

QUINTESSENZ
ZAHNTECHNIK

QZ



SONDERDRUCK

Das Brennen
von dentaler
Verblendkeramik

Michael J. Tholey, Norbert Thiel



8

35. Jahrgang
August 2009



Das Brennen von dentaler Verblendkeramik

Michael J. Tholey, Norbert Thiel

1728 wurde der erste bekannte Versuch unternommen, ein keramisches Material als Bestandteil von Zahnersatz zu verwenden. Der Pariser Zahnarzt Fauchard versuchte damals, Prothesen aus Gold- und Silberblech zu emaillieren. Jedoch war es ihm und seinen über die Jahrhunderte nachfolgenden Kollegen nicht möglich, die thermische Inkompatibilität zwischen der Keramik und den verwendeten Metalllegierungen zu bewältigen. Dies führte meistens zum Abplatzen der Keramik vom Gerüst.²

Ein großer Meilenstein im Bereich der Verblendtechnik mit keramischen Massen wurde 1949 mit der Entwicklung des Vakuumbrennens gelegt. Allerdings kam trotz dieser starken Verbesserung der entscheidende Durchbruch für die Metallkeramik erst 13 Jahre später durch Weinstein. Er meldete 1962 in den USA ein Patent für eine auf Metall aufbrennfähige Keramik an.² Fast zeitgleich, 1962, wurde das erste in Europa entwickelte metallkeramische System durch die Firmen Vita Zahnfabrik und Degussa auf den Markt gebracht. Bei dieser heute noch angewandten Technik, der so genannten VMK® (VITA Metallkeramik)-Technik, handelte es sich um dentalkeramische Massen der Firma Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, die auf eine Edelmetalllegierung der Firma Degussa (heute DeguDent, Hanau) aufgebrannt wurden.^{1,3-5}

Zusammenfassung

Beim Verblenden von Gerüstmaterialien können durch fehlerhaftes Brennen der Dentalkeramik einige Fehler gemacht werden, die das spätere Ergebnis stark beeinflussen. So kann ein falscher Brenngrad chemische und physikalische Eigenschaften so verändern, dass ein Versagen der eingesetzten Restauration schneller auftreten kann. Mittels eines einfachen Brenngradtests kann jeder Zahntechniker seinen Ofen und sein Brandverhalten exakt auf das richtige Ergebnis einstellen und so seinen Kunden leichter Zufriedenheit garantieren. Gerade im Zuge der Europäisierung und Vereinheitlichung des Medizinproduktgesetzes sollte jedes zahntechnische Labor den richtigen Brenngrad für seine Verblendkeramik einstellen.

Indizes

Metallkeramik, Verblendkeramik, Keramikbrand, Einflussgrößen, Brenngradtest

Einleitung

Seit dieser Zeit nimmt die Zahl der funktionierenden Systeme aus Verblendkeramiken und Legierungen stetig zu. Zahnärzte und Zahntechniker haben aus einem sehr umfangreichen Angebot die Qual der Wahl. Die heutigen Verblendkeramiken haben mit denen aus jener vergangenen Zeit nicht mehr viel gemeinsam. Sie wurden deutlich weiterentwickelt, gerade was die ästhetischen Gesichtspunkte und antagonistenfrendlichen Aspekte betrifft.^{10,13}

Grundlagen Keramik Die Grundsubstanzen von Verblendkeramiken bestehen aus zwei Hauptbestandteilen. Kali- (KAlSi_3O_8 ; Orthoklas) und Natronfeldspate (NaAlSi_3O ; Albit) bilden mit 60 bis 80 Masseprozent den größten Anteil und werden oft als Gerüstbildner bezeichnet, da sie in der Verblendkeramik dreidimensionale Netzwerke ausbilden. Kalifeldspat, welcher die größte Bedeutung zur Herstellung von Verblendkeramiken hat, unterstützt außerdem das Abrasionsverhalten und die chemische Beständigkeit im oralen System.¹³

Orthoklas schmilzt inkongruent, d. h. seine Schmelze und sein Feststoff besitzen eine unterschiedliche Zusammensetzung. Bei diesem Feldspat entsteht eine Schmelze, aus der sich beim Erstarren die Glasphase und Leuzit (KAlSi_2O_6) bilden. Leuzit stellt die kristalline Phase der keramischen Verblendmassen dar. Leuzit erfüllt zwei Aufgaben, zum einen sorgt es für die Standfestigkeit, das bedeutet, dass die Form der geschichteten Restauration auch bei hohen Temperaturen erhalten bleibt. Zum anderen wird der Wärmeausdehnungskoeffizient (WAK) der Verblendkeramik durch den Anteil an Leuzitkristallen gesteuert. Die Kristalle erhöhen zusätzlich die Festigkeit der Verblendkeramik, da sie die Rissausbreitung verlangsamen.^{6,9,12}

Quarz bildet mit 15 bis 25 % einen weiteren Bestandteil und wird hinzugegeben, um den Anteil an Glasphase und damit die Transparenz zu erhöhen. Außerdem bewirkt der Quarz eine weitere Festigkeitssteigerung.^{9,14}

Weiterhin werden Metalloxide den Verblendkeramikmassen beigefügt, um die optischen Eigenschaften zu charakterisieren. So setzt man Metalloxide als Trübungsmittel ein und stellt gleichermaßen die Transparenz und Opaleszenz ein. Neben den Metalloxiden werden Verblendkeramiken weitere Pigmente, die in einem speziellen Verfahren hergestellt werden, beigemischt. Diese Pigmente verbrennen nicht und gewährleisten die Farbstabilität der Keramik über die Jahre. Sie bestimmen die endgültige Farbe der gebrannten Keramik und liefern der Restauration und damit auch dem Zahntechniker Farbsicherheit.⁹⁻¹¹

Brennen von Verblendkeramik Beim Brennen einer Verblendkeramik und der daraus resultierenden Restauration können Probleme auftreten. In einem Labor mit mehreren gleichen Öfen kann jeder Ofen ein anderes Ergebnis mit unterschiedlichen Brenngraden aber identischen Brennparametern⁸ liefern. Dies wiederum bedeutet für das Endergebnis, dass die Farbwirkung bei jedem Ofen anders ist. So stimmt in dem einem Ofen die gebrannte Verblendkeramik nicht mit der Farbe des Herstellers der Massen überein. Es erscheint z. B. die Farbe A3 aus dem einen Ofen zu grau und in dem anderen Ofen erzielt die Verblendung ein perfektes Farbergebnis.

