



Zusammenfassung

Anhand einer Studie der Universität Tübingen zum Abrasionsverhalten von Zirkoniumdioxid stellt der Autor die Frage nach der Verträglichkeit von monolithischem Zirkoniumdioxid in der Mundhöhle. Als Entscheidungskriterium dient ihm die Frage nach Abrasion, Attrition, Erosion, Biokompatibilität, Ästhetik, Langlebigkeit, Nachhaltigkeit, Funktion, Härte, Behandlerfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit einer solchen Versorgung.

Indizes

Monolithisches Zirkoniumdioxid, Abrasion, Attrition, Erosion, Biokompatibilität, Ästhetik, Langlebigkeit, Nachhaltigkeit, Funktion, Härte, Behandlerfreundlichkeit, Wirtschaftlichkeit

Wie physiologisch sind vollanatomische Kronen aus Zirkoniumdioxid?

Persönlich kritische Betrachtung einer zukünftigen(?) Versorgung

Martin Wepler

Dieser Beitrag entstand auf Basis eines Abrasionstests an der Universität Tübingen mit dem Werkstoff Zirkoniumdioxid.⁴

Wenn sich der Autor die Frage stellt, wie physiologisch vollanatomische Kronen aus Zirkoniumdioxid (Abb. 1 bis 4) sind, sollte dem zunächst eine Definition dieses Begriffs vorangestellt werden. So bedeutet physiologisch u. a.: vernünftig im Sinne der Natur und des Zusammenwirkens aller Lebensvorgänge im gesamten Organismus. Unphysiologisch bedeutet mithin: pathologisch, abweichend von den beim Menschen auftretenden oder wünschenswerten Lebensvorgängen.

Ist also die Versorgung mit diesem Material im Sinne der Definition und zum Wohle des Patienten vernünftig?

Diese Frage versucht der Autor im Folgenden aus zahntechnisch-zahnmedizinischer Sicht ehrlich und unabhängig und auf Basis eigener Erfahrungen, verschiedener Studien und des o. g. Abrasionstests der Uni Tübingen zu beantworten.

Einleitung

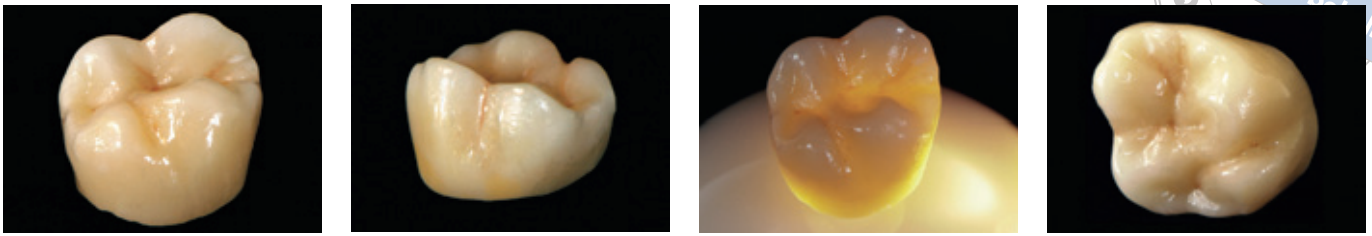


Abb. 1 bis 4 Beispiele von Vollkronen aus monolithischem Zirkoniumdioxid.

Monolithisches Zirkoniumdioxid

Monolithische Versorgungen aus Zirkoniumdioxid stehen nicht nur in den Startblöcken, einige sind bereits längst ins Rennen gestartet. Doch was wissen wir über diese Art der Versorgung? Viele reden von ihr, doch nur die wenigsten haben verwertbare Erfahrungen mit ihr gemacht. Gibt es sie – die zielsicheren, ästhetisch vertretbaren Herstellungs-, sprich Einfärbevarianten? „Try and Error“ beherrschen die Szene. Bilder sind geduldig, bedruckte Hochglanzbroschüren noch mehr, klinische Erfahrungen: Fehlanzeige.

Unterliegen wir dem allgegenwärtigen Mainstream – strukturiert und einfach mit CAD/CAM ans Ziel – oder schlummert da wirklich physiologisches und prothetisches Potenzial mit vertretbarer Ästhetik im transluzenteren Weißling?

Der Vorwurf der Abrasion und mehr

Unphysiologisch abrasiv auch am Antagonisten, destruktiv hart für das Kiefergelenk, opak und beinern, vom Behandler mühsam zu trepanieren und zu schlitzen und aufwendig im Mund zu polieren nach erfolgten Einschleifmaßnahmen. Diese Attribute hängen der monolithischen Zirkoniumdioxidkrone an. Diese gelten jedoch in gleichem Maße für die bezuschusste, monolithische NEM-Versorgung, die man gewähren lässt. Doch die Ehrenrettung naht: in Form der Unzerstörbarkeit. Endlich gibt es eine günstige, biokompatible, zahnfarbene Versorgung für diejenigen, die alles zermahlen und zerchippen (Abb. 5). Aber ist es prothetisch legitim – fest mit noch fester zu beantworten?

Der Anwender als Gutachter und Richter

Wenn es darum geht, die positiven und negativen Potenziale von Vollzirkonoxidkronen zu bewerten, sollten wir alle Gutachter und Richter sein. Stellen Sie sich vor, Sie wären Richter und müssten eine Beurteilung erstellen bzw. ein Urteil zur Verwendung dieses Werkstoffs in der Mundhöhle fällen. Sie hören sich dazu die Argumente der Anklage und der Verteidigung an, lesen Gutachten und vernehmen Zeugen und treffen dann eine objektive, auf Fakten basierende Entscheidung.

Das Ziel dieses Beitrag ist es zu versuchen, Ihnen sämtliche Parameter aufzeigen, die uns dabei helfen können, den Wert, die Sinnhaftigkeit und die möglichen Gefahren der prothetischen Lösung vollanatomischen Zirkoniumdioxids aufzuzeigen. Am Schluss soll in einer Zusammenfassung ein kompetentes Urteil gefällt werden können, bei dem Sie die Möglichkeit haben, dem Plädoyer des Autors zu folgen oder zu einem eigenen Schluss zu kommen.

Die Kernfrage dieses Beitrages wird dabei sein: In welche Patientenwelt wird die neue Versorgungsart, monolithische Zirkoniumdioxidkrone, hineingeboren? Die



Abb. 5 Ist die Vollkrone aus Zirkoniumdioxid die richtige Versorgung für solche Patienten, die z. B. aufgrund von Bruxismus alles zermahlen und zerchippen?



Abb. 6 Abrasion ist ein natürlicher Adaptionsprozess. Aber wie viel abradiert der Durchschnittsmensch pro Jahr?

Abb. 7 Der Willy-Tec Kau- simulator (SD Mechatronik, Feldkirchen).



Entscheidungskriterien, die uns dabei zur Beurteilung dienen sollten, sind: Abrasion, Attrition, Erosion, Biokompatibilität, Ästhetik, Langlebigkeit, Nachhaltigkeit, Funktion, Härte, Behandlerfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit.

