

2 Schrifttum / Grundlagen

In den folgenden Kapiteln werden die für die Arbeit relevanten Grundlagen der Metallkeramik vorgestellt.

2.1 Geschichtlicher Überblick

Die Keramik als Werkstoff hat sich über Jahrzehnte in der Zahnheilkunde etabliert. Ihre erste Herstellung wird aufgrund archäologischer Funde einige tausend Jahre vor Christus vermutet. Das heute als Haushaltsporzellan bekannte Material wurde ca. 700 nach Christus von den Chinesen hergestellt und im 15. Jahrhundert wahrscheinlich von den Portugiesen nach Europa gebracht.

Im 18. Jahrhundert gelang es zunächst J.F. Böttger in Deutschland Porzellan herzustellen, worauf 1710 die Gründung der Porzellanmanufaktur in Meißen folgte.

Im selben Jahrhundert erwuchs auch das Interesse an Zahnersatz aus keramischem Material, welcher bis dahin fast ausschließlich aus Knochen, Elfenbein und Tierzähnen gefertigt wurde [15].

Neben Fauchard im Jahr 1728 und Morin arbeiteten besonders Duchateau und Chemant in den Jahren 1776 und 1789 an der Verbesserung des eher weichen Porzellans und waren wohl die Wegbereiter der künstlichen Porzellanzähne. Über die Fertigung der ersten Stiftzahnkrone aus Porzellan berichtete Chemant 1802. In England führte Claudius Ash 1837 die Entwicklung der künstlichen Porzellanzähne weiter. Um 1825 experimentierte auch Stokton mit der Produktion von Mineralzähnen. Erst später im Jahr 1893 wurde in Deutschland von der Firma De Trey die erste Zahnfabrik für künstliche Mineralzähne gegründet. Hoddes (1910), Hutschenreuther (1921), die Zahnfabrik Vita (1922) und andere folgten. 1933 wurde von Mathe´ über Rudolf Hejmann berichtet, der Edelmetallkronen mit Porzellan überzog [52]. Als ein Meilenstein der zahnkeramischen Massen gilt das Jahr 1949. Zu diesem Zeitpunkt erfolgte die Entwicklung des Vakuum-Brennverfahrens von

Gatzka (Zahnfabrik Wienand; De Trey), die auf einer homogeneren Keramikmasse basierte. Silver, Klein und Howard arbeiteten 1956 ebenfalls an einer brauchbaren Metallkeramik [82]. In Deutschland wurde 1962 die Metallkeramik-Verblendung für Kronen und Brücken durch die Firmen VITA und Degussa eingeführt.

Heute werden neben den metallkeramischen Werkstoffen auch andere keramische Materialien zur Herstellung von Restaurationen verwendet. Überwiegend als Einlagefüllungen kommen hier die Gusskeramiken (Dikor-Glaskeramik), die Presskeramiken (IPS- Empress), das CAD – CAM – Verfahren (CEREC) oder das Sonoerusicverfahren zum Einsatz [20].

Hydrothermale Keramiken sind seit den 90´er Jahren des letzten Jahrhunderts auf dem Markt.

2.2 Zusammensetzung und Aufbau der Dentalkeramik

Dentalkeramiken sind oxidische Stoffe, die mit weiteren Oxiden der Metalle und der Metalloide zur Modifikation ihrer Eigenschaften verbunden werden können. Typische Oxide sind Aluminiumoxid und Siliciumdioxid [30].

Das Gefüge von abgekühltem Aluminiumoxid ist ein geordneter kristalliner Zustand, während die abgekühlte Schmelze von Siliciumdioxid eine Nonkristallisation darstellt. Sie bleibt beim Erstarren in einem ungeordneten Quarzglaszustand.

Durch thermische Behandlungsverfahren werden kristalline Zwischenzustände erreicht, die als teilkristallin bezeichnet werden. Dentalkeramiken sind teilkristalline Keramiken, die aus einer Glasmatrix bestehen in der kristalline Bestandteile eingebettet sind (Abb. 2.1).

