheilkunde gibt es zurzeit kein anderes Kühlmittel.

Die Wasserkühlung dient zum einen dazu, die auftretenden hohen Temperaturen beim Herausreißen der Zirkoniumdioxidpartikel durch die Diamantspitzen zu reduzieren und abzubauen und zum anderen zum Schutz der galvanisch gefassten Diamanten im Werkzeugschaft durch Überhitzung. Des Weiteren muss man noch den Abtrag oder das Wegschwemmen der abgelösten Materialpartikel sehen, die sonst den Spanwinkel des Schleifers (Freiraum hinter der Diamantspitze) zusetzen würden. Dieser Freiraum ist für eine saubere Arbeitsleistung wichtig. Jeder Techniker kennt das Problem, wenn seine Hartmetallfräse mit Schleifresten verklebt, dann ist auch keine Leistung mehr zu erzielen. Eine fehlende Kühlung bewirkt das Aufheizen der Werkstoffe und Werkzeuge in sehr kurzer Zeit. Bei Erwärmung über den Schmelzpunkt des Bindemittels verlieren die Diamantsplitter ihre Fassung. Steigt die Temperatur durch Mangel an Kühlung zu stark an, so kann die Diamantspitze regelrecht verglühen, d. h. der Diamant oxidiert in reinem Sauerstoff bei ca. 720 °C und in der normalen Luft bei über 800 °C zu Kohlendioxid. Mit Wasserstoff reagiert Diamant bei hohen Temperaturen zu Kohlenwasserstoffen. Egal ob die Diamanten herausgerissen und wegkatapultiert werden oder zu heißem Gas oxidieren, weg ist weg. Wenn man mit so einem Instrument weiterarbeitet, sind die nächsten Fehler vorprogrammiert.

Das Andrücken der Bohrer führt zum Metallkontakt auf der Zirkoniumdioxidfläche, wobei das Metall der Diamanteinfassung oder das des Schleifkörperträgers regelrecht auf die Zirkoniumdioxidfläche aufgeschmiert wird. Das kann man an den dunklen Strichen erkennen, die auf der hinter dem Diamantschleifer sich befindenden Oberfläche zu sehen sind. Der Diamantschleifer verliert nicht nur zirkulär seine Diamanten, sondern wird in der Folge dadurch auch stumpf. Versucht man mit größerem Druck diesen Fehler zu beheben, kann es zu bleibenden Defekten in der Zirkoniumdioxidoberfläche kommen. Eine punktuelle Überhitzung durch eine Metallaufreibung kann so große Temperaturen entstehen lassen, dass die Wasserkühlung versagt (Abb. 15 bis 17).

Startet man mit zu kleiner Diamantkörnung auf einer Zirkoniumdioxidoberfläche, so kommt es schnell zu Ausbrüchen der Diamanten, da der Widerstand der Oberfläche des Zirkoniumdioxids zu massiv ist. Die kleinen Diamanten bei einer Körnung von z. B. 20 µm können ja bis zu 49 % der Körnung aus dem Bindematerial herauschauen. Das heißt, die Schleiftiefe liegt hier bei knapp 10 µm. Der Rest ist für die Einlagerung in der galvanischen Metallschicht notwendig. Der richtige Einsatz der Diamantschleifer in einer vorherbestimmten, immer kleineren Körnung kann durch additive Überlagerung diese Fehler vermeiden.

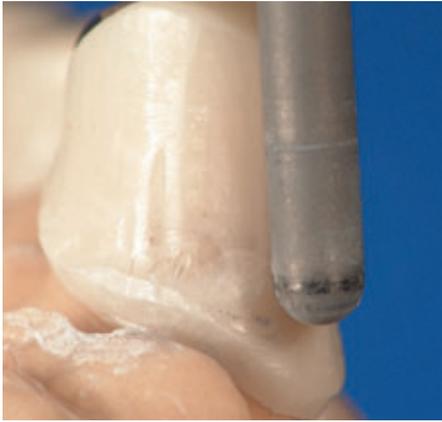


Abb. 15 Schwarze Verfärbungen auf dem Zirkoniumdioxid deuten auf einen metallischen Auftrag hin, der vom Schaft des Diamantschleifers auf das ZrO_2 aufgetragen wird. Die nicht formkorrekte Anlage des Schleifers an der Schleiffläche sorgt für eine punktuelle Belastung in der Rundung des Schleifers.