Bei der natürlichen Zahnschubstanz geht man von einem durchschnittlichen Abrasionswert von 25 µm pro Jahr aus (Abb. 6 und vgl. auch Tabelle 2).⁴ Bezogen darauf werfen vollanatomische Kronen aus Zirkoniumdioxid nun im Vorfeld die folgenden Fragen auf:

- Abradieren Kronen aus unverblendetem Zirkoniumdioxidkronen den Antagonisten in unphysiologischem Maße?
- Abradieren Areale, die durch Einschleifmaßnahmen des Zahnarztes entstehen und nicht nachpoliert werden, den natürlichen Antagonisten in exorbitant höherem Maß?
- Stimmt es, dass Zirkoniumdioxid vom natürlichen Antagonisten nicht abradiert wird?
- Hat die hohe Oberflächenhärte negative Auswirkungen auf das Abrasionsverhalten und das stomatognathe System?

Der „Zwei-Medien-Verschleiß-Test“ mit transluzentem ZrO₂ im Willy-Tec Kausimulator (Abb. 7) der Universität Tübingen in Zusammenarbeit mit der Firma Teamziereis, Engelsbrand, widmete sich der Beantwortung dieser Fragen mit dem folgenden Versuchsaufbau:

- der Test erfolgt im Kausimulator,
- die Simulation des feuchten Mundmilieus und wechselnder Temperaturbedingungen,
- Steatit dient als Antagonistenmaterial.⁴

Steatit wird als Schmelzanalog für Abrasionstests verwendet. Steatit ist ein anorganischer Werkstoff auf der Basis natürlicher Rohstoffe, der überwiegend Magnesiumsilikat enthält. Steatit ist mechanisch sehr fest, maßgenau und formstabil.⁴

Die in der Literatur beschriebenen Abrasionsuntersuchungen sind aufgrund unterschiedlicher Versuchsparameter und Verschleißverfahren nur bedingt miteinander vergleichbar (vgl. Tabelle 2).^{1,2,5-8,10,11,14}

Abrasion

Was ist Steatit?

Vorteile dieses Testverfahrens



Abb. 8 Das Testmaterial: transluzentes Zirkoniumdioxid der Firma Metoxit AG, Tayngen, Schweiz.

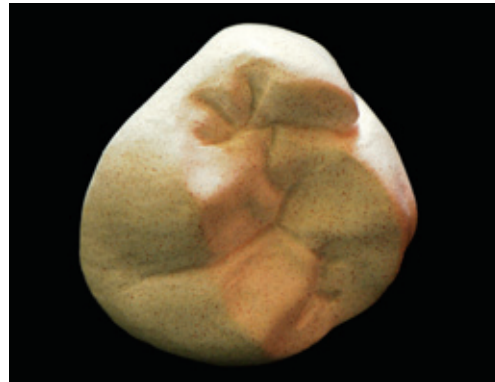


Abb. 9 Ein Molar aus einem voreingefärbten, ungesinterten Metoxit Blank in HTL-Medium.



Abb. 10 Transluzente Metoxit Blanks. Erhältlich in HTL Weiß, HTL Light, HTL Medium, HTL Intense.

Verschleißuntersuchungen mit natürlichen Zähnen als Antagonisten sind kritisch zu bewerten, da Schwankungen im Verschleißverhalten aufgrund unterschiedlicher Physiologie und Anatomie der unterschiedlichen Patienten und ein Übergang von einer Abrasion im Schmelzbereich in den Dentinbereich zu beobachten sind. Steatite Antagonisten erweisen sich dagegen bei Kontaktverschleißuntersuchungen im Vergleich zu Antagonisten aus Metall, natürlichen Zähnen oder Prothesenzähnen als ideal hinsichtlich der Differenzierung des Verschleißverhaltens.¹²

Verwendetes Zirkoniumdioxid

- Yttrium-stabilisiertes, transluzentes ZrO_2 (Abb. 8 bis 10)
- Sinterdichte: $g/cm^3 - > 6,0$
- Korngröße: $- < 0,4 \mu m$
- Vergrößerungsfaktor: 1,222
- Hersteller: Metoxit AG, CH-8240 Thayngen (Vertrieb Teamziereis GmbH, 75331 Engelsbrand)

Besonderheiten bei der Vorbereitung der Probekörper

Wichtig war uns bei der Prüfung eine realistische Oberflächenbearbeitung. Üblicherweise werden Prüfplättchen für den Zwei-Medien-Verschleiß-Test mit einer wassergekühlten, planen Diamantscheibe in den Abstufungen $9 \mu m$, $3 \mu m$, $1 \mu m$ und einer finalen Diamant-Politur auf Hochglanz poliert.³ Dies entspricht nicht einer Situation in der Realität: Kein Zahnarzt und Zahntechniker ist in der Lage, derartige Oberflächen mit dem zur Verfügung stehenden manuellen Instrumentarium herzustellen (Abb. 11 bis 13).

Die Testplättchen wurden also so bearbeitet, wie ein Zahnarzt oder Zahntechniker seine Kauflächenareale (Höckerabhänge, Leisten etc.) zu bearbeiten in der Lage wäre (Abb. 11 bis 15).

Ergebnisse der Untersuchung⁴

- Die manuelle (realistische) Oberflächenbearbeitung der Testkörper zeigt im μm -Bereich, trotz Hochglanzpolitur, die erwartete ausgeprägte Welligkeit der Oberfläche und Schwankungen bei der Abrasion.
- Die gemessenen Abrasionswerte liegen bei allen Probekörpern im absolut physiologischen Bereich (Tabelle 1).

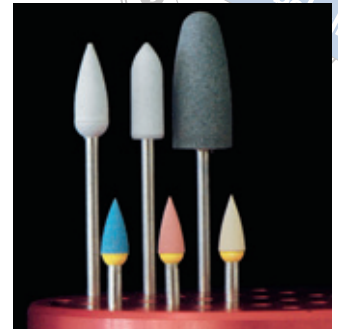
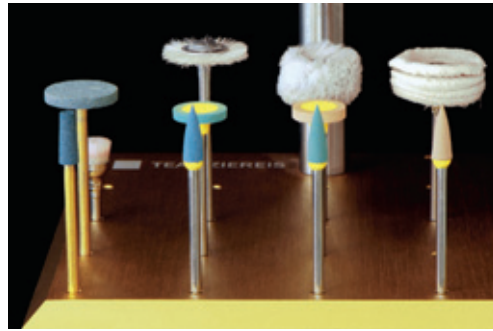
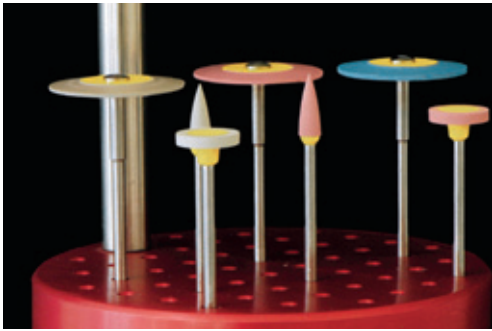


Abb. 11 bis 13 Gewohnte Bearbeitungs- und Polierinstrumente aus dem Alltag wurden für die Bearbeitung der Testkörper verwendet.