Einer der Gründe für einen unterschiedlichen Brenngrad kann darin liegen, dass bei verschiedenen Ofenmodellen (z. B. Programat P500 Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein; Astromat 3001, Dekema, Freilassing; Vacumat 6000 M, Vita Zahnfabrik) die Kon-

struktionsunterschiede und damit die Lage der jeweiligen Thermoelemente einen Einfluss auf das Resultat und die Brenntemperatur haben. Bei den Öfen eines Typs, eines Herstellers, können die Unterschiede zusätzlich durch die unterschiedlichen Chargen der Brennelemente verursacht werden. Die Alterung der Brennelemente kann genauso eine der Ursachen für abweichende Brennergebnisse sein.^{7,9}

Diese möglicherweise auftretenden Probleme können mittels des einfachen Brenngradtests⁷ gelöst werden. Dieser Test gibt jedem Zahntechniker eine Möglichkeit, den eingesetzten Brennofen zu kontrollieren und wenn nötig zu korrigieren. Damit kann der geforderte Brenngrad und auch das angestrebte Farbergebnis erzielt werden. Die Voraussetzung für alle vom Hersteller eingestellten physikalischen und chemischen Eigenschaften der Verblendkeramiken ist die Bestimmung des richtigen Brenngrades der Keramik. Wenn sich verblendete Restaurationen aufgrund unterschiedlicher Ofenleistung in ihrem Brenngrad unterscheiden, werden hierdurch auch die physikalischen und chemischen Eigenschaften verändert.^{7,8}

Die Ofenkonstruktionen und die Temperaturmessungseinrichtungen in jedem Ofen jedes Herstellers zu vereinheitlichen, ist nicht machbar. Dies liegt nicht nur an unterschiedlichen Patenten der einzelnen Hersteller, sondern auch an bereits erzielten Erfahrungen mit ihren vorhandenen Ofenmodellen. Deshalb muss der Zahntechniker anhand von Brennproben den optimalen Brenngrad in jedem seiner Öfen selbst ermitteln. Aufgrund des Medizinproduktgesetzes müssen die Voraussetzungen für die verlangten Ergebnisse von Materialeigenschaften gesichert sein. Es reicht nicht aus, die Proben nach den meist nur ungefähren Angaben des Herstellers zu brennen. Es reicht selbstverständlich auch nicht aus, nach dem Brand eine Beurteilung des Brenngrades lediglich über den Oberflächenglanz einer Dentinkeramikprobe zu bestimmen. Bei einer solchen Charakteristik wird der Brenngrad im Innern einer Probe nämlich nicht berücksichtigt. Dabei ist diese Bewertung ebenfalls von großer Wichtigkeit.^{7,8}

Die hier mögliche Fehlentscheidung lässt sich mit dem Backen eines Marmorkuchens verdeutlichen. Ein Marmorkuchen kann von außen betrachtet als fertig gebacken betrachtet werden, er ist z. B. aufgegangen und hat eine schöne hell- und dunkelbraune Oberfläche. Wird der Kuchen dann aber angeschnitten ohne den „Stricknadeltest“ durchzuführen (alte Weisheit unserer Omas), kann er ein noch feuchtes, klebriges Inneres haben. Dies bedeutet, dass er doch nicht vollständig durchgebacken ist. Der Kuchen hätte in diesem Fall länger oder etwas höher temperiert gebacken werden müssen.

So kann auch die Verblendkeramik, wenn sie z. B. zu schnell aufgeheizt oder ungenügend vorgetrocknet wurde, den gewünschten Glanz zwar äußerlich zeigen, im Innern bleibt sie jedoch möglicherweise unterbrannt. Dies ist dann an einer zu geringen Transparenz und Farb-Brillanz und im ungünstigsten Fall einer möglichen Farbabweichung erkennbar. Bei einem zu schnellen Aufheizen auf die maximale Brenntemperatur wird die Probenoberfläche stärker aufgeschmolzen als das Innere der Probe. Mögliche Restspuren der Modellierflüssigkeiten werden nicht evaporiert, da die Oberfläche dicht geworden ist und das Innere sozusagen abriegelt.^{7,9}

Bevor man aber einen solchen einfachen Test nach dem exakten Brenngrad durchführen kann, sollten zunächst die beim Brand einer Verblendkeramik zu beachtenden Einflussgrößen bekannt sein. Sie wirken sich alle auf das Mikrogefüge der Dentalkeramik und damit auf die Eigenschaften einer Restauration aus. Beim Abkühlen kristallisiert

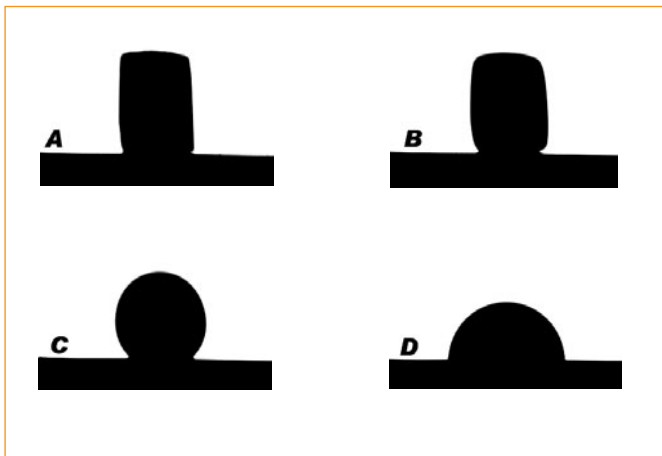


Abb. 1 Erhitzungsmikroskopbilder über die einzelnen Sinterschritte von Verblendkeramiken.