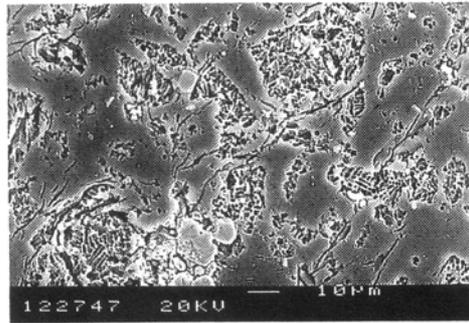


Abb. 2.1: Konventionelle Verblendkeramik. In der Glasmatrix sind kristalline Bestandteile eingebettet [30].

Die heutige Dentalkeramik für die Metallkeramik-Technik setzt sich aus Feldspat, Quarz, Kaolin und Spurenelementen zusammen. Sie haben unterschiedliche Massenrelationen (Tab. 2.1).

Tabl. 2.1: Zusammensetzung der Dentalkeramik im Vergleich zum Haushaltsporzellan [9]

| Anteile von | Massen für Haushalts-Porzellan [% g/g] | Massen für Dental-Keramik [% g/g] |
|-------------|--|-----------------------------------|
| Feldspat | 10-30 | 70-80 |
| Quarz | 15-35 | 10-30 |
| Kaolin | 40-70 | 0-3 |

Der Feldspat macht heute bei der modernen Metallkeramik mit ca. 80% (Gewichtsprozent) den größten Anteil aus.

Es sind vor allem Kalifeldspat (Orthoglas; $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) und Natronfeldspat (Albit; $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$). Der Feldspat wird wegen seines niedrigen Schmelzpunktes, der in Abhängigkeit vom K_2O - bzw. Na_2O -Gehalt zwischen $1160^\circ C$ und $1500^\circ C$ liegt, auch als Flußmittel bezeichnet. Bei diesen Temperaturen löst er Quarz und Kaolin [75]. Beim Brennvorgang bildet sich aus Feldspat die Glasmatrix mit eingebetteten Leucitkristallen. Diese entstehen vorwiegend aus Kalifeldspat und sind für die erhöhte Standfestigkeit der Keramik verantwortlich [68, 36].

Betrachtet man das zur Verfügung stehende, breite Spektrum dentaler Keramiken, so kann aufgrund ihrer Inhaltsstoffe eine Klassifizierung vorgenommen werden [50]. Man unterscheidet die Klasse der Silikatkeramiken und die der Oxidkeramiken. Erstere können wiederum in leucitverstärkte bzw. glimmerverstärkte Glaskeramiken unterteilt werden. Die Oxidkeramiken dagegen werden in einfache bzw. komplexe Oxidkeramiken unterteilt. Zu den einfachen Oxidkeramiken zählen die Aluminiumoxid-/Zirkonoxid - Keramiken. Die komplexen Oxidkeramiken gehören zu den Keramiken aus der Stoffgruppe der Spinelle. Fast alle Verblendkeramiken gehören zu den Silikatkeramiken. Silikate sind Salze der Kieselsäure. Grundbaustein für die Silikate ist ein Siliciumatom, das tetraedisch von vier Sauerstoffatomen umgeben ist. Mehrere Silicium-Sauerstofftetraeder, (SiO_4)-Tetraeder, können sich über Ecken miteinander verbinden. So entsteht das Kristallgitter der Silikate. In einem derartigen Kristallgitter können ein oder mehrere vierwertige Siliciumatome durch dreiwertige Aluminiumatome ersetzt werden. Der elektrostatische Ladungsausgleich erfolgt durch Bindung eines ein- oder zweiwertigen Kations, zum Beispiel Kalium oder Calcium. Durch den Austausch eines oder mehrerer Siliciumatome durch Aluminiumatome spricht man auch von Alumosilikaten [30, 50]. Verblendkeramiken zählen zu den Kaliumalumosilikaten, weil in der Regel das ladungsausgleichende Kation das Element Kalium ist.