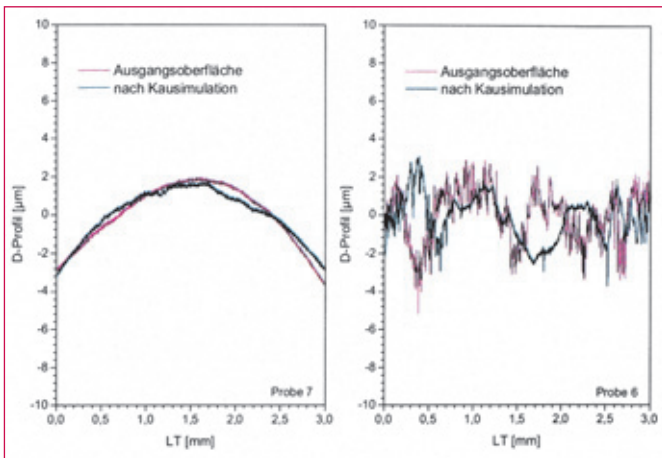


Abb. 14 Manuell bearbeitete Oberflächen weisen in der Regel wellige Strukturen im μm -Bereich auf. Interessant: Nach den Abrasionszyklen sind wellige Strukturen im Plus- und Minus-Bereich erkennbar.

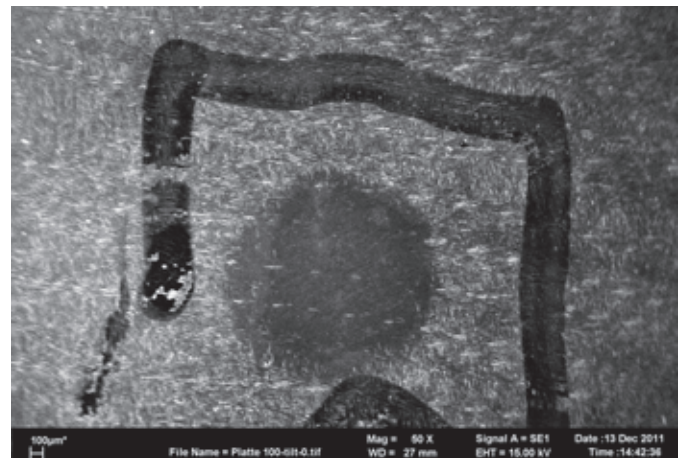


Abb. 15 Deutlich erkennbar: das Aktionsfeld der Steatitkugel auf dem eingeschliffenen Zirkoniumdioxid.

Kugel	Poliert	Beschliffen
K1	93,01	152,86
K2	89,08	187,63
K3	196,10	98,24
K4	108,98	97,78
K5	135,08	134,57
K6	119,19	194,70
K7	143,22	121,44
K8	95,48	98,24
mean	122,52	135,68
S.D.	35,69	39,50

Tabelle 1 Berechneter Kugelabtrag in μm in Abhängigkeit von der Zirkoniumdioxid-Bearbeitung. Durchschnittliche Abrasion pro Jahr: $24,5 \mu\text{m}$.

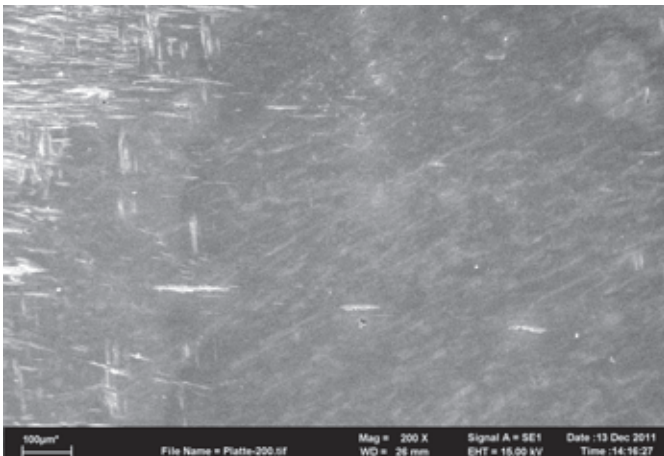
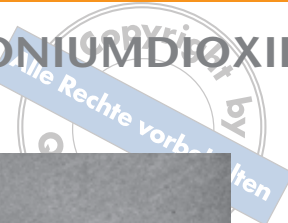


Abb. 16 Im linken oberen Bildrand sind noch die Einschleifspuren des Diamanten sichtbar. Die restlichen Areale sind bereits teilweise „eingeebnet“.



Abb. 17 Eine REM-Aufnahme, 5.000-fach, der vom Steatit-Antagonisten geglätteten Oberfläche. Mittig ist noch eine verbliebene Schleifspur eines Diamantkorns des FG-Diamanten zu erkennen.

Abb. 18 Am Anfang ist alles glatt. Klassische Feldspatkeramik, wie bei dieser überpresserten Brücke, realisiert höhere Abrasionswerte am Antagonisten als reines Zirkoniumdioxid, ist aber dafür in der Lage, abradiert zu werden.



- Beim Zirkoniumdioxid – poliert und eingeschliffen – war kein Verschleiß messbar.
- Die „vom Behandler“ eingeschliffenen Areale:
 - ... zeigen keinen Verschleiß am Zirkoniumdioxid selbst.
 - ... erzeugen nicht den erwarteten exorbitant höheren Abrasionswert am Antagonisten.
 - ... werden sogar durch den Antagonisten „eingeebnet“ und geglättet (Abb. 16 und 17).
- Die Härte des Werkstoffs korreliert nicht mit einem ungünstigen Verschleißverhalten.
- Das Abrasionsverhalten am Schmelzantagonisten ist deutlich positiver zu bewerten, als das von klassischer Verblendkeramik (Abb. 18).

Abrasion: wie viel ist zulässig und notwendig?

Was bringt mir ein solcher Test für die Praxis? *Abrasion* bezeichnet den Zahnhartsubstanzverlust infolge von Reibung, wobei sich zwischen den Reibeflächen ein mehr oder weniger abrasives Medium (z. B. Hirsebrei) befindet. *Attrition* bezeichnet den Zahnhartsubstanzverlust durch reflektorisches Berühren der Zähne. Die ruinösen Auswirkungen der Attrition zeigen sich beim Knirschen oder Bruxen. Mit welchen Vorgängen haben wir es zu tun, die maßgeblich am Verlust von Zahnhartsubstanz beteiligt sind?

Es bedarf keiner wissenschaftlichen Beobachtungen und Untersuchungen, um festzustellen, dass Abrasion ein natürlicher Vorgang ist. Bereits das Studium von Modellen und den dazugehörigen Menschen zeigt uns: Abrasion gehört zum Leben.