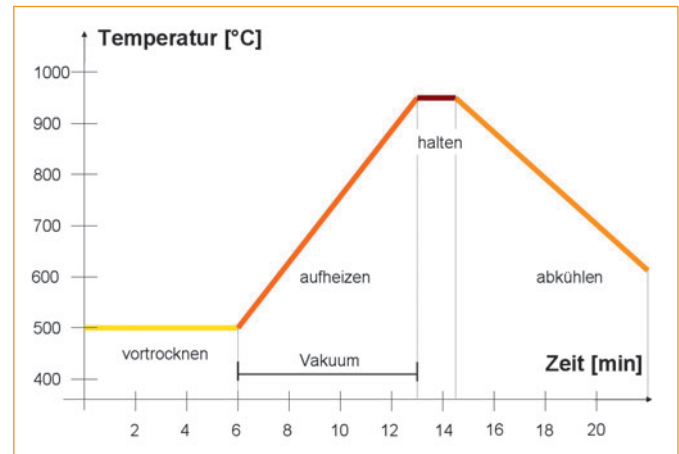


Abb. 2 Schematische Darstellung einer Brennkurve.

Leuzit – wie erwähnt – in der erstarrenden Schmelzphase aus. Dieses ist von großem Einfluss auf die Transparenz und Farbintensität einer Dentalkeramik. Diese beiden Eigenschaften können einfach vom menschlichen Auge analysiert und wahrgenommen werden.^{7,9} Den Einfluss auf weitere Materialeigenschaften, wie z. B. den linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten, die Biegezugfestigkeit und die chemische Löslichkeit, kann das Auge jedoch nicht beurteilen.

Vor den eigentlichen Einflussgrößen werden einige Stufen des Brennprozesses der Verblendkeramik mittels Erhitzungsmikroskop dargestellt (Abb. 1). Schattenbilder einer Verblendkeramik, die in einem Erhitzungsmikroskop von 20 °C bis auf 1.200 °C aufgeheizt wurde, verdeutlichen das Verhalten der Masse beim Brennprozess. Der zylindrische Probekörper aus Verblendkeramik (Punkt A), der bei Raumtemperatur 3 mm hoch ist, beginnt ab einer gewissen Temperatur zu schwinden. Dieser Temperaturpunkt ist abhängig von der jeweiligen Verblendkeramik. Hier beginnt auch der eigentliche Sinterungsprozess (Punkt B). Für den weiteren Sintervorgang ist charakteristisch, dass sich mit steigender Temperatur die eckigen, scharfkantigen Ausgangskonturen des Schattenbildes immer weiter abrunden. Der Schmelzprozess schreitet fort und es bilden sich schließlich Brücken zu benachbarten Körnern des Pulvers aus. Die einzelnen Körner der Keramik rücken bzw. „backen“ enger zusammen. Dieser Sintervorgang bildet die Vorstufe zum völligen Aufschmelzen und ist durch eine deutliche Schwindung (ca. 10 bis 12 %) des Volumens gekennzeichnet (Punkt C).^{6,7}

Die Masse beginnt jetzt zu schmelzen. Mit stetig ansteigender Temperatur verfließen die Konturen zunehmend. Der Sinterprozess geht langsam in einen Schmelzprozess über, bis das Schattenbild des Probekörpers eine Halbkugelform (Punkt D) annimmt. Dieser Zustand wird als Schmelzpunkt bezeichnet. Die vorgeschriebene maximale Brenntemperatur für Verblendkeramiken liegt jedoch deutlich unter diesem Schmelzpunkt. Folglich liegt im Mikrogefüge der fertig gebrannten Dentinmasse ein hoher Anteil an nicht vollständig aufgeschmolzenen Anteilen vor. Dies ist notwendig, um die verlangten Materialeigenschaften zu erreichen.^{6-9,12,14}

Bei höheren Temperaturen wird durch weiteres Aufschmelzen der Farbfritteteilchen ihre Farbwirkung durch ein Verfließen in die angrenzende Schmelzphase der farblosen

Masseanteile weitergegeben. Daher ist die „Schmelzzone“, die beim Brand der Dentalkeramik eher noch zur Sinterzone zu zählen ist, von besonderer Bedeutung für die Transparenz und Farbintensität. Transparenz und Farbbrillanz hängen von dem Anteil der im Gefüge vorliegenden Glasphase ab. Beides wird mit zunehmendem Glasphasenanteil intensiver.^{6,7,9}

Unser Auge nimmt nur diese zunehmende Transparenz und Farbintensität wahr. Im Allgemeinen werden diese Unterschiede nur auf die Endbrenntemperatur zurückgeführt. Es ist jedoch so, dass andere Größen genauso von entscheidendem Einfluss auf die Verblendkeramik sind. Der Brenngrad einer Dentalkeramik hängt neben dieser Brenntemperatur zusätzlich von folgenden Größen ab:

- 1. Vortrockenzeit
- 2. Liftposition und damit auch die Temperatur des Objektes beim Vortrocknen
- 3. Aufheizzeit bis zur Brenntemperatur und maximale Brenntemperatur
- 4. Haltezeit der maximalen Brenntemperatur
- 5. Abkühlgeschwindigkeit
- 6. Vakuum
- 7. Modellierflüssigkeit

Abbildung 2 zeigt in einer schematischen Darstellung eine übliche Brennkurve für Verblendkeramik, d. h. die Brennbedingungen nach Herstellerangaben für einen bestimmten Ofen. Betrachtet man die Einflussgrößen auf die Verblendkeramik, kann man erkennen, dass sie wahrscheinlich sogar einzeln betrachtet das Ergebnis beeinflussen. Dazu wurden Brennreihen aufgestellt, um sie einzeln überprüfen zu können. Die Brennproben wurden alle mit gestanzten runden Probekörpern durchgeführt. Dies bedeutet, dass 0,7 g Keramikpulver immer mit der gleichen Flüssigkeit und Flüssigkeitsmenge angemischt und dann auf einem schwarzen Brenngutträger direkt am Boden des Ofens gebrannt wurde. Es wurde keine Brennwatte benutzt, da diese das Ergebnis beeinflussen kann, die Keramikmasse könnte eingetrübt werden. Als Auflagepulver, damit der Probekörper vom Brenngutträger nach dem Brand entfernt werden kann, wurde eine höher schmelzende Keramik benutzt. Die runde Form des Probekörpers (Abb. 3, A) wurde gewählt, da sie relativ einfach und immer wieder gleich herzustellen ist. Es wären auch andere einfache Formen möglich gewesen, wie z. B. eine Keilform (Abb. 3, B). Da diese Probekörper auf einem Brenngutträger am Boden der Brennkammer gebrannt werden, benötigt der optimale Brenngrad eine etwas erhöhte Temperatur gegenüber einer verblendeten Krone, die im Hitzzentrum der Brennkammer gebrannt wird.