Entsprechend ihrer Herstellungsweise bestehen Verblendkeramiken prinzipiell aus einer Glasmatrix, in der eine Kristallphase eingelagert ist. Diese Kristallphase kann aus Silikaten und / oder Oxiden bestehen und hat verschiedene Aufgaben. Auf der einen Seite dienen sie zur Erzeugung bestimmter optischer Eigenschaften, wie zum Beispiel ein gewisses Maß an Transluzenz bzw. Transparenz. Hierzu zählen alle oxidischen und silikatischen Trübungsmittel und Farbpigmente wie Zirkoniumoxid (ZrO_2), Ceroxid (CeO_2), natürlich vorkommend als Cerianit, Zinnoxid (SnO_2), Titanoxid (TiO_2) und ein Mischoxid bestehend aus Calciumoxid (CaO) und Titanoxid (TiO_2) [89].

Kaliumalumosilikat mit dem mineralogischen Namen Leucit hat die Aufgabe, den Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK) der Verblendkeramik an denjenigen der jeweils verwendeten Legierung anzupassen. Leucitkristalle an der Keramikoberfläche können sich durch Korrosion lockern und die Oberflächenrauheit erhöhen [42]. Tauscht man die herkömmlichen Netzwerkwanler gegen das einwertige Netzwerkwanlerion dem Hydroxylion aus, entsteht ein hydrothermales Glas (LFC Keramik) [30].

Eine Besonderheit des hydrothermalen Glases ist die extrem niedrige Verarbeitungstemperatur von 660°C – 680°C (Brenntemperatur). Dadurch kann sie z.B. im Gegensatz zu den hochschmelzenden Schaltermassen konventioneller Keramiken, gut zur nachträglichen Herstellung vollkeramischer Kronenränder bei Metallkeramikronen herangezogen werden. Sie besitzt eine homogene Struktur, die ausschließlich aus einer Glasphase besteht und hat dadurch sehr gute optische Qualitäten [30].

Die Low Fusing Ceramic (LFC-Keramik) der Firma Ducera/Degussa, gilt als Vorläufer der hydrothermalen Keramiken, wie z.B. der Ducera-Gold und der Symbio ceram. Die LFC- Keramik ist leucitfrei und hat eine besonders glatte Oberfläche. Im wässrigen Milieu werden Alkaliionen gegen Hydroxylionen ausgetauscht. Dadurch werden Mikrofehler an der Grenzschicht geglättet und die Oberfläche gegen Hydrolyse gefestigt [28]. Auch bearbeitete Schichten bilden nach einigen Stunden eine neue hydroxylreiche Schicht von 3µm aus [30]. Die LFC-Keramik ist nicht zum Metallauftrag geeignet, sondern nur zur Korrektur konventioneller Metallkeramik. Um eine Hydrothermalkeramik mit einem optimalen Ausdehnungskoeffizienten zu erhalten wurden kleinste Leucitkristalle gleichmäßig in die hydrothermale Glasphase integriert. Dadurch konnte die hydrothermale Keramik Ducera-Gold entwickelt werden. Hier sind die Leucitkristalle kleiner und besser verteilt [42]. Die hydrothermale Keramik Symbio ceram unterscheidet sich im wesentlichen von der Ducera-Gold Keramik durch ihren abgesenkten WAK-Bereich. Mikroleuzithaltige hydrothermale Keramiken haben im Gegensatz zu konventionellen Verblendkeramiken eine geringere Oberflächenrauigkeit [30].

2.3 Vor- und Nachteile der Metallkeramik

In diesem Kapitel sollen die Vor- und Nachteile der Metallkeramik dargestellt werden.

Für viele Autoren liegen die Vorteile der Metallkeramiken unter anderem in der Ästhetik, in der Mundbeständigkeit, in dem indifferenten Verhalten gegenüber der Gingiva, in einer geringen Plaqueakkumulation, in der geringen Temperaturleitfähigkeit und in der langen klinischen Erprobung [6, 40, 46, 81]. Im Gegensatz zum Zahnersatz aus Kunststoff besitzt der keramische Zahnersatz eine ausgezeichnete Volumen- und Farbkonstanz, da er kein Wasser aufnimmt und aufgrund des Vakuumbrandes kaum Porositäten aufweist. Weitere Vorteile sind die Abrasionsfestigkeit und die hohe Druckfestigkeit [21, 69]. Nachteilig wirkt sich die Sprödigkeit und die daraus resultierende geringe Biegefestigkeit aus. Es kann zu einem Ablösen des Metall-Keramik-Verbundes kommen [5, 17, 25]. Weiterhin gibt es nur unzureichende Reparaturmöglichkeiten mit Kunststoffmaterialien im Mund des Patienten [14].