Autor	Abrasionswert	Lokalisation	Simulierte Zeit
Krejci et al.	55 µm 88 µm	Schmelzfossa Antagonist/Höcker	5 Jahre 5 Jahre
Graf et al.	61 µm (Median) BIOclus Inlay 51 µm Schmelz 57 µm Dentin 164 µm		
Pintado et al.	10,7 µm jugendliche Patienten		Pro 1 Jahr
Lambrechts et al.	29 µm 15 µm	Molar Prämolar	Pro 1 Jahr Pro 1 Jahr
Willems et al.	122 µm	Molar	3 Jahre
Ishizaki dto.	20-94 µm 125 µm jugendliche Patienten		Pro Jahr 3 Jahre
Christensen et al.	20 µm	Molar	Pro Jahr

Tabelle 2 Die Auswertung diverser Literaturstellen zum Thema Abrasion.^{1,2,5-8,10,11,14} Der Durchschnittswert liegt erneut bei 25 µm pro Jahr.

Zu wenig Abrasion stört die notwendigen Adaptionsprozesse, denen das Gebiss bis zum Ende des Lebens unterliegt. Wie viel Abrasion ist beim Menschen physiologisch?

Wir haben gelernt, dass der Mensch im Schnitt 15 bis 30 µm pro Jahr abradert. Ist das aber viel oder wenig? Und stimmt dieser Wert? Die Auswertung diverser Literaturstellen hierzu (Tabelle 2) zeigt kein einheitliches Bild.^{1,2,5-8,10,11,14} Viele der Untersuchungen sind nicht miteinander vergleichbar. Dentin abradert z. B. deutlich schneller als Schmelz. Dennoch ist eines interessant: Die durchschnittlichen Abrasionswerte der hier gezeigten Untersuchungen ergeben wiederum die 25 µm pro Jahr unserer Untersuchung.

Abrasion = Adaption

Selbstverständlich gibt es ausgeprägte Erscheinungsformen der Abrasion, die ihren Ursprung in nicht physiologischen Abläufen haben, bzw. deren Ursprung zwar in per se natürlichen Vorgängen (Stress) liegt, die jedoch krankhafte Erscheinungsbilder (negativer Stress) annehmen. Sie können zu ruinösen Ergebnissen führen (Abb. 19 und 20) und ein Eingreifen durch den fachkundigen Behandler, Zahntechniker und Spezialisten weiterer Disziplinen (z. B. Osteopathen, Physiotherapeuten etc.) erforderlich machen.

Abrasion und Attrition

Der Autor hat die Abrasionen der Dentition bei diversen Patienten anhand ihrer Modelle betrachtet (Abb. 21 bis 23). Als Startpunkt der Abrasion wurde das 15. Lebensjahr definiert, da hier im Durchschnitt die Dentition abgeschlossen ist. Die abraderten Zähne wurden aufgewachst bzw. mit einem Mock-up versehen und somit quasi wieder in den theoretisch jungfräulichen Zustand versetzt. Die Differenz zwischen Abrasion und jungfräulichem Ursprungszustand wurde gemessen und durch die Anzahl der Lebensjahre -15 dividiert. Wiederum ergab die Untersuchung ein Ergebnis von 25 µm pro Jahr.

Ursprünglich hat die Evolution der Nahrungsaufnahme den Vorrang vor intakten Kiefergelenken gegeben (Abb. 24). Aber wie viel echte Abrasion (also durch Nahrungsmittel verursacht) ist beim modernen Menschen mit seinen modernen Lebensmitteln noch vorhanden?

Der moderne Mensch hat buchstäblich an einem ganz anderen Problem zu nagen: der Attrition – oft in pathologischer Ausprägung. Unsere Lebensumstände arbeiten fleißig

Bruxismus: aus Abrasion wird Attrition



Abb. 19 Ein Patient, männlich, 60 Jahre alt, stressiger Beruf. Attrition, Abrasion, Bruxen, Pressen – alles spielt sich hier ab. Gut zu erkennen ist auch, dass sich die Goldinlays nicht mitadaptieren – die Ränder sind teilweise exponiert.



Abb. 20 Extremer Bruxismus, gepaart mit insuffizienter Verarbeitung der verwendeten Keramiken, führte im vorliegenden Fall zu frühzeitigem Totalversagen der Restauration.



Abb. 21 Ein Patient, männlich, 80 Jahre alt. Bis dato beschwerdefrei.



Abb. 22 Die Zähne sind teilweise aufgewachst: berechneter Verlust durch Attrition/Abrasion ca. 61 $\mu\text{m}/\text{Jahr}$.



Abb. 23 Ein Patient, männlich, 54 Jahre alt. Bis dato beschwerdefrei. Ermittelter Verlust nach Mock-up: ca. 51 $\mu\text{m}/\text{Jahr}$.



Abb. 24 Ein Elchzahn: ein wunderbares Beispiel für echte Abrasion durch abrasive Nahrungsmittel (z. B. Zweige, Äste).

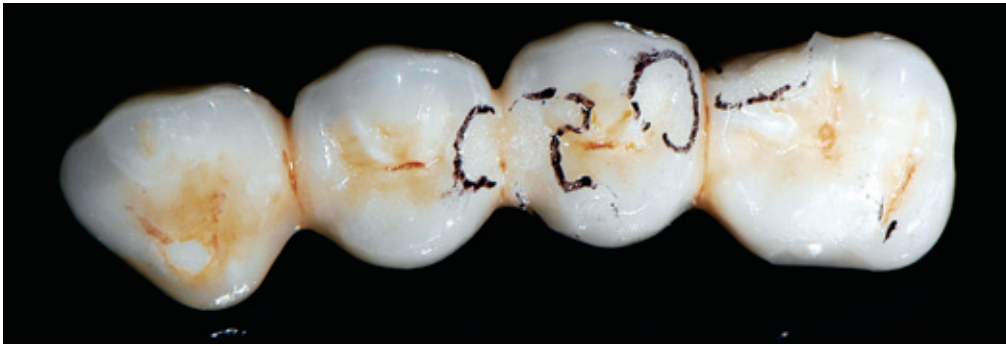


Abb. 25 Wenn der Zahnersatz bekämpft wird: Chipping nach 6 Monaten. Welcher Patient darf welche Versorgung bekommen?

daran, den Parafunktionen in unserem biologischen Regelkreis den Vorrang zu geben. Die Schlüsselworte heute sind: Schiene, Migräne, Spannungsschmerzen, CMD, Bandscheibenvorfall usw.

„Wir haben den Patienten toll versorgt – haben ihm aber deutlich gesagt, dass er nachts eine Schiene tragen muss, am besten auch am Tag“. Kommt Ihnen das bekannt vor?

Nun wird ein Patient, der aufgrund seiner ausgeglichenen Psyche außerhalb der Kau- und Schluckvorgänge permanent in der Ruheschwebe zuhause ist, in dieser Phase nahezu jedes Material tolerieren. Aber wie lange ist er das? Ausgeglichen, in der Schwebe. Wir fertigen keine Zahnräder für leblose Getriebe an, sondern oft nicht adaptierfähige Ersatzteile (Abb. 25) für Menschen, die leben.