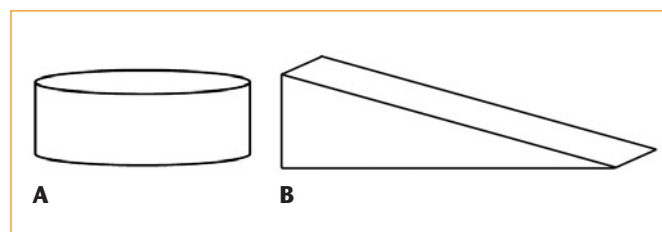


Abb. 3 Schematische Darstellung der möglichen Probekörper.

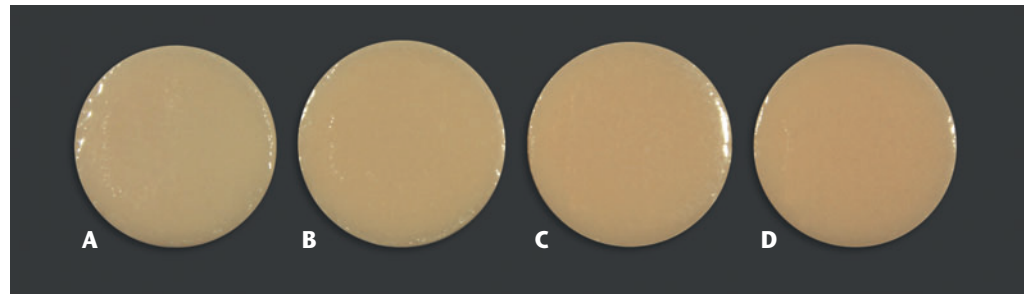


Abb. 4 Unterschiedliche Vortrocknungszeiten mit der gleichen Keramikmasse.

1. Vortrockenzeit

Die Vortrockenzeit beeinflusst besonders das farbliche Endergebnis der Verblendkeramik. Wie die Abbildung 4 verdeutlicht, wurden in diesem Versuch so genannte Stanzplättchen hergestellt. Die Verblendmasse dazu wurde aus der gleichen Keramikflasche abgewogen und am gleichen Tag nacheinander im gleichen Ofen, bei der gleichen Liftposition, bis zur gleichen Brennendtemperatur, mit der gleichen Aufheizrate gebrannt. So wurden identische Bedingungen für die einzelnen Brände erzielt.

Es wird klar, dass die Farbe von A nach D immer intensiver wird, obwohl alle Plättchen aus der gleichen Keramikmasse, der gleichen Charge, hergestellt wurden. Der einzige Unterschied ist, dass das Plättchen A gar nicht vorgetrocknet wurde, sondern gleich aufgeheizt wurde, B 2 Minuten vorgetrocknet, C 4 Minuten und Plättchen D, welches die intensivste Farbe aufweist, 6 Minuten vorgetrocknet wurde. Dies verdeutlicht auch, dass ein Zeitsparen, was einige Zahntechniker im Labor gerade mit Verkürzen der Vortrockenzeit erreichen wollen, einen erheblichen Einfluss auf das Endergebnis hat. Der Grund liegt in der bereits erwähnten Tatsache, dass die Oberfläche der Verblendkeramik bereits aufgeschmolzen ist und die Flüssigkeit und Luft im Innern nicht mehr entweichen können. Dadurch bleiben Luftbläschen und auch Reste der Modellierflüssigkeit weiter in der Masse eingeschlossen. Dieses Problem ist sehr einfach durch längeres Vortrocknen lösbar. Das Vortrocknen muss auch unterhalb des Glastemperaturpunktes bleiben, da sonst auch die Oberfläche aufgeschmolzen wird und Luft und Modellierflüssigkeit nicht entweichen können.⁶⁻⁸

2. Liftposition/ Temperatur des Objektes

Die genaue Liftposition und damit die Temperatur, die das Brennobjekt während des Vortrockenvorganges tatsächlich erreicht, haben ebenfalls einen Einfluss auf die spätere Transparenz und Farbwirkung der Restauration. In der Abbildung 5 wird verdeutlicht, dass bei einer Liftposition (Plättchen A) von 25 % geschlossener Brennkammer (Einstellung beim VITA Vacumat 4000) im Vergleich zu einer Position von 75 % (Plättchen B) das Plättchen A aus einer glasklaren Masse nicht vollständig durchgebrannt ist.

Die Probe A (bei 25 % geschlossenem Ofen) hat, obwohl der Ofen die gleiche Temperatur in beiden Bränden angezeigt hat, weniger Wärme abbekommen und ist deshalb bei einer deutlich niedrigeren Temperatur vorgewärmt worden. Dadurch haben die zwischen den Pulverkörnern vorliegende Luft und die Modellierflüssigkeit zu wenig Hitze abbekommen, um zu entweichen, da die Temperatur für eine korrekte Vortrocknung nicht ausreicht. Die Probe kommt dann zu feucht in den Aufheizprozess. So verbleiben kleinste Luftbläschen und Modellierflüssigkeitsreste in der Dentalkeramik und dies führt wegen der erhöhten Lichtbrechung an den Luftbläschen zu einer Trübung der späteren

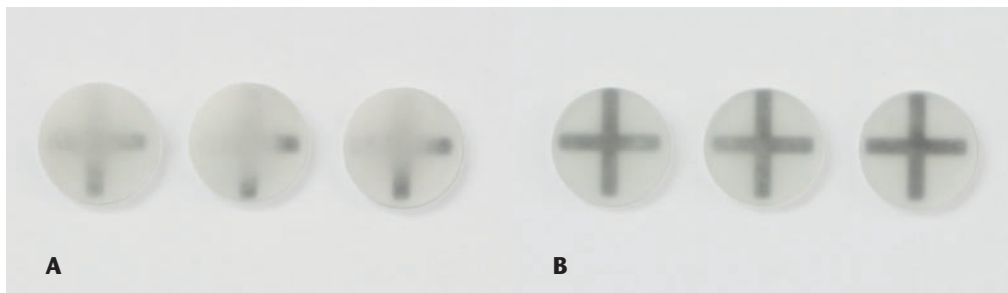


Abb. 5 Brennpföchten mit unterschiedlichen Liftpositionen (A: 25 %; B 75 %).