Abb. 16 Nach kurzzeitigem falschem Einsatz des Diamantschleifers ist die Diamantfläche zirkulär aus dem Schaft herausgeschlagen bzw. ist das Diamantkorn durch die Zentrifugalkraft aus dem Bindemittel gerissen.

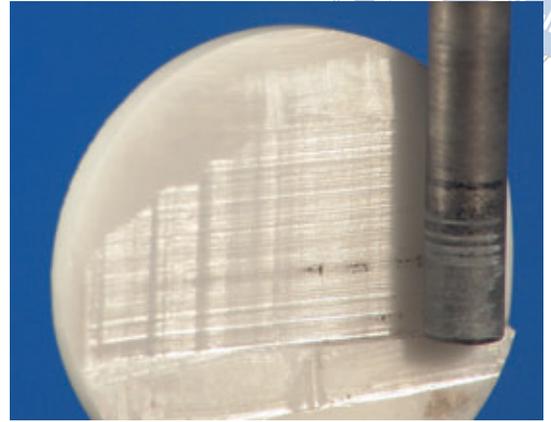


Abb. 17 Auch wenn, wie bei dieser Schleifprobe, der Winkel zwischen Werkstück und Schleifer korrekt ist, so ist die nachfolgende Bearbeitung mit zu feinem Korn ein zu großer Schritt für die ZrO_2 -Oberfläche. Der punktuelle Angriff der ZrO_2 -Rillen auf den Schaft des Werkzeugs verschleißt dieses Werkzeug innerhalb von wenigen Sekunden.

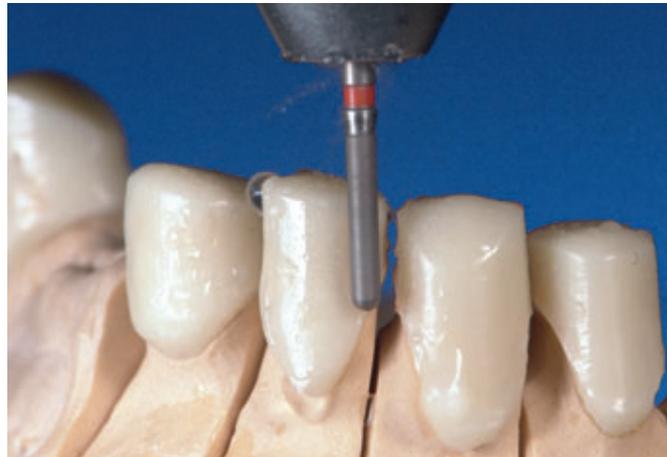


Abb. 18 Die in der korrekten Reihenfolge aufeinanderfolgende Größe der Körnung der Diamantschleifkörper ist Voraussetzung für eine dauerhafte und langfristig erfolgreiche Schleifstrategie.

Die Rautiefe des ersten Schliffs mit einem groben Korn verursacht eine gut zu erkennende Oberflächenstrukturierung, die einen gleichmäßigen Rillenaufbau auf dem Zirkoniumdioxid hinterlässt. Ähnlich einem frisch eingedrilltem Kornfeld sind die Rillen parallel zueinander. Diese Querrillen werden mit dem nächsten feineren Diamantkorn im zweiten Schritt weiter eingeebnet, dabei werden die Kanten der Rillen gebrochen. Immer feiner werdende Diamantkörnungen reduzieren die noch verbleibenden Kanten und glätten die Oberfläche weiter (siehe Abb. 6). Diese Arbeitsweise ist unabdingbar, wenn sie erfolgreich sein soll. Darüber hinaus können die Schleifinstrumente viel länger benutzt werden, wenn im richtigen Verhältnis die Oberflächen des Zirkoniumdioxids bearbeitet werden. Das schützt auch die Schleifwerkzeuge vor Überbelastung und die Wirtschaftlichkeit wird erhöht (Abb. 18).