„Zähne macht der liebe Gott!“ Diesen Satz habe ich zu einem Freund, dessen zahn-technisches Können ich übrigens sehr schätze, vor Jahren auf seine Aussage hin gesagt: „Wir machen keine Kronen, wir machen Zähne.“

Bei aller Achtung vor den Spitzenkönnern in unserem Beruf: Zahntechniker machen Kronen und eine Krone ist kein Zahn, sondern primär ein Fremdkörper zwischen Zähnen und zwei Kiefern.

Der Habit und die Welt des Patienten und der Grad des Störfelds, den der Zahnersatz verursacht, bestimmt u. a. die Physiologie des Zahnersatzes. Wir haben es in unseren Händen. Wir beeinflussen über die Qualität der Herstellung und die Auswahl der Materialien, wie gut sich ein Zahnersatz in sein Umfeld integriert und adaptiert wird, bzw. wie wenig er stört.

Durch das Aufkommen der Digitalisierung mit ihren neuen Technologien und andere Faktoren kommen noch weitere Veränderungen auf den Zahnarzt, den Zahntechniker und damit auch auf den Patienten zu, die Einfluss auf die Physiologie des Zahnersatzes haben werden:

- Wir werden zunehmend ohne Modelle und echte Artikulatoren arbeiten → der Intraoralscan.
- Wir haben neue Konstruktionsverfahren: der virtuelle Artikulator → das CAD-Programm.
- Wir arbeiten vermehrt auf Implantaten → fehlende Rezeptoren, fehlende Dämpfung.
- Wir haben neue Werkstoffe → transluzentes, monolithisches Zirkoniumdioxid.

Damit haben wir, oder sind im Entstehen, neue mögliche Störfelder in der Funktion.

Störfeld Zahnersatz?

Die Zukunft der neuen virtuellen Okklusion

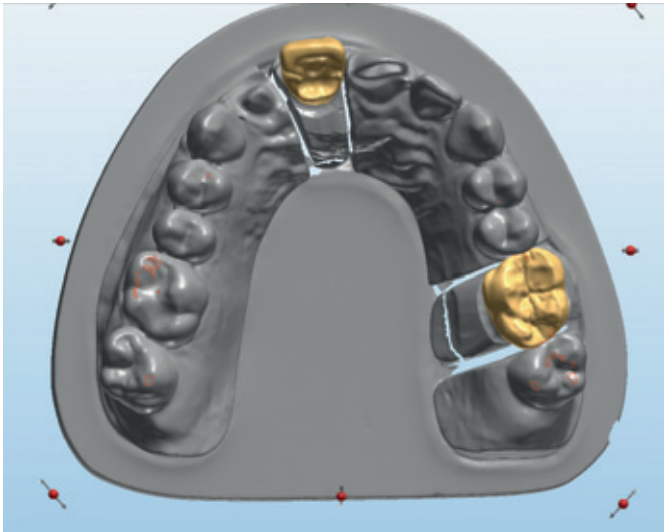
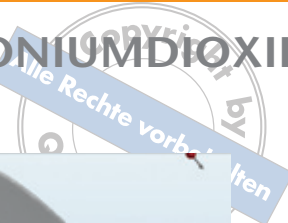


Abb. 26 Kontaktfelder/-punkte nach Scan der zusammengewachsenen Modelle im virtuellen Artikulator. Die Situation entspricht nicht dem Kontaktprotokoll im Mund.

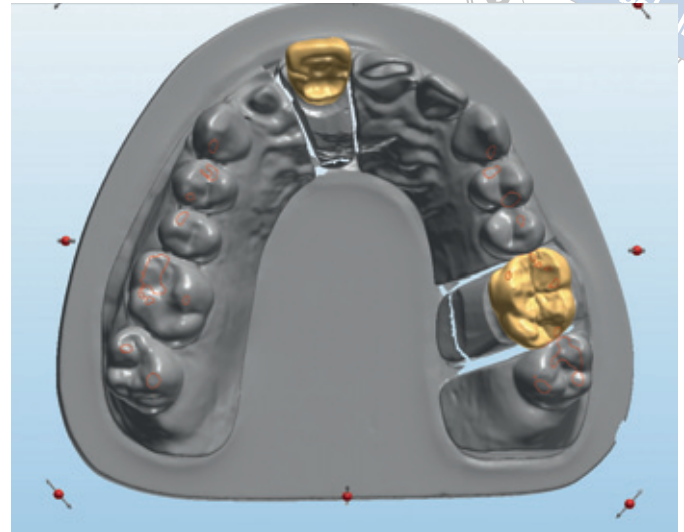
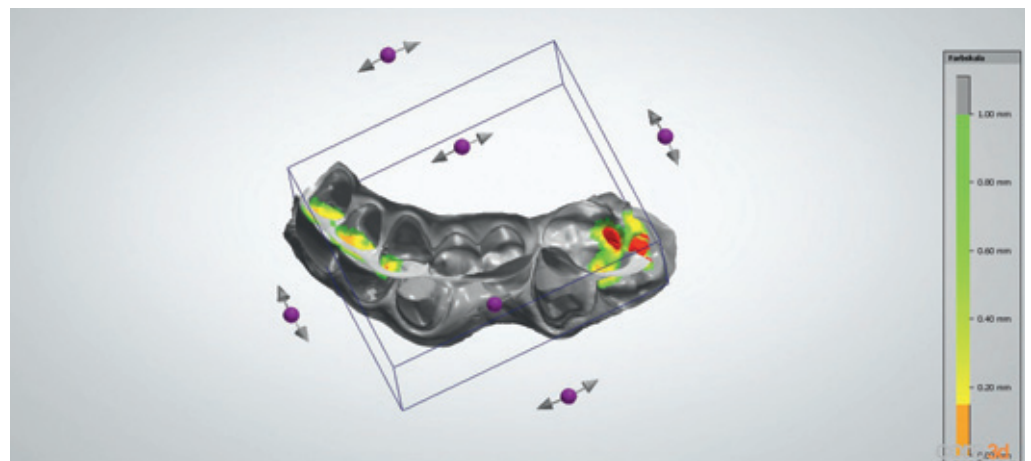


Abb. 27 Kontaktprotokoll im Mund: Kontaktfelder/-punkte nach dem „Einschleifen“ im virtuellen Artikulator. Die Situation entspricht jetzt nahezu dem Kontaktprotokoll.

Abb. 28 Fehlermöglichkeiten in der Zuordnung eines echten „Intraoral-Bisses“. Die Situation entspricht nicht der Mundsituation.



*Störfeld Intraoralscan:
fehlende Modelle und
fehlende „echte“
Artikulatoren*

Intraoralscanner liefern uns in Zukunft virtuell die Kieferrelation. Theoretisch eine Verbesserung gegenüber den altherkömmlichen Kieferrelationsbestimmungen, da hier der Patient nicht durch Registrare zwischen den Zahnreihen irritiert wird. Dennoch sind auch hier potenzielle Fehlerquellen vorhanden, diese können jedoch im Labor nicht erkannt werden, wenn keine artikulierten Gipsmodelle vorliegen.

