

## 5 Diskussion

### 5.1 Diskussion der Keramikauswahl und Methode der Prüfkörperherstellung

Um zum einen die Rauigkeit von beschliffenen und anschließend polierten keramischen Kronenoberflächen zu untersuchen und diese mit der Rauigkeit der nicht bearbeiteten keramischen Kronenoberfläche zu vergleichen und zum anderen die Rauigkeit der Keramikoberfläche selbst, wurden zwei Metallkeramiken ausgewählt. Die hydrothermale Metallkeramik Symbio der Firma Ducera (Ducera Dental GmbH & Co. KG, Rosbach v.d.H) und die Metallkeramik Vita Omega 900 (Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH, Bad Säckingen). Die Symbio ceram Keramik ist eine niedrigschmelzende Dentalkeramik. Das Metallgerüst wurde aus der Aufbrennlegierung Degudent U (Degussa) hergestellt. Die Vita Omega 900 ist seit 1995 auf dem Markt. Die Symbio ceram Metallkeramik ist seit 1999 auf dem Markt und zeichnet sich durch die Einbindung hydrothermalen Glases aus. Diese verursachen ein schmelzähnliches Abrasionsverhalten [30].

Um bei der Oberflächenrauigkeitsuntersuchung der hydrothermalen Symbio ceram Metallkeramik eine Vergleichskeramik zu haben, wurde die Vita Omega 900 ausgewählt, da sie ebenfalls eine niedrige Brenntemperatur besitzt aber keine klassische niedrigschmelzende Keramik ist. Für die Untersuchung wurden 20 stilisierte Kronen hergestellt, um die Bearbeitung der Metallkeramik möglichst praxisnah zu gestalten. Jede Krone wurde in 5 Flächen unterteilt. Andere Autoren stellten ihre Probekörper aus planen Metallplättchen mit einer größeren Keramikoberfläche her, um ein größeres Messfeld zu bekommen [4].

Wiederum andere Autoren berichten von Prüfkörpern, die vom Hersteller industriell hergestellt wurden, um verarbeitungsbedingte Abweichungen der Keramikstruktur zu minimieren [47, 80].

Diese wären aber von der Form der Keramikronen zu stark abgewichen.

## 5.2 Diskussion der Bearbeitung der Keramiken

Um herauszufinden, welchen Effekt eine Politur nach dem Einschleifen oder Beschleifen von Metallkeramikkronen hat, sollte in dieser Untersuchung einerseits eine in-vitro Methode gewählt werden, die sich so nah wie möglich an klinischen Situationen orientiert, andererseits ist bekannt, dass in-vitro Versuche Probleme bei der Reproduzierung und Signifikanzableitung haben [2]. Wir haben uns für die Untersuchung von polierten stilisierten Keramikkronen entschieden. Wie auch von anderen Autoren beschrieben, sollte eine Politur in systematisch nach Körnungsgröße abgestuften Bearbeitungsschritten erfolgen [77].

Die Metallkeramikkronen wurden zuerst mittels eines diamantierten Fräasers mittlerer Körnung (20µm-40µm) aufgeraut, dann mit einem universellen Silikonpolierer der Firma Eve fein poliert und zum Abschluss mit einem Wollschwammel, getränkt mit einer diamanthaltigen Polierpaste, extra fein poliert.

Es gibt verschiedene Methoden Metallkeramiken zu polieren. Eine Politur mit einem Filzrad oder Leinenschwammel und Bimsstein ist eine gängige Methode, die ausreichenden Glanz auf der Oberfläche erzeugt [29,59,68].

Untersuchungen haben ergeben, dass das Poliersystem Dia- Polierfilz der Firma Renfert mit Polierscheiben unterschiedlicher Körnung auf Mandrels gespannt, die ursprüngliche Oberflächenrauheit des Glasurbrands wiederherstellen oder sogar verbessern [1, 90, 91].