Abb. 19 Die keramisch gebundenen Schlefkörper funktionieren nach dem gleichen Prinzip wie die galvanisch-diamantierten. Die Bindung aus Keramik wird allerdings früher durch einen Zertrümmerungseffekt zerstört, sodass die Diamantkörner früher aus der Bindung des Werkzeugs herausgelöst werden können. Da hier mit einem Technikhandstück gearbeitet wird, ist in der Regel der Aufpressdruck auf den Werkstoff erheblich höher.



Abb. 20 Das Verschleifen von Ansatzstellen, die noch relativ massiv die Form beeinflussen, geht mit diesen keramisch gebundenen DCB-Schleifern einfach und gut.

Keramisch gebundene Diamanten

Der von der Firma Brasseler unter der Bezeichnung DCB-Schleifer entwickelte Schlefkörper besitzt eine keramische Spezialbindung, die die Diamantkörner einbindet. Die Bindung hat den Zweck, die einzelnen Schlefkörner so lange festzuhalten, bis sie stumpf geworden sind. Damit sind sie für den universellen Einsatz auch extrem harter Oxidkeramiken wie Zirkoniumdioxid oder Aluminiumoxid zugelassen. Mit diesen Schlefkörpern kann auch alles andere, wie harte Metall-Legierungen, Verblend- und Presskeramiken, leicht bearbeitet werden (Abb. 19 und 20). Die gute Kantenstabilität, Verschleißfestigkeit und hohe Bruchfestigkeit der Schleifer sind Ausdruck einer optimierten Standzeit und sorgen so für eine hohe Lebensdauer.

Die richtige Drehzahl wird vom Hersteller mit 12.000 U/min angegeben. Das keramische Bindemittel wird bei Kontakt zum Werkstoff zertrümmert und gibt so die eingelagerten Diamanten frei, die ihrerseits mit der Werkstoffoberfläche wie bereits beschrieben agieren. Der Abtrag ist langsamer und wird zum Teil dadurch kompensiert, dass der Techniker das Instrument fester aufpresst und der Durchmesser des Schleifers in den verschiedenen Formkörpern dicker als der Schaft (2,35 mm) ist. Das erhöht die Umlaufgeschwindigkeit auf der Bearbeitungsfläche. Vom Hersteller wird hier auch der Tipp gegeben, eine Wasserkühlung aufzubauen.

Beim Schleifen verliert dieser Schleifer seine Oberflächenkontur. Dafür werden immer wieder neue Diamantspitzen an der Oberfläche freigesetzt und kommen zum Einsatz. Für den Einsatz im Fräsgerät sind sie nur nach ständiger Formkorrektur nutzbar. Als Freihandinstrumente sind sie nach Erfahrung des Autors sehr gut geeignet, die Keramikoberflächen zu bearbeiten.

Gummieren

Das Gummieren von Werkstoffen ist ebenfalls dem Schleifen zuzuordnen. Allerdings werden hierbei üblicherweise Instrumente benutzt, bei denen die Schlefkörper in einem Harz oder gummiartigen Bindemittel eingelagert sind. Die Gummipolierer bestehen aus dem Schleifmittel, dem Bindemittel und dem Werkzeugschaft. Art und Menge des verwendeten Bindemittels beeinflussen den Härtegrad und die Schleifeigenschaften des Schlefkörpers.

Der Widerstand des Kornes gegen das Ausbrechen aus dem Kornverband drückt die statische Härte aus. Der Härtegrad bezeichnet die Kornhaltekraft in dem Bindemittel.