In der Regel werden bis dato viele Modelle, teils ohne Zuhilfenahme der mitgelieferten Bissregistrare, einartikuliert und die Modelle in Gips eingeschliffen, um eine möglichst realistische Situation, die der im Mund entspricht, zu erhalten. Noch idealer ist es, ein Kontaktprotokoll zur Verfügung gestellt zu bekommen. Diese Vorgehensweisen werden in der Zukunft teilweise nicht mehr möglich sein (Abb. 26 und 27). Was also tun, wenn keine Modelle vorhanden sind (Abb. 28)?

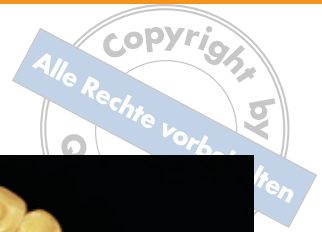


Abb. 29 und 30 Darf man diesem Patienten Zahnersatz aus nicht adaptierfähigem Material einbauen? Hier muss selbstverständlich eingegriffen werden, aber nicht mit Zirkoniumdioxid gegen Zirkoniumdioxid.



Abb. 31 Der Patient wurde im Unterkiefer mit CAD/CAM-gefertigten Table-Tops aus HIGHclass Nano Komposit (Creamed, Marburg/Teamziereis, Engelsbrand) versorgt. Im Oberkiefer kam Presskeramik zum Einsatz.

Wir haben gesehen, dass Zirkoniumdioxid nicht abradert wird. Das bedeutet, dass bei einer Versorgung, bei der Zirkoniumdioxid auf Zirkoniumdioxid trifft, keine Adaption möglich sein wird.

Wir dürfen also, wenn wir Kronen aus monolithischem Zirkoniumdioxid fertigen, die Okklusion nicht der Adaptionfähigkeit des Materials überlassen. Platt gesprochen bedeutet dies: Es gilt nicht mehr der Satz, dass sich Form und Farbe „einbeißen“. Monolithisches Zirkoniumdioxid gleicht Störfelder nur über die Adaption des Antagonisten aus, sofern dies möglich ist (Abb. 29 bis 31).

Implantatträger generieren eine bis zu acht- bis zehnfach höhere Kaukraft, die ungefedert in die prothetische Versorgung geleitet wird. Sehr oft kommt es hier zum Versagen der Kronen und Brücken – das vielzitierte Chipping von Verblendkeramiken ist das bekannteste Problem. Was passiert jedoch, wenn wir auf Implantate Materialien bauen, die nahezu jeglicher Belastung standhalten und der betroffene Patient zudem noch Bruxer ist (Abb. 32 und 33)?

Deshalb werden nicht nur strategisch wichtige Schrauben, sondern auch Implantate und Abutments mit dem Drehmomentschlüssel mit definierten Anzugsmomenten fixiert. Was passiert jedoch mit unserer Prothetik und den beteiligten Partnern im stomatognathischen

*Störfeld Werkstoffe:
fehlende Adaption bei
Zirkoniumdioxid*

*Störfeld Implantate:
die Welt der fehlenden
Rezeptoren*

*Weil wir Chipping haben,
fertigen wir in Zukunft
richtig stabil*



Abb. 32 und 33 Alles nach bestem Wissen gefertigt, aber alles auf Implantaten: großflächige Areale mit Chippings.

Abb. 34 Keilförmige Defekte, vermutlich auch bedingt durch ruinöses Wirken an den beteiligten Gewebestrukturen aufgrund von Parafunktionen.



Abb. 35 Das weiche Tannenholz („natürliches Parodontium“) absorbiert die hohe kinetische Energie des Hammers – selbst die überpresste Zirkoniumdioxidkrone (links) bleibt unbeschädigt, ebenso wie die monolithischen Kronen (Mitte rechts).



Abb. 36 und 37 Harte deutsche Eiche (Implantatlager) absorbiert die hohe kinetische Energie des Hammers nicht – die Zirkoniumdioxidkrone bricht, aber auch das Lager leidet.

then System? Diese haben keine Drehmomentbegrenzung und, je nach Patiententypus, nehmen wir u. U. diesem System die evtl. notwendigen Adaptationsmöglichkeiten und Sollbruchstellen. Die Folgen können, in Abhängigkeit von unserer prothetischen Versorgung und den verwendeten Materialien, verheerend sein.

Wie stabil sind die anderen Beteiligten (Abb. 34)?

- Muskulatur
- Kiefergelenk
- Gewebe
- Knochen
- Implantate

Die mehr oder weniger erfolgreiche Kompensation hoher vertikaler Kräfte durch das Prothesenlager veranschaulicht der auf den Abbildungen 35 und 36 gezeigte Test. Die extremen Aufschlagkräfte durch den Hammer (Abb. 37) richten selbst bei der mit klassischer Feldspatkeramik CALLpress (Teamziereis) überpressten Zirkoniumdioxidkrone (siehe Abb. 35, links) keinen nennenswerten Schaden an, schon gar nicht bei den beiden monolithischen Zirkoniumdioxidkronen (siehe Abb. 35, Mitte, rechts) unterschiedlicher Materialstärke – das weiche Tannenholz absorbiert die auftretenden Kräfte.



Ganz anders verhält es sich, wenn das Lager aus einer harten, langsam gewachsenen Eiche besteht (siehe Abb. 36): Die Vollzirkonkrone zerplatzt, weil das harte Holz die auftretenden Kräfte nicht ausreichend absorbiert, aber auch das Holz wird geschädigt.

Was haben wir gelernt? Aus diversen Studien und Vorträgen wissen wir: Unverblendetes Zirkoniumdioxid altert im feuchten Milieu der Mundhöhle schneller als verblendetes, da es durch die Reaktion des Yttriums mit Wasser zu einer Phasenumwandlung und Degradation des Gefüges kommt. Doch selbst bei einer Alterung des Zirkoniumdioxids um 50 % liegt eine Biegefestigkeit vor, die weit über den von Körber et al.⁹ postulierten 500 N (inkl. Sicherheitsreserve) durchschnittlichen Kaukräften im Seitenzahnbereich liegen.

Das Mundmilieu: wie lange ist stabil stabil?

Eine interessante Studie¹³ der State University of Arizona zeigt, dass in der Mikrowelle gesintertes Zirkoniumdioxid deutlich geringere Verluste an Biegefestigkeit von ca. 14 % gegenüber 43 % (normal gesintert) zeigt. Könnte dies eine mögliche Variante sein, um die „nackte“ Krone gegen das feuchte Mundmilieu zu wappnen (Abb. 38)?

Höhere Langzeitstabilität durch Mikrowellensinterung?

Im Zwei-Medien-Verschleiß-Test im Willy-Tec Kausimulator wurden Abrasionswerte von ca. 25 µm pro Jahr ermittelt, die physiologisch sind und sich mit Werten anderer Untersuchungen decken. Getestet wurde die simulierte Schmelzabrasion mithilfe einer Steatitkugel als Schmelzanalogue.

Auswertung der Untersuchung⁴ und Analyse Abrasion

Die Aussagen beziehen sich also auf die Antagonistenpaarung Zirkoniumdioxid/Schmelz. Andere Materialien als Antagonisten wurden nicht getestet.