2.4 Die Eingliederung von Metallkeramikrestorationen in den Mund des Patienten

Vor dem definitiven Eingliedern von Zahnersatz in den Mund des Patienten, muß dieser in der Regel okklusal und approximal eingeschliffen werden. Beim Einschleifen von keramischem Zahnersatz wird die oberste Schicht aufgeraut. Die Oberfläche verliert ihre Glasurschicht.

Daraus ergibt sich die Frage, wie groß die Rauheit nach dem Beschleifen ist und ob man mittels einer Politur die beschliffenen oder polierten Bereiche wieder glätten kann, ohne einen erneuten Glanzbrand aufzutragen.

Die Einschleifmaßnahmen beschränken sich dabei nicht nur auf das Einschleifen zur Verbesserung der okklusalen Funktion, um z.B. Parafunktionen und dadurch bedingte keilförmige Defekte und Myo-

arthropathien zu verhindern, sondern auch auf das Beschleifen nicht okklusionsrelevanter Bereiche in Bezug auf die Odontoplastik [3, 19].

Um eine ideale statische und dynamische Okklusion erzielen zu können, müssen die keramischen Restaurationen in der Regel vor, während und nach dem Eingliedern eingeschliffen oder poliert werden. Im zahntechnischen Labor werden die keramischen Restaurationen im Artikulator eingeschliffen und die Oberfläche wird mittels eines Glasurbrandes vergütet und dadurch geglättet [55]. Auch die Aproximalkontakte werden gegebenenfalls vor dem Eingliedern beschliffen [54].

Da die Glasurschicht der Keramik eine größere Härte hat als der Zahnschmelz (Keramik : 4000 HB; Schmelz : 3250 HB) und man keine Okklusionskorrektur durch ein „Einbeißen“ erwarten kann, ist ein klinisch relevanter Feinschliff nach dem Eingliedern des Zahnersatzes im Mund des Patienten notwendig [14].

Nachdem Okklusions- u. Artikulationsstörungen durch einen korrigierenden Feinschliff beseitigt wurden, ist eine anschließende Politur notwendig, um die ursprüngliche Oberflächengüte wiederherzustellen [14, 41, 49].

Die Oberflächenrauheit des Zahnersatzes ist neben anderen ein wichtiger Aspekt für eine erfolgreiche Eingliederung des keramischen Zahnersatzes.

Die mechanische Bearbeitung kann mittels verschiedener Schleif- und Polierwerkzeuge durchgeführt werden [15].

Nach dem Beschleifen oder Polieren der Oberfläche, z. B. mit einer diamantierten Fräse oder anderen Schleifwerkzeugen, ist diese aufgeraut, und die Oberflächengüte ist in ihrer Qualität stark reduziert [14].

Daher sollte die durch Mikrodefekte aufgeraute Oberfläche wieder geglättet werden. Dies kann durch geeignete Schleif- und Polierwerkzeuge geschehen, oder durch einen erneuten Glanzbrand [10].

Da in dieser Studie die Rauigkeit von polierten Verblendkeramiken untersucht wurde, wird im Folgenden die Oberflächenbeschaffenheit von Metallkeramikronen abgehandelt.

2.5 Die keramische Oberfläche

Die Rauigkeit keramischer Oberflächen beeinflusst nicht nur die mechanischen und physikalischen Eigenschaften wie Reibung, Abnutzung und Ermüdung, sondern auch optische Eigenschaften, wie Glanz und Transparenz. Die für das Aussehen charakteristischen Merkmale natürlicher und künstlicher Zähne ergeben sich aus der Glätte und Struktur der Oberflächen [34, 35, 48].

Kuwata definiert diese Merkmale folgendermaßen:

Der Grad der Glätte ist abhängig von den Porzellanpartikeln, wohingegen der Grad der Rauigkeit aus der Anwendung unterschiedlich strukturierter Schleifmittel resultiert [48].