Auch Untersuchungen mit flexiblen Polierscheiben, wie dem Sof-Lex Schleifscheibensystem, haben gute Polierresultate erzeugt [44, 47, 80]. Die in unserer Untersuchung verwendete Methode der Politur nach dem Einschleifen oder auch Beschleifen, kann direkt am Zahnarztstuhl oder im zahntechnischen Labor durchgeführt werden. Ob man die Ergebnisse auch auf Methoden übertragen kann, in denen die Politur direkt im Mund des Patienten durchgeführt wird, konnte in dieser Studie nicht festgestellt werden. Zum einen gibt es keine gesicherten Erkenntnisse, wie sich die hier gewählte

Poliermethode auf fest einzementierte Metallkeramikkrone auswirkt, zum anderen wäre unsere Methode der Politur, zumindest die extra feine Abschlusspolitur mittels Handstück und Polierpaste direkt im Mund des Patienten für diesen eher unangenehm. Feiner Polierstaub, der sich in oberflächlichen Poren festgesetzt hat, sollte mit dem Dampfstrahler entfernt werden. Auch aus Pulpaschutzgründen sollte im Mund des Patienten ohne Wasserkühlung nicht poliert werden. Es wurde daher eine manuelle Bearbeitungsmethode gewählt, die zwar nicht standardisiert werden kann, aber nach einer klinischen Situation nachempfunden ist. Grundsätzlich muss man darauf hinweisen, dass durch die individuelle manuelle Be- und Verarbeitung von Werkstoffen und Werkstücken Unterschiede in den Ergebnissen auftreten, da jedes Individuum anders manuell arbeitet. Angefangen bei der Verarbeitung der keramischen Massen durch den Zahntechniker; viele Zahntechniker lassen individuelle Erfahrungen und Instrumente bei der Verarbeitung nicht nur von keramischen Massen mit in die zahntechnische Arbeit einfließen. Auch jeder Zahnarzt setzt individuell seine manuellen Fähigkeiten bei der Bearbeitung z.B. eines Zahnersatzes ein. So entstehen Werkstücke, die niemals gleich sind. Bei der Bearbeitung der in dieser Untersuchung gefertigten Kronen ist es ebenfalls so. Daher berichten einige Autoren, dass es von Vorteil ist, die Probekörper in eine mechanische Vorrichtung einzubauen, um individuelle Bearbeitungsdifferenzen auszuschließen. Um gleichbleibende Bearbeitungsbedingungen realisieren zu können, benutzen sie eine Vorrichtungsschulter, die wichtige Parameter, wie Anpressdruck, Lagerung des Fräasers und Vorschubgeschwindigkeit definiert [18, 80].

### 5.3 Diskussion der zahntechnischen Verarbeitung von Metallkeramiken

Bei der zahntechnischen Verarbeitung von dentalkeramischen Massen können technische Fehler auch die Oberflächenrauigkeit vergrößern. Einen Einfluss auf die Oberflächenrauigkeit haben unter anderem, die Kondensation, der Vakuumbrand, die Schleifkorrekturen vor dem Glanzbrand, der Glanzbrand selbst, die Brenntemperatur, das Auftragen von Reparaturporzellan und der Leucitanteil. Je nachdem wie die Keramik verarbeitet wurde, kann dies einen Einfluss auf die Oberflächenrauigkeit haben [8, 48, 92]. Diese Unterschiede können dann einen Einfluss auf die nachträgliche Bearbeitung der Keramikoberfläche haben. Die Oberflächenrauigkeit nach einer Politur hängt auch davon ab, wie viel Substanz vor dem Polieren abgetragen wurde, also welche tieferliegenden Schichten der Keramik beim Beschleifen erreicht werden. Muss nur wenig abgetragen werden, bleibt man vielleicht noch in der Glanzbrandschicht. Wird mehr Keramik weggeschliffen, kommt man vielleicht in eine Schicht in der Reparaturmaterial aufgetragen wurde, und somit eventuell weniger Poren an die Oberfläche gelangen, die ein nachträgliches Politurergebnis verschlechtern. Hier stellt sich die Frage, ob verschiedene Abtragungstiefen einen Einfluss auf die Oberflächenpolitur haben.

Wenn eine Keramik nicht ausreichend kondensiert wird, kann es zu Porositäten in der Struktur kommen [48, 92]. Bei unregelmäßiger Verteilung des Keramikpulvers mit der Modellierflüssigkeit kann es zu einer erhöhten Brennschwindung kommen. Dies führt zu einer größeren Rauigkeit [48, 92]. Extreme Rauigkeiten, die sowohl in unseren physikalisch technischen Messungen, als auch in der optischen Betrachtung der rasterelektronenmikroskopischen Bilder zu beobachten sind, werden häufig durch große Porenbildung hervorgerufen. Diese Poren entstehen durch Lufteinschlüsse mit Hohlraumbildung. Wenn diese Hohlräume beim nachträglichen Polieren durch den Substanzabtrag an die Oberfläche gelangen, vergrößern sie