Die Arbeits- (dynamische) Härte eines Schleifkörpers ist dadurch gekennzeichnet, dass dem Ausbrechen des Korns beim Schleifen ein Widerstand entgegengesetzt wird. Die Arbeitshärte hängt von der Körnung sowie den Arbeitsbedingungen ab.

Zur Formgebung werden fast immer in den Randbereichen und auf Flächen, die später in der Mundhöhle freiliegen, Oberflächenpolituren durch den Techniker durchgeführt. Schleifen mit diamantierten Gummipolierern ist ein spanabhebender Vorgang durch rotierende Werkzeuge mit nicht räumlich bestimmten Schneiden. Je abrasiver ein Gummipolierer auf eine Oberfläche wirkt, umso schneller nutzt er sich ab und verliert dabei seine Form. Je nach Materialpaarung und Abnutzung müssen rotierende Instrumente in unterschiedlichen Intervallen abgerichtet werden. Dazu werden sie an einem diamantbesetzten Abrichtstein gezielt in der Oberfläche abgetragen. Zudem dient das Abrichten dazu, bestimmte Formen zu profilieren bzw. zu kalibrieren. Es hat auch den Zweck, Verunreinigungen aus dem Schleifkörper herauszulösen und somit scharfe Körner freizulegen. Dadurch wird die Wärmeentwicklung beim Schleifvorgang reduziert. Die Nassbearbeitung beim Gummieren ist fast noch unbekannt in der Oberflächenbearbeitung, jedoch ist auch dieser Schleifvorgang nicht trocken zugelassen. Die Hersteller von Zirkoniumdioxid haben eine allgemeine Nassbearbeitung festgelegt. Die Einhaltung dieser Vorschrift ist auch hier nicht problematisch.

Hierbei hat sich eine Luftdüse (Twister, primotec, Bad Homburg) hervorragend bewährt. Diese Düse ist mit einem Metallröhrchen und einem Wasserschlauch einfach zu erweitern und somit eine perfekte Sprayanlage zur Nassbearbeitung (Abb. 21). Gerade beim Gummieren entstehen sehr hohe Temperaturen, die man mittels Wassernebel herunterkühlen kann. Dabei muss lediglich soviel Wasser eingesetzt werden, dass eine spürbare Verdunstungskälte auf dem Werkstück entsteht (Abb. 22 bis 25). Die abschließende Politur mit Diamantpaste verleiht dem Zirkoniumdioxid die richtige Oberfläche und den gewünschten Glanz.¹³ Diese Pasten können mit Ölen gut in Filzräder und



Abb. 21 Der Twister, ein pressluftgeführter Schwanenhals, lässt sich perfekt auf die Werkstoffoberfläche lenken und feststellen. Mithilfe einer kleinen Kanüle und eines Schlauchs kann Wasser zugeführt werden und so ein Spraynebel zur Kühlung bei der Oberflächenbearbeitung erzeugt werden.



Abb. 22 Die gesamte Bearbeitung mit rotierenden Instrumenten, die keine Wasserkühlung haben, wird bei dem Autor unter Zuhilfenahme dieses modifizierten Twister (Primotec) durchgeführt.



Abb. 23 Das Ausdünnen und Gummieren von ZrO_2 -Rändern und Flächen erfolgt mithilfe von diamantierten Gummipolierern, die ebenfalls während des Schleifzyklus in einem Spraynebel abgekühlt werden.

Abb. 24 Auch die flächige Bearbeitung und das Finish der nichtgefrästen Teile einer Teleskopkrone werden mithilfe dieser Gummipolierer durch additive, immer feiner werdende Diamantkörner vorbereitet, wobei auch in diesen Arbeitsschritten eine Kühlung durch einen Luft-Wassernebel die Forderungen des MPG erfüllt.