2.5.1 Die keramische Oberfläche aus ästhetischer Sicht

Es gibt Bereiche des Zahnes, die glatt sein sollen, einerseits um der Plaqueakkumulation im Zahnhalsbereich wenig Haftung zu bieten, andererseits um einen gewissen Glanz auf den Labialbereich der keramischen Restauration zu bringen [48].

Dagegen gibt es auch Bereiche, die weniger glatt sein sollen. Um die Ästhetik zu verbessern, kann das glänzende Erscheinungsbild korrigiert werden, da manche Flächen besser aussehen, wenn sie nicht hochglänzend poliert sind [48, 64].

Daher sollte die Oberfläche einer keramischen Restauration nicht auf allen Anteilen gleichmäßig glatt sein. Wenn die labiale Fläche einer Restauration gleichmäßig glatt und ohne Struktur gestaltet wurde, wird das Licht nur in eine Richtung reflektiert und damit das ästhetische Erscheinungsbild beeinträchtigt. Die Reflektion des Lichtes gibt auf einer nicht vollständig glatten und mit Struktur gehaltenen Oberfläche eine natürlichere Oberflächengestalt wieder [48].

2.5.2 Oberflächenrauheit aus funktioneller Sicht

Der Höckeraufbau mit gebrannten keramischen Massen ist schwierig zu gestalten, da diese während des Brennvorgangs sintern und dadurch schrumpfen [14]. Folglich muss oft an einigen okklusalen Stellen die Glasur beschliffen werden, um eine optimale Okklusion und Artikulation zu erreichen. Aber auch die approximalen Bereiche bedürfen oft noch vor dem Einzementieren einer Schleifkorrektur, um einen optimalen Kontaktpunkt zu erhalten. Diese beschliffenen Bereiche einer keramischen Restauration müssen, wenn kein nachträglicher Glasurbrand erfolgt, vor und nach dem Einzementieren poliert werden.

Bei allen Restaurationen sollten die okklusalen Kontaktflächen glatt finiert werden, anderenfalls kann ein Antagonist durch die Härte und Rauheit des Porzellans geschädigt werden [48].

Monasky fand heraus, dass je rauer die Oberfläche ist, desto stärker ist die Abrasion am Schmelz der Antagonisten. Monasky et al. [57] und Harrison [26] vermuten auch, dass raue keramische Okklusalflächen eine höhere Abrasion der Gegenzähne hervorrufen als glatte Okklusalflächen. Palmer und Coautoren finden einen geringeren Abtrag von Zahnschmelz durch unglasierte Dicor-Glaskeramik heraus als von glasierter [60].

Der übrige okklusale Bereich, der keinen Kontakt mit dem Antagonisten hat, sollte nicht gleichmäßig glatt und hochglanzpoliert sein, da dies nicht dem funktionellen Anspruch einer physiologischen Oberfläche eines natürlichen Zahnes entspräche. Nahrungsteilchen können während des Kauens kaum auf der Okklusalfäche gehalten werden, wenn sie vollständig glatt ist. Nur die Kontaktflächen sollten besonders glatt sein [48].

Über einen Unterschied in der Mikrohärtigkeit nach Knoop zwischen unglasiertem und glasiertem, gegossenem, keramisiertem Dicor berichten auch Naylor et al. [58]. Sie empfehlen in okklusionstragenden Bereichen eine Entfernung der oberflächlichen Schicht und der Glasurmasse.

Seghi et al. sind jedoch der Meinung, dass aus den Härtewerten nur bedingt auf das Abrasionsverhalten geschlossen werden kann, da andere

Einflussgrößen wie die Mikrostruktur, die Dichte, die Korngröße der Materialien, der kristalline Aufbau und die Oberflächenbearbeitungsart einen größeren Einfluss besitzen [79].

2.5.3 Oberflächenrauheit aus parodontalhygienischer Sicht

Eine gute Passgenauigkeit von Zahnkronen ist für eine geringe Plaqueakkumulation im Zahnhalsbereich wichtig. Die Plaqueakkumulation wiederum hängt von der Rauigkeit der Oberfläche ab [7, 56, 70, 71].

Auch Hahn berichtet über eine Korrelation zwischen der Oberflächenbeschaffenheit und der initialen Plaquebesiedlung [23].