Restauration. Dieser Punkt ist wichtig zu wissen, wenn in einem Labor der optimale Brenngrad ermittelt ist und ein Zahntechniker Veneers auf Brennwatte und nicht auf den Brennträgerstiften brennen will. Hier muss die Liftposition etwas angehoben werden, um den gleichen Brenngrad zu erreichen.

Die folgenden Übersichten sollen die Abhängigkeit des Brenngrades von Temperaturen und Aufheizzeiten verdeutlichen. Die Vortrockenzeit lag in allen Fällen bei 6 Minuten und einer Liftposition von 75 % geschlossener Brennkammer (Einstellung VITA Vacumat 4000). Die Haltezeit der Endtemperatur lag bei den Proben der Abbildung 6 bei 2 Minuten. Hier ist auch zu erkennen, dass die Brennproben höher gebrannt werden mussten als eine keramisch verblendete Restauration. Da die Brennpföchten am Boden der Brennkammer auf einem Brenngutträger platziert waren, bekommen sie nicht die gleiche Hitze wie im Zentrum der Brennkammer ab.

Die Gegenüberstellung der Brennpföchten auf beiden Bildern (Abbildung 6 und die schematische Darstellung der Abbildung 7) verdeutlicht den gleichzeitigen Einfluss von

3. Aufheizzeit und maximale Brenntemperatur



Abb. 6 Beispiel für Brennpföchten mit einer Verblendkeramik (Window Masse).

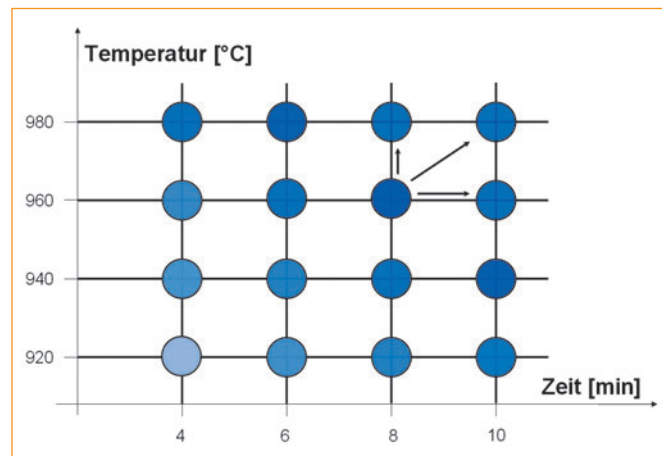


Abb. 7 Schematische Darstellung der gebrannten Brennplättchen.

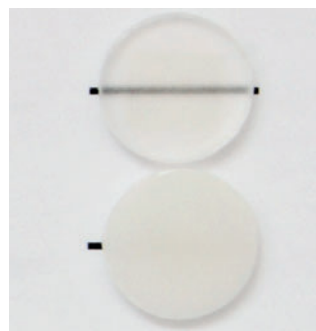
Temperatur und Aufheizzeit auf das Endergebnis. Wenn der Brenngrad der Plättchen über die Transparenz beurteilt wird, kann bei diesen Proben eine klare Gesetzmäßigkeit beobachtet werden.⁸ Plättchen gleichen Brenngrades, d. h. mit dem gleichen Ergebnis, liegen ungefähr auf einer von links oben nach rechts unten verlaufenden Geraden. Je weiter diese Gerade parallel nach rechts oben verschoben wird, desto transparenter werden die Plättchen. Entsprechend dieser Geraden kann man erkennen, dass bei höheren Temperaturen und kürzeren Aufheizzeiten das gleiche Brennergebnis erzielt wird wie bei niedrigeren Temperaturen und längeren Aufheizzeiten. Der gewünschte Brenngrad lässt sich somit nicht allein über die Temperaturhöhe, sondern auch über die Aufheizzeit steuern.⁶⁻⁸ Mit längeren Aufheizzeiten wird ein höherer Brenngrad und somit mehr Transparenz erzielt als mit einer kurzen Aufheizzeit. Beim langsameren Durchlaufen der einzelnen Sinter- bzw. Schmelzschrte funktioniert die Abgabe der vorliegenden Luft innerhalb der Verblendkeramik besser. Bei einem zu schnellen Aufheizen hat die zwischen den Körnern vorliegende Luft weniger Zeit zu entweichen, was dann zu einer Trübung führt.⁸

In Abbildung 7 wird mit Pfeilen zusätzlich dargestellt, dass man eine noch intensivere Farbwirkung und eine erhöhte Transparenz erzielen kann, obwohl ein optimaler Brenngrad erreicht ist. Die Probe ist dann perfekt gebrannt, wenn die Kanten erkennbar sind und ein leichter Glanz vorhanden ist. Diese weiter gebrannten Plättchen sind überbrannt und ihre Kanten sind deutlich abgerundet. Dies bedeutet, dass man sich zu nah am Schmelzpunkt befindet. Es ist hier zuviel Glasphase vorhanden, was einen negativen Einfluss auf einige physikalische Eigenschaften hat.⁸

4. Haltezeit Mit längerem Halten bei Endtemperatur wird ein höherer Brenngrad erzielt als mit einer kürzeren Aufheizzeit. Das Prinzip dieser damit erhöhten Transparenz und Farbwirkung hat die gleiche Basis wie eine langsamere Aufheizzeit. Wie beim langsameren Durchlaufen der einzelnen Sinterschrte hat hier die Verblendkeramik mehr Zeit, ihren Glasphaseanteil zu bilden, was die Transparenz und Farbwirkung verändert.⁸ Allerdings besteht auch hier das Problem der Kantenabrundung und damit verbunden die Veränderung der physikalischen Eigenschaften. Hier liegt die optimale Dauer je nach Keramikmasse zwischen einer und zwei Minuten; danach kann die Keramik zu stark versintern und sogar trotz relativ niedriger Temperatur in den Schmelzbereich übergehen.⁶