Das Zirkoniumdioxid selbst zeigt keinen Verschleiß. Die Antagonistenpaarung Zirkoniumdioxid/Zirkoniumdioxid ist aus dem Blickwinkel einer adaptiven Abrasion, der das natürliche Gebiss ein Leben lang unterliegt, sehr kritisch zu bewerten.

Zahnärztlich eingeschliffene Areale zeigen nicht den erwarteten ruinösen Abrasionsfortschritt am Schmelz des Antagonisten. Es fand sogar eine Einebnung und Glättung derselben durch die Steatitkugel statt. Dennoch wird zu einer Politur eingeschliffener Areale im kaufunktionellen Bereich dringend geraten. Glasuren im kaufunktionellen Bereich werden kritisch bewertet, da diese bei teilweiser Auflösung als zusätzliche Reibfläche fungieren können.

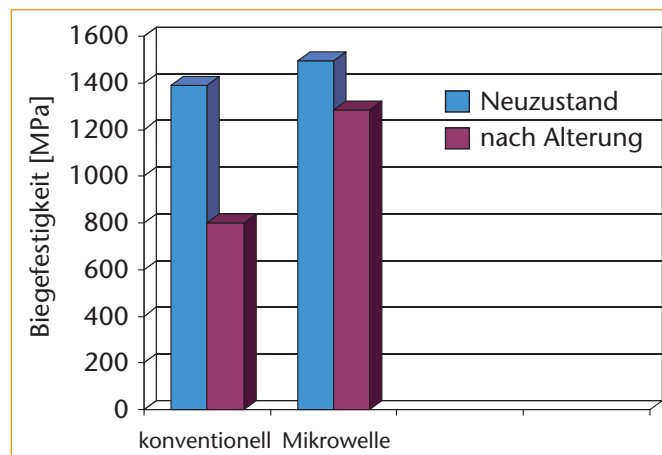
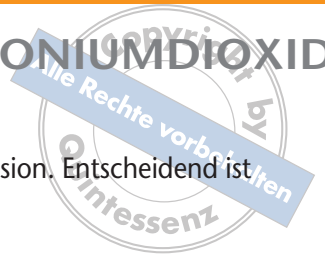


Abb. 38 Durchschnittliche Biegefestigkeit von sieben Zirkoniumdioxid-Materialien nach unterschiedlicher Vorbehandlung.



Die Härte des Materials korreliert nicht mit einer erhöhten Abrasion. Entscheidend ist die Oberflächengüte.

Attrition Die Attrition ist kritisch zu bewerten, da das Zirkoniumdioxid selbst keine Adaption in Form von Abrasion zulässt. Eine regelmäßige Nachkontrolle von Patienten, die mit monolithischen Zirkoniumdioxidkronen versorgt sind, ist ratsam, solange für diese Art der Versorgung noch keine klinischen Erfahrungen vorliegen, um „Nachjustieren“ zu können.

Kronen aus Vollzirkon werden speziell für Bruxer beworben. So ist aber speziell die Versorgung von Bruxern oder Patienten mit starken Parafunktionen sehr kritisch zu hinterfragen, da eine Adaption durch das Material nicht erfolgt und auftretende Vertikal- und Scherkräfte auf die restlichen, im stomatognathen System befindlichen Gewebe und Strukturen abgeleitet werden.

Diese Aussage gilt in verstärktem Maße für implantatgetragenen Zahnersatz, insbesondere wenn auch im Antagonist Implantate und keine natürlichen Rezeptoren vorhanden sind.

Hier könnte die Zukunft eher in Hochleistungspolymeren bzw. gefrästen Nano-Kompositmaterialien für die CAD/CAM-Technik liegen.

Erosion Zirkoniumdioxid ist in heißer Fluorwasserstoffsäure schwach löslich. Erosion aufgrund von Nahrungsmitteln dürfte in der Mundhöhle keine relevante Rolle spielen.

Biokompatibilität Unverblendetes, eingefärbtes Zirkoniumdioxid wird erst seit wenigen Jahren in Form von Teleskop-Primärkronen und als Emergenzaufbauten eingesetzt. Speziell im Bereich des Implantatsulkus sind dem Verfasser keine Aussagen über Unverträglichkeiten oder Allergien bekannt.

Die klinische Praxis zeigt seit vielen Jahren auch im Bereich der Chirurgie eine hervorragende Gewebeverträglichkeit von Zirkoniumdioxid.

Ästhetik Monolithische Kronen aus Zirkoniumdioxid stellen in erster Linie eine sehr preisgünstige, zahnfarbene Alternative zu Vollkronen aus NEM und verblendeten NEM-Kronen im Seitenzahnbereich dar.

Aus diesem Blickwinkel ist die Ästhetik absolut ausreichend. Der Patient muss selbstverständlich über die möglichen, aber aufwändigeren und ästhetischeren Alternativen informiert werden. Ergebnisse wie in der Verblend- bzw. Aufpresstechnik sind nicht (bzw. noch nicht) realisierbar.

Die transluzenteren Zirkoniumdioxide, wie z. B. das im Test verwendete Z-CAD HTL Material von Metoxit, zeigen eine verbesserte Ästhetik gegenüber den klassischen, weniger transluzenten Materialien.

Einheitliche Einfärbe- und Kolorierungsverfahren haben sich bis dato noch nicht etabliert. Im Moment befinden sich Verfahren in der Entwicklungsphase, die eine reproduzierbare Farbgebung der ungesinterten Kronen realisieren sollen. Zurzeit sind die Ergebnisse noch sehr stark vom Anwender abhängig. Dies ist jedoch in der klassischen Verblendtechnik auch nach Jahren noch der Fall.

Es gibt zurzeit nur wenige Berichte und Falldarstellungen von Arbeiten in situ.



Klassische VMK-Versorgungen erreichen im Extrem Liegezeiten in situ von 30 Jahren und mehr. Demgegenüber liegen keine Langzeiterfahrungen über unverblendete Zirkoniumdioxidkronen vor. Inwiefern das feuchte Mundmilieu und eingeschliffene und nicht optimal polierte (und dadurch die Restauration schwächende) Kronen und Brücken eine verminderte Risszähigkeit mit stark verkürzter Lebenserwartung zur Folge haben, ist nicht bekannt. In situ bewiesen werden muss noch, ob die Mikrowellensinterung tatsächlich zu einer deutlichen Verminderung der Materialalterung in situ beitragen kann.

Langlebigkeit

Aufgrund der hohen Ausgangswerte der Biegefestigkeit und Risszähigkeit und der bis dato gemachten Erfahrungen mit klassischen Versorgungen aus Zirkoniumdioxid dürften ausreichend lange Liegezeiten erwartet werden.

Unter Nachhaltigkeit versteht der Autor hier die Fähigkeit einer prothetischen Versorgung, sich über die Jahre in eine sich verändernde Mund- und Lebenssituation des Patienten zu integrieren. Dies ist bei der Zirkoniumdioxidkrone bzgl. der Adaption/Abrasion nur eingeschränkt der Fall.