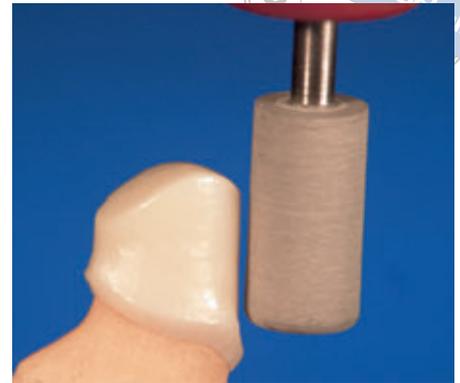


Abb. 25 Die gefrästen Oberflächen werden ebenfalls mit Gummipolierern nachträglich weiter geglättet und so für die Endpolitur vorbereitet.

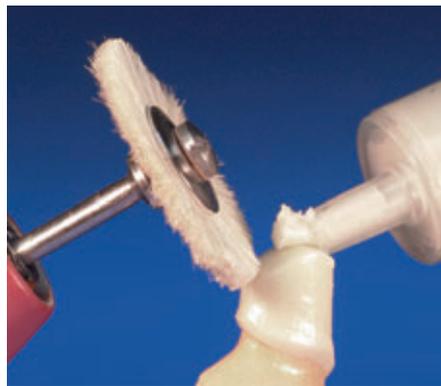


Abb. 26 Eine Filzscheibe dient zur Vorpolitur mit Diamantpolierpaste. Diese Filzscheibe ist mit Eukalyptusöl getränkt und bringt so während des eigentlichen Arbeitsprozesses durch die Zentrifugalkraft permanent Öl auf die Werkstoffoberfläche. Gleichzeitig wird hierbei die Diamantpaste, zwischen dem Filzrad und dem ZrO_2 , zu einer weiteren Glättung der Oberfläche führen.

Abb. 27 Ziegenhaarbürsten nehmen die Diamantcreme auf, um bei der Politur mit dem Handstück auch an schwer zugänglichen Stellen, die dem Filzrad verschlossen bleiben, eine perfekte Oberfläche zu schaffen. Auch hierbei wird das gesamte System mittels Eukalyptusöl gekühlt.

Abb. 28 Das endgültige Oberflächenfinish erfolgt durch einen Baumwollschwabbel, der so gut wie keine Diamantpolierpaste enthält, dafür aber ebenfalls mit Eukalyptusöl getränkt wurde. Die noch verbliebenen Reste der Vorpolitur mit Diamantpolierpaste reichen aus, um einen perfekten Hochglanz auf dem Zirkoniumdioxid zu erzeugen.

Polierschwabbel eingebracht werden und geben den Diamantschmierfilm beim Bearbeiten auf der Zirkoniumdioxidfläche frei. Eukalyptusöl verdunstet sehr schnell an der Luft und kann somit als ein perfektes Kühlmittel zur Nassbearbeitung dienen. Gut gekühlt ist die Bearbeitung einfach und effizient (Abb. 26 bis 28).

Die bei einer trockenen Bearbeitung auftretenden Spannungen sind gerade bei Mindeststärken im Bereich von Primärteleskopen problematisch. Wenn man die Einschubrichtung und die Oberflächen der Teleskoparbeiten in Zusammenklang bringt, erreichen an kritischen Stellen die Wandstärken oft das Mindestmaß. Eine Politur nach Abschluss der Gummierung ohne Kühlung kann dabei sehr schnell stark differierende Thermozone im Zirkoniumdioxid bewirken. Zwischen dicken und dünnen Teilen kann dabei ein Spannungsriss erfolgen, der nicht wieder zu heilen ist, durch die Transformationsverstärkung im Gefüge aber unterdrückt wird. Also sollte der Techniker auch noch in der letzten Sekunde der Politur nicht auf die Kühlung verzichten.



Abb. 29 Die Zirkonoxidprimärteleskope fertig poliert und gesäubert auf dem Sägemodell.