Kuwata fordert bei den folgenden Flächen eine besonders glatte Oberfläche [48]:

- Gingiva umgebende Flächen
- Okklusale Kontaktflächen
- Approximale Flächen
- Flächen, die nicht selbstreinigend sind
- Flächen, die Kontakt mit dem Kieferkamm haben.

Die Plaquebesiedlung des keramischen Zahnersatzes fällt gegenüber anderen in der Zahnheilkunde verwendeten Restaurationsmaterialien geringer aus [24, 45, 83, 88].

Trotzdem muss auch eine aufgeraute Keramik wieder ihre ursprüngliche Oberflächengüte durch eine Politur erhalten, um die Retention von Speiseresten und somit die Bildung von Plaque, in deren Folge Karies, Parodontopathien und Entzündungen des marginalen Parodontes entstehen können, zu verhindern [11, 22]. Auch neigen gut polierte Oberflächen weniger zur Verfärbung [85].

2.6 Erhöhung der Oberflächenrauheit der Metallkeramik bei der zahntechnischen Verarbeitung

Die einwandfreie zahntechnische Verarbeitung hat einen Einfluss auf die Oberflächenrauheit. Die Oberflächenrauheit kann durch Fehler in der Verarbeitung der keramischen Massen größer werden.

Hohlräume, die bei der Verarbeitung der Keramik entstehen, können beim Beschleifen der Keramik an die Oberfläche gelangen und die Rauigkeit der Keramik erhöhen [63].

Die keramische Arbeit wird im Vakuumbrennverfahren hergestellt. Das Grundprinzip des Brennens ist das Sintern. Hierbei reagieren die Oberflächen der Partikel insofern miteinander, dass sie verschweißen, ohne zu schmelzen. Die Zwischenräume werden kleiner. Durch den Vakuumbrand werden Lufteinschlüsse aus der Modellation herausgezogen, wodurch eine nahezu porenfreie Matrix entsteht. Durch den Brand verdampft die Anrührflüssigkeit und das Material verdichtet sich [15, 51, 78].

Ein wichtiger technischer Schritt ist die Kondensation des Pulver-Flüssigkeitsgemisches vor dem Brand. Bei der Kondensation werden die Partikel miteinander insoweit verdichtet, dass dabei die überschüssige Modellierflüssigkeit heraustritt. Somit ist die Schrumpfung beim Vakuumbrand geringer. Die richtige Kondensation der keramischen Masse hat einen entscheidenden Einfluß auf die Glätte der Oberfläche [48, 92].

Wird das Porzellan nicht vollständig kondensiert, können durch unregelmäßige Verteilung der Partikel in der Modellierflüssigkeit Porositäten entstehen. Diese und auch die dadurch erhöhte Brennschwindigkeit trägt zu einer raueren Oberfläche bei [48, 92]. Durch das nachträgliche Beschleifen oder Polieren, z.B. beim Feinschliff, können diese Porositäten dann freigelegt werden, wodurch die Oberflächenrauheit vergrößert wird [63].

Manche Autoren empfehlen bei großen Partikeln, Glaspulver der Masse beizumengen, um einen besseren Schlussglanz zu erreichen. Bei falscher Anwendung kann dies aber auch zu einer rauen Oberfläche führen [48].

Um eine anatomisch korrekte Form der Restauration zu erhalten, werden Schleifkorrekturen vor dem Glanzbrand mittels Schleifkörper ausgeführt.

Verschiedene Schleifkörper kommen hierfür in Betracht, wie z.B. Diamantfinierer oder Kaborundumsteinchen [8, 48, 53]. Dabei stellte sich heraus, dass je glatter eine Oberfläche beschliffen wurde, desto glatter fällt auch der Glanzbrand aus [8, 48].

Auch die Brenntemperatur und die Länge der Glanzzeit hat einen Einfluß auf die Oberflächenrauheit [74].

Je höher die Brenntemperatur und je länger die Glanzzeit, desto glatter die Oberfläche [8, 74].

Ein weiterer Einfluss auf die Oberflächenrauheit hat das Auftragen von Reparaturporzellan. Dadurch werden winzige Poren und Vertiefungen, die aufgrund von Luftaustritten entstanden sind, ausgefüllt [48].