Die Abkühlzeit ist eine weitere Größe, die von Bedeutung für den thermischen Ausdehnungskoeffizienten und zurückbleibende thermische Spannungen ist. Der Einfluss ist hier durch die Form des Leuzitkristalls^{6,8} gegeben. An Proben einer schnell abgekühlten Dentalkeramik wird ein niedrigerer thermischer Wärmeausdehnungskoeffizient gemessen als bei einer langsamer abgekühlten Dentalkeramik. Dies bedeutet, dass der WAK der Verblendkeramik sich leicht erhöht, wenn sie langsam abgekühlt wird. Bei Feinstrukturkeramiken, wie beispielsweise der VITA VM13, sind die Leuzitkristalle sehr homogen verteilt und besitzen eine sehr geringe Größe verglichen zu den älteren Keramiken, wie z. B. VMK 68, Vita Zahnfabrik. Hier werden durch eine verlängerte Abkühlung vor allem thermische Spannungen abgebaut und nur eine minimale Verschiebung des Wärmeausdehnungskoeffizienten wird erreicht.^{6,12,13}

Deutlich zeigt sich die Wirkung der sechsten Einflussgröße auf das Brennergebnis (Abb. 8). Die ohne Vakuum gebrannten Brennplättchen sind weit weniger transparent als die unter Vakuum gebrannten, obwohl beide gleich lang und im selben Ofen mit denselben Brennparametern gebrannt wurden. Ohne Vakuum bleibt die Dentalkeramik milchig trüb. Die Luft bleibt im Gefüge fest, sie wird nicht herausgezogen, wie es unter Vakuum geschieht. Bei dieser Einflussgröße ist der Grund für die Trübung der gleiche wie bei den bisher behandelten.



5. Abkühlgeschwindigkeit

6. Vakuum

Abb. 8 Einfluss des Vakuums auf die Restauration; oben mit, unten ohne Vakuum.

Diese erwähnten Farb- und Transparenz-Abweichungen gelten ebenso für die Modellierflüssigkeit. Die Modellierflüssigkeit sollte komplett aus dem Gefüge entweichen. Gerade moderne Modellierflüssigkeiten beinhalten Zusatzstoffe, die die Standfestigkeit für das Modellieren erhöhen, jedoch bei einem zu kurzen Vortrocknen oder zu schnellen Aufheizen und eventuell zusätzlich zu niedriger Endtemperatur die Farbe und Transparenz aus den bereits erwähnten Gründen stark beeinflussen. Dieser Faktor lässt sich wie die anderen Punkte einfach mittels dieses Tests überprüfen und der Brennvorgang kann optimal eingestellt werden.

7. Modellierflüssigkeit

Ein Beispiel für die unterschiedlichen Ergebnisse mit unterschiedlichen Flüssigkeiten mehrerer Hersteller stellt die Abbildung 9 dar. Nur das Brennplättchen A entspricht der vom Hersteller eingestellten Farbe. Um das Ergebnis deutlicher darzustellen, wurden die anderen Plättchen, die aus dem gleichen Pulver, aber unterschiedlichen Modellierflüssigkeiten hergestellt wurden, nicht 6 Minuten, sondern nur 2 Minuten, allerdings im selben Ofen und mit derselben Liftposition, vorgetrocknet. Ferner sollte die Verblendkeramik gleichmäßig feucht sein, sonst kann die Flüssigkeit beim Vakuumbrenn nicht gleichmäßig aus den Kapillaren der modellierten Keramikmasse herausgezogen werden. Sie kann nicht mehr richtig verdampfen und beeinträchtigt so wieder die Farbwirkung und Transparenz.

Die optischen Eigenschaften wie Transparenz und der Einfluss auf die Farbbrillanz durch ein falsches Brennprogramm wurde ausreichend besprochen und mittels der Ergebnisse mit den Probenkörpern verdeutlicht. Aus diesen Fehlern resultieren zusätzlich Einflüsse auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften. Die negative Beeinflussung des

Effekt auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften

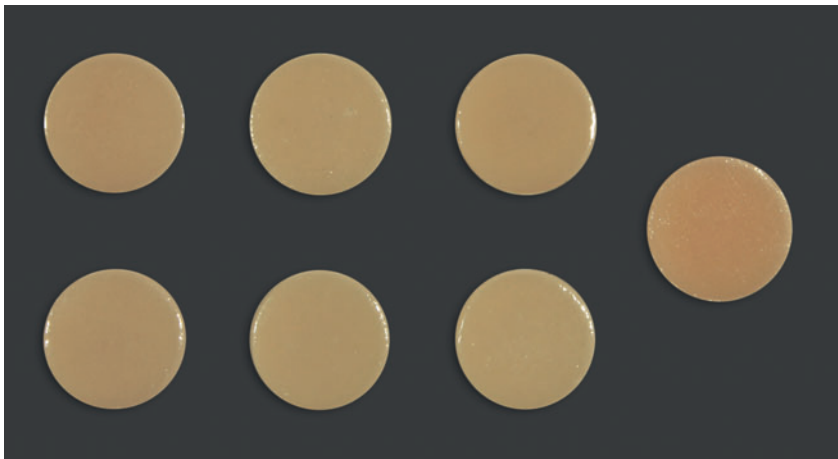


Abb. 9 Einfluss von unterschiedlichen Modellierflüssigkeiten.

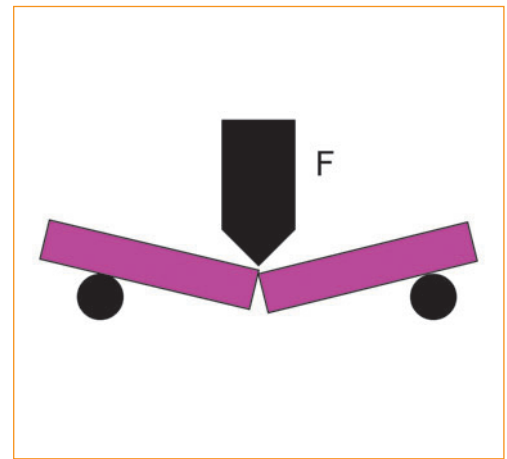


Abb. 10 Schematische Darstellung eines Tests zur Ermittlung der Biegefestigkeit.