Abb. 30 Die Zirkonoxidteleskope sind in den gefrästen Flächen immer feiner werdend bis zum Hochglanz geschliffen und poliert und in den Freihandflächen individuell durch additive Überlagerung geeigneter Werkstoffe zum Hochglanz poliert worden.

Der Kontrollmaßstab für die Passgenauigkeit bleibt im Labor stets das Sägemodell. Hier entscheidet der Randschluss zwischen Strukturkeramik und Präparationsgrenze über gute oder schlechte Ergebnisse. Der Zahntechniker ist dabei nach dem MPG der verantwortliche Fachmann, der auch als Medizinproduktberater in Fragen der Herstellung und der Anwendung dieser neuen Materialien Rede und Antwort zu stehen hat.

Fazit

1. Böckmann HF. MPG & Co.: Eine Vorschriftensammlung zum Medizinproduktegesetz mit Fachwörterbuch. Köln: TÜV-Verlag, 2002.
2. Sturzenegger B, Feher A, Lüthy H et al. Klinische Studie von Zirkonoxidbrücken im Seitenzahnggebiet hergestellt mit dem DCM-System. Acta Med Dent Helv 2000;12:131-139.
3. Suttor D, Hauptmann H, Höscheler S, Hertlein G, Bunke K. Das Lava-System für vollkeramische ZrO₂-Kronen- und Brückengerüste. Quintessenz Zahntech 2000;27:1018-1026.
4. Tinschert J, Natt G, Doose B, Fischer H, Marx R. Seitenzahnbrücken aus hochfester Strukturkeramik. Dtsch Zahnärztl Z 1999;54:545-550.
5. Tinschert J, Natt G, Schulze K, Spiekermann H. 3-year clinical results of zirconia based all-ceramic bridges. Boston: 8th Intern. Symposium on Periodontics & Restorative Dentistry, Abstract 17, 2004.
6. Tinschert J. Vollkeramische Systeme – Professioneller Umgang für optimale Ergebnisse. Vortrag 4. Kiel: Keramik-Symposium der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V., 12.5.2004.
7. Fischer H, Yildirim M, Schmitz F, Marx R. Festigkeitsminderung von Zirkonoxid-Abutments infolge der Bearbeitung? Dtsch Zahnärztl Z 1999;54:443-445.
8. Geis-Gerstorfer J, Fäßler P. Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten der Dentalkeramiken Zirkonoxid-TZP und In-Ceram. Dtsch Zahnärztl Z 1999;54:692-694.
9. Luthardt R, Musil R. CAD/CAM-gefertigte Kronengerüste aus Zirkonoxid-Keramik. Dtsch Zahnärztl Z 1997;52:380-383.
10. Filser F, Lüthy H, Kocher P, Schärer P, Gauckler LJ. Vollkeramischer Zahnersatz im Seitenzahnbereich – Bewertung von Werkstoffen hinsichtlich Bruchlast und Zuverlässigkeit. Quintessenz Zahntech 2002;28:48-60.
11. Eichner K, Kappert HF. Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung Band 1. Heidelberg: Hüthig Verlag, 1996.
12. Ludwig K. Lexikon der Zahnmedizinischen Werkstoffkunde. Berlin: Quintessenz, 2004.
13. Zylla, IM. Untersuchung der Spannungszustände sowie des Bruchverhaltens von CAD-gefertigten TZP-Keramiken nach mechanischer Bearbeitung. Osnabrück: FH Osnabrück, 2005.
14. Zylla, IM. Einfluss der Oberflächenbehandlung auf die Festigkeit der ZrO₂ Dentalkeramik vor und nach dem Verblenden. Osnabrück: FH Osnabrück, 2007.

Literatur

ZTM Andreas Hoffmann, Dentales Service Zentrum
Ludwig-Erhard-Straße 7b, 37434 Gieboldehausen
E-Mail: info@1dsz.de

Adresse des Verfassers