Der Glasurbrand trägt ebenfalls zur Oberflächenglätte bei.

Winzige Vertiefungen und Erhebungen, die durch den Korrekturprozess auf der Oberfläche entstehen, werden beim Glasieren ausgeglichen und geglättet. Sie werden geschmolzen [48].

Ein hoher Leucitanteil steigert zwar die Festigkeit der Keramik, erhöht jedoch auch den Wärmeausdehnungskoeffizienten und führt zu einer rauerer Keramikoberfläche [31].

2.7 Politur von Keramikoberflächen

Zur Politur von Keramiken wird in der Literatur gefordert, dass eine glatte Oberfläche nur mit systematisch abgestuften Bearbeitungsinstrumenten vollzogen werden kann. Diese sollten zudem eine absteigende Korngröße aufweisen [77].

Untersuchungen an den spröden Vollkeramiken, die nur im Mund des Patienten auf Hochglanz poliert werden können, zeigten, dass einerseits effektive Poliermethoden die Rauigkeit von glasierten Keramikoberflächen erreichen oder sogar übertreffen [27, 90], andererseits setzt ein starkes

Beschleifen die Bruchfestigkeit herab [67]. Die Effektivität der Abschlusspolitur hängt im Wesentlichen von der Vorbehandlung der aufgerauten Oberfläche ab. Diamant- oder Hartmetallfinierer, die eine zu grobe Körnung aufweisen (Körnung $< 15 \mu\text{m}$), produzieren sehr hohe Rautiefen. Diese können bei der Politur nicht vollständig beseitigt werden [47, 63].

2.8 Theoretische Grundlagen der Untersuchungsmethode

In diesem Kapitel soll die Rauheit definiert werden.

2.8.1 Definition von Rauigkeit

Die Qualität des Oberflächenprofils wird anhand einer Graphik (Abb. 2.2) mit eingezeichneten Hilfslinien veranschaulicht. Eine Bezugslinie ist die Gerade M, die das Profil so teilt, dass die Flächensumme der Gratprofile oberhalb und die Flächensumme der Riefenprofile unterhalb dieser Geraden gleich groß sind. Zu dieser Geraden zieht man Parallelen durch den tiefsten Punkt der tiefsten Riefe P1 und durch die Spitze des höchsten Grates P2. Der Abstand R_{max} dieser Parallelen heißt maximale Rautiefe.

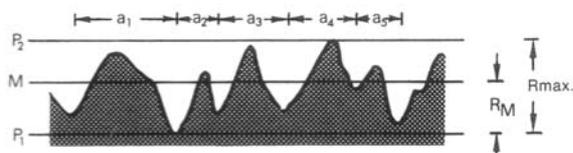


Abb. 2.2: Oberflächenprofil mit Hilfslinien zur Beschreibung der Oberflächenqualität (aus [51])

Die Rauigkeit einer Oberfläche ist definiert als Quotient aus maximaler Rautiefe und mittlerem Riefenabstand a .

Die Rauigkeit ist um so kleiner, die Oberfläche also um so glatter, je kleiner die Rautiefe und je größer der Riefenabstand ist (Abb.2.3).

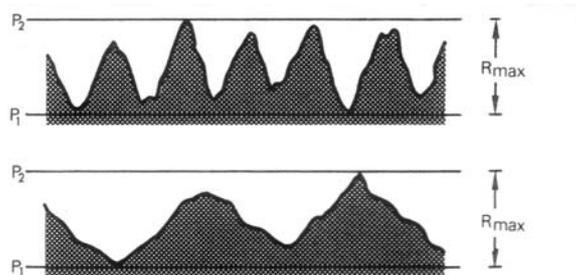


Abb. 2.3: Graphische Darstellung der Rauheit (aus [51])

2.9 Werkstoffkundliche Betrachtung der Keramikoberfläche

Eine Oberfläche stellt die Grenze zwischen zwei Medien dar, also die Grenze zwischen Werkstoff und Luft [32].