Nachhaltigkeit

Die Funktion wird im Wesentlichen durch die neue Herstellungstechnik in den CAD/CAM-Verfahren bestimmt. Arbeitsschritte vom Intraoralscan über das Übermitteln der Daten, dem Matchen der Bissituation bis hin zum „okklusalen Konzept“ im CAD und den Einschleifkorrekturen im Mund bergen neue Fehlerquellen gegenüber der analogen Technik. Eine fahrlässige Drag-and-Drop-Technik, ohne funktionelle und patientenspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen, fährt, wie in jeder anderen Technik, die gesamte Funktion mehr oder weniger an die Wand.

Funktion

Probleme aufgrund von unphysiologischem Zahnersatz gibt es bereits seit vielen Jahren auch mit allen anderen Versorgungsarten. Im Besonderen betroffen ist davon z. B. die wachsende Zahl an Bruxern, Parafunktionierern und Patienten mit CMD-Problematik.

Härte/Kiefergelenk

Viele Patienten empfinden ihren Zahnersatz als Fremdkörper, dies vor allem nachts, und leben mit der Schiene, um ihr gutes Stück nicht zu zerstören. Viele Menschen haben diese Probleme, auch ohne Zahnersatz und enden ebenfalls auf der Schiene. Zirkoniumdioxid ist zwar ein Material, das eine hohe Bruchfestigkeit besitzt, sich jedoch nicht adaptiert. Parafunktionen, vertikale und exzentrische Belastungen werden ungefiltert ins stomatognathe System geleitet. Sollbruchstellen etc. sind nicht vorhanden. Ob es Auswirkungen aufgrund dieses sehr harten Materials auf das Kiefergelenk und die kommunizierenden Gewebe und Muskelgruppen geben wird, bleibt abzuwarten.

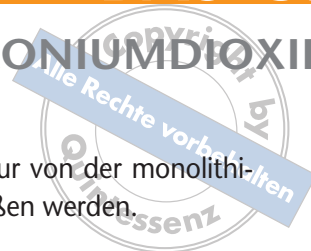
Unter Behandlerfreundlichkeit versteht der Autor die einfache Durchführung anfallender Arbeiten in situ: Zementierung, Einschleifmaßnahmen, Politur im Mund, Trepanation, Röntgen, Schlitzen bei Entfernung, professionelle Zahnreinigung, Plaqueanhaftung etc.

Behandlerfreundlichkeit

Nach Aussagen von Behandlern, die zu diesen Punkten durch den Autor befragt wurden, ist die klare Aussage, dass die Zirkoniumdioxidkrone hier keine negative Sonderrolle spielt.

Unter den Gesichtspunkten Materialpreis, Herstellungs-, Präparations- und Zementierungsaufwand ist die monolithische Zirkoniumdioxidkrone sicher die im Moment wirt-

Wirtschaftlichkeit



schaftlichste Krone. Hier könnte sie in Zukunft wahrscheinlich nur von der monolithischen, CAD/CAM-gefertigten Komposit-Krone vom Sockel gestoßen werden.

Fazit/Urteil Ein Berufsverbot für die monolithische Zirkoniumdioxidkrone wird vorerst nicht ausgesprochen. Monolithisches ZrO_2 kann, da es weder Attrition noch Abrasion zulässt, nicht als physiologisch eingestuft werden. Es darf nicht bei Patienten mit Funktionsstörungen wie z. B. Bruxismus eingesetzt werden. Jedoch wird es, optimal gummiert und poliert, auf Bewährung in den Mundraum des funktional nicht vorbelasteten Patienten entlassen und muss dort in den nächsten Jahren seine volle physiologische Berechtigung nachweisen. Es gilt das Motto: Versorgung mit Maß und Ziel. Es verpflichtet sich, sich regelmäßigen Kontrollen der Mundsituation von Bewährungshelfern in Form von erfahrenen und kompetenten Zahnärztinnen und Zahnärzten zu unterziehen. Es verspricht, sich ausschließlich von mit der Funktion vertrautem und CAD/CAM-geschultem zahn-technischem Fachpersonal herstellen zu lassen. Eine Generalabsolution für sämtliche Indikationen wird nicht erteilt.

- Literatur**
1. Burak N, Kaidonis JA, Richards LC, Townsend GC. Experimental studies on human dentin wear. Arch Oral Biol 1999;44:885-887.
 2. Christensen RP, Smith SL, Aina T. Quantifying wear in human adult teeth, in vivo 2year report. J Dent Res 2000;79:543(Abstract#3196).
 3. Geis-Gerstorfer J, Friebauer W. Verschleißuntersuchungen im Kausimulator an BruxZir (Glidewell Lab.). Tübingen: Medizinische Werkstoffkunde und Technologie, Universitätsklinikum Uni Tübingen, 2010.
 4. Geis-Gerstorfer J, Weppler M. Verschleißuntersuchungen im Kausimulator an Zirkonoxid. Tübingen: Medizinische Werkstoffkunde und Technologie, Universitätsklinikum Uni Tübingen, 2011.
 5. Graf K, Johnson GH, Mehl A, Rammelsberg P. The influence of dental alloys on three-body wear of human enamel and dentin in an inlay-like situation. Oper Dent 2002;27:167-174.
 6. Graf K, Rammelsberg P, Mehl A, Kunzelmann KH. In vitro Untersuchungen zur Drei Medien Abrasion von Zahnhartsubstanz und Metalllegierungen. Dtsch Zahnärztl Z 2001;55:495-500.
 7. Ishizaki H, Fukushima M, Makino H, Iwakura M. Relationship between occlusal force and enamel wear in caries free dentition. J Dent Res 2000;79:543(Abstract# 3195).
 8. Krejci I, Heinzmann JL, Lutz F. Verschleiß von Schmelz, Amalgam und ihre Schmelzantagonisten im computergesteuerten Kausimulator. Schweiz Monatschr Zahnmed 1990;100:1285-1291.
 9. Körber KH, Ludwig K. Maximale Kaukraft als Berechnungsfaktor zahntechnischer Konstruktionen. Dent Lab 1983;16:55-57.
 10. Lambrechts P, Braem M, Vuylsteke-Wauters M, Vanherle G. Quantitative in-vivo wear of human enamel. J Dent Res 1989;68 :1752-1754.
 11. Pintado MR, Anderson GC, De Long R, Douglas WH. Variation in tooth wear in young adults over a two year period. J Prosthet Dent 1997;77:313-320.
 12. Rosentritt M, Handel G, Hahnel S. Verschleißuntersuchungen an Prothesenzähnen Quintessenz Zahntech 2010;36:794-800.
 13. Wheeler K, Peralta P. Flexure Strength and Hydrothermal Degradation of Ytria-Stabilized Zirconia: Microwave vs. Conventional Sintering. Arizona: Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Arizona State University, Tempe, AZ 85287.
 14. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Three year follow up of five posterior composites: in vivo wear. J Dent 1993;21:74-78.



ZTM Martin Weppler
Teamziereis GmbH
Gewerbepark 11
75331 Engelsbrand
E-Mail: m.weppler@teamziereis.de