Wärmeausdehnungskoeffizienten wurde schon erwähnt, aber auch andere Materialeigenschaften sind betroffen. Zwei der bedeutsamsten Punkte sind die veränderte Biegefestigkeit (skizziert auf Abbildung 10) und die chemische Löslichkeit.

Auf der einen Seite kann sich durch das Erreichen eines anderen Brenngrades zwar die Biegefestigkeit erhöhen, jedoch erhöht man gleichzeitig die chemische Löslichkeit. Das bedeutet, dass im Mund die Verblendkeramik leichter durch den Speichel oder Nahrung angegriffen wird. Auch dies liegt am veränderten Anteil Glasphase verglichen zur optimal gebrannten Restauration. Es ist somit äußerst notwendig, den exakten Brenngrad zu ermitteln, um dem Patienten die von den Herstellern eingestellten Eigenschaften zu garantieren. Durch das zahntechnische Labor müssen die optimalen Materialeigenschaften gewährleistet sein.

Weitere Einflüsse Zunächst ist wichtig, dass die Verblendkeramik gemäß der Anleitung des jeweiligen Herstellers gebrannt wird. Alle Hersteller haben dank zahlreicher Versuche vor der Markteinführung ihrer Keramiken die optimalen Brennbedingungen ermittelt. Treten jedoch z. B. durch den Ofen bedingte Brennabweichungen auf, können die Hinweise über die Abhängigkeiten der Einflussgrößen bei der Ermittlung der optimalen Brennbedingungen nützlich sein. Bei allen Proben muss auch derselbe Brenngutträger eingesetzt werden, da auch durch diesen ein Einfluss auf die Restauration ausgeübt wird. So reflektiert und leitet ein weißer Wabenbrennträger die Wärme anders als ein schwarzer Keramikbrennträger. Für das zahntechnische Labor bedeutet dieser Punkt, dass der richtige Brenngrad nur für den getesteten Brennträger gilt. Am besten kann ein Zahntechniker schrittweise vorgehen. Als erster Schritt empfiehlt es sich, einen Reinigungsbrand nach Angaben des Ofenherstellers durchzuführen. Dies ist besonders wichtig, wenn verschiedene Gerüstmaterialien in einem Ofen gebrannt werden. Ein solcher Reinigungsbrand vermindert die Kontamination durch unterschiedliche Legierungskomponenten und das Auftreten unerwünschter Verunreinigungseffekte an der verblendeten Restauration.

Als zweiten Schritt sollte auf einer Krone etwas transparente oder glasklare Masse aufgetragen werden, wie in der Abbildung 11 gezeigt wird. Dies ist einfacher in jedem zahn-



Abb. 11 Vergleich einer falsch gebrannten und einer richtig gebrannten Krone mit Window Masse¹⁵.

technischen Labor nachzustellen als der Brenngradtest mit den Stanzplättchen. Die Keramikmasse muss allerdings transparent sein, um die denkbare Eintrübung zu sehen. Des Weiteren sollten auch Kanten modelliert sein, damit man anhand einer möglichen Kantenabrundung erkennen kann, ob zu hoch temperiert oder zu schnell gebrannt wurde.

Dieser zweite Schritt lässt sich selbstverständlich auch mit einer Brennprobe auf Platinfolie durchführen. Die Platinfolie sollte dann aber in Höhe des normalen Brenngutes platziert sein, da die Position des Brenngutes – wie bereits erwähnt – einen großen Einfluss auf das spätere Endergebnis hat. Die hier gezeigten Brennproben sollten das Prinzip der Einflussnahme durch unterschiedliches Brennen zeigen. Sie mussten allerdings wegen ihrer Position im Ofen für den optimalen Brenngrad etwas höher erhitzt werden als eine dentale Restauration.

Die Temperatur und die Aufheizrate des Ofens sind in Ordnung, wenn die Brennprobe transparent, glänzend und mit scharfen Kanten aus dem Ofen kommt. Bei zu hoher Endtemperatur ist die Probe „speckig“ glänzend und zeigt abgerundete Kanten. Bei zu niedriger Endtemperatur und auch zu schnellem Aufheizen ist die Probe milchig und trüb. Am besten nähert man sich dem perfekten Ergebnis in 5- bis 10-°C-Schritten. Dies kann aber nicht an einer einzelnen Probe erfolgen, für jeden Brand muss ein neuer Probenkörper modelliert und gebrannt werden, da einmal eingeschlossene Luft aus der Verblendkeramik nicht mehr herausgebrannt werden kann.

Ein weiterer Punkt wurde in dieser Untersuchung nicht betrachtet. Die Größe, die Ausmaße und die Art des Gerüstmaterials spielen eine weitere Rolle für den richtigen Brenngrad. Ein größeres, z. B. fünfgliedriges Gerüst benötigt längere Zeit als eine Einzelzahnkrone, um die gleiche Durchwärmung zu erzielen. Um so einen Fall zu lösen, kann ein Zahntechniker nach den gleichen Schritten vorgehen, um den richtigen Brenngrad zu erreichen. Dies bedeutet langsamer aufheizen, die endgültige Brenntemperatur erhöhen oder die Haltezeit bei der maximalen Temperatur verlängern.

Diese Ausführungen sollen beleuchten, wie vielfältig die Einflüsse durch die verschiedenen Brennbedingungen sind. Gleich gute Brennergebnisse können durch unterschiedliche Veränderungen der Einflussgrößen erreicht werden. So kann ein Zahntechniker z. B.

Fazit

den gleichen Brenngrad mit längerer Aufheizzeit und niedriger Brenntemperatur oder kürzerer Aufheizzeit und höherer Endtemperatur erreichen. Die hier dargestellten Abhängigkeiten von den Brennbedingungen gelten gleichermaßen für alle Dentalkeramiken, die für die Verblendung von Gerüstmaterialien eingesetzt werden.

Danksagung Dank gilt bei dieser Untersuchung besonders Kathleen Klemm für das Herstellen zahlreicher Versuchsreihen und der Fotografin Anja Müller.