Jede Oberfläche hat in der Praxis eine Funktion zu erfüllen, die der Hersteller (In der Zahnmedizin der Zahntechniker und der Zahnarzt) zu definieren hat, damit sie ihre Funktion erfüllt. Es gibt einen Zusammenhang zwischen Oberfläche und Qualität. Dieser muss bekannt sein, damit eine Oberfläche ihren optimalen Zweck erfüllt. Die Bewertung der Rauheit einer Oberfläche wird im folgenden Absatz erläutert [32].

2.10 Rauigkeitsbeschreibung und Rauigkeitsmessung

Mit dem Tastschnittverfahren wird das Profil einer Oberfläche im Senkrechtschnitt zweidimensional erfasst. Durch eine Profilfilterung nach DIN EN ISO 11562 werden aus dem ungefilterten Primärprofil (P-Profil) das Rauheitsprofil (R-Profil) und das Welligkeitsprofil (W-Profil) ermittelt. An den drei Profilen

sind Kenngrößen definiert, die durch die jeweiligen Großbuchstaben P, R oder W gekennzeichnet werden (Abb. 2.4).

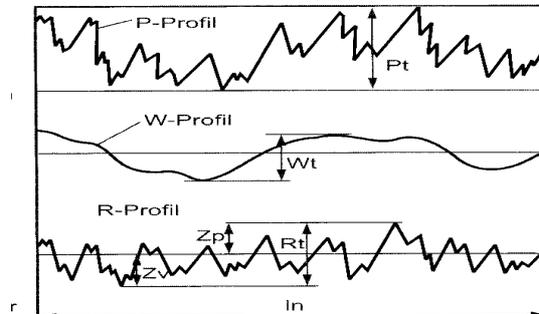


Abb. 2.4: Diagramm des P-, W- und R-Profiles (aus [32])

Nach DIN EN ISO 4288 gelten alle Kenngrößen-Definitionen sowohl für das Rauheitsprofil als auch für das Primär- und das Welligkeitsprofil [12].

Beispielsweise sind die Gesamthöhe P_t , W_t bzw. R_t des Primär-, Welligkeits- bzw. Rauheitsprofils als Summe aus der Höhe Z_p der größten Profilspitze und der Tiefe Z_v des größten Profiltals des jeweiligen Profils innerhalb der Auswertelänge l_n definiert.

Für die spätere Bestimmung der Rauheit, wird in dieser Arbeit die gemittelte Rautiefe (R_z -Wert) nach der DIN EN ISO 4288 verwendet [12].

Zur Beurteilung der Oberflächenmorphologie ist die gemittelte Rautiefe (R_z) am aussagekräftigsten, da dieser Parameter zwischen Spitzen und Riefen unterscheiden kann und dadurch sehr empfindlich auf Oberflächenveränderungen reagiert.

2.10.1 Die gemittelte Rautiefe R_z (DIN EN ISO 4287)

Den Parameter R_z (ISO) erhält man, indem man innerhalb der Bezugsstrecke die Summe der arithmetischen Mittelwerte der 5 höchsten Spitzen über der mittleren Linie und der 5 tiefsten Riefen unter der mittleren Linie bildet. Als Spitze ist dabei der höchste bzw. tiefste Punkt des Profils innerhalb von 2 Durchgängen durch die mittlere Linie definiert. Die Berechnung erfolgt aus dem gefilterten Profil.

In der vorliegenden Studie ist R_z über eine Grenzwellenlänge (h) von 0,25 mm berechnet worden. Daraus ergibt sich eine Gesamtmess-Strecke (l_m) von 1,25 mm.

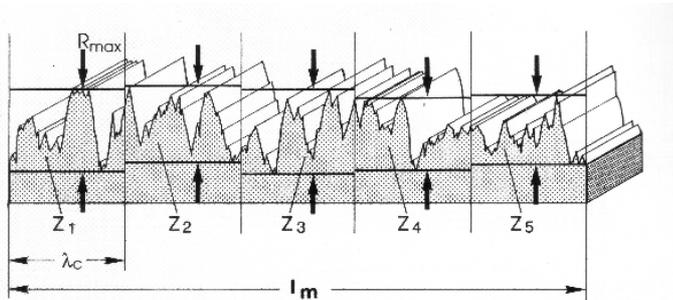


Abb. 2.5: Diagramm des R-Profiles (aus [32])