- Literatur**
1. Anderson M, Odén A. A new all-ceramic crown. *Acta odontol Scand* 1993;51:59-64.
 2. Bieniek KW. Vollkeramische Kronenrestorationen aus Hi-Ceram – eine 5-Jahres-Studie. *Dtsch Zahnärztl Z* 1992;47:614-616.
 3. Breustedt A. Zahnärztliche Keramik. Berlin: Volk und Gesundheit, 1968.
 4. Büchel K. Die Vitadur-Vollporzellanbrücke. *Quintessenz* 1971;22:67-72.
 5. Claus H. Werkstoffkundliche Grundlagen der Dentalkeramik. *Dent Lab* 1980;28:1743-1750.
 6. Claus H. Die Bedeutung des Leuzits für die Dentalkeramik. *ZWR* 1981;90:44-46.
 7. Claus H. Dentalkeramische Massen vor, während und nach dem Brennprozess. *ZWR* 1985;94:612-616.
 8. Claus H. Ein einfacher Test zur Prüfung des Brenngrades der Dentalkeramik. *Dent Lab* 1997;45:245-248.
 9. Claus H. Das Gefüge und Mikrogefüge der Dentalkeramik in Abhängigkeit von den Brennbedingungen. *Quintessenz Zahntech* 1990;16:1479-1495.
 10. Marx R. Moderne keramische Werkstoffe für ästhetische Restaurationen-Verstärkung und Bruchzähigkeit. *Dtsch Zahnärztl Z* 1993;48:229-236.
 11. Marxkors R, Meiners H. Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde. München, Wien: Carl Hanser, 1988.
 12. Mc Lean JW, Hughes TH. The Reinforcement of Dental Porcelain with Ceramic Oxides. *Br Dent J* 1965;119:251-267.
 13. Mc Lean JW. Ceramics in clinical dentistry. *Br Dent J* 1988;165:187-194.
 14. Mc Lean JW. A higher strength porcelain for crown and bridge work. *Br Dent J* 1965;119:268-272.
 15. Verarbeitungsanleitungen Verblendkeramiken VITA Zahnfabrik. Bad Säckingen: Vita Zahnfabrik, seit 2005.

Adressen der Verfasser Michael J. Tholey, Dr. Norbert Thiel, Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG
Ballyweg 6, 79704 Bad Säckingen
E-Mail: M.Tholey@vita-zahnfabrik.com

VITAVM® – doppelte Schlagkraft, sicheres Spiel!

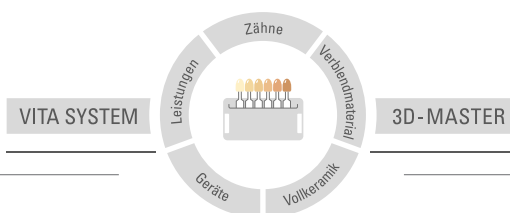
Keramik und Kunststoff in einem Verblendkonzept.



VITAVM®9, VM®13 und VM®CC
erhältlich in
VITA SYSTEM 3D-MASTER® und
VITAPAN® classical A1-D4 Farben



3375_1D



VITA


Was für eine Kombination! VITAVM ist ein innovatives Verblendkonzept für Keramik und Kunststoff. Ob Standard- oder Premiumversorgung, mit VITAVM erzielen Sie immer Top-Resultate. VITAVM begeistert mit einer hohen Anwenderfreundlichkeit und herausragenden Ästhetik.

Einfach unschlagbar. Wer den Umgang mit einer Komponente gelernt hat, ist mit allen anderen schnell vertraut. Somit wird VITAVM jedem Anspruch an Prozess-Standardisierung und Wirtschaftlichkeit gerecht. Erleben Sie VITAVM jetzt auch in Bild und Ton auf: www.vita-vm.com

VITAVM® – Spitzenmaterial für Spitzenleistungen



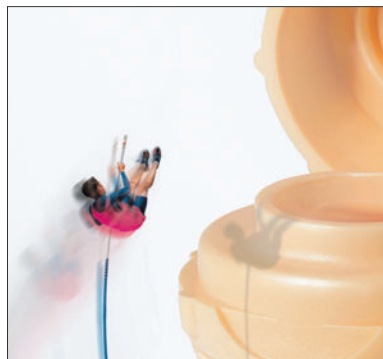
VITAVM[®]7 – zur Verblendung von oxidkeramischen Gerüsten im WAK-Bereich von 7,2–7,9.



VITAVM[®]9 – zur Verblendung von Zirkondioxidgerüsten mit einem WAK von ca. 10,5 (wie z.B. VITA In-Ceram YZ).




VITAVM[®]13 – zur Verblendung von Metallgerüsten aus konventionellen Legierungen mit einem WAK-Bereich von 13,8 – 15,2.




VITAVM[®]15 – zur Verblendung von Metallgerüsten aus Multiindikationslegierungen mit einem WAK-Bereich von 16,0 – 17,3.

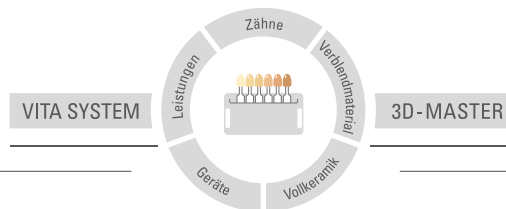



VITAVM[®]CC – füllstofffreies Kaltpolymerisat zur extraoralen Herstellung von provisorischen Versorgungen und Reparaturen.



VITAVM[®]LC – lichthärtendes Mikropartikel-Composite zur Anwendung bei festsitzenden und herausnehmbaren Restaurationen.

33850



VITA

Fax an: +49/(0)7761/562-233

Telefon: +49/(0)7761/562-0

Ich wünsche mehr Informationen zu (Bitte ankreuzen!):

- VITAVM 7
- VITAVM 9
- VITAVM 13
- VITAVM 15
- VITAVM LC
- VITAVM CC

Bitte vereinbaren Sie einen Termin mit uns

Weitere Informationen auch unter: www.vita-vm.com

Dental-Labor: _____

Ansprechpartner: _____

Straße: _____

PLZ/Ort: _____

Datum, Unterschrift: _____

1688D 08/09 (2.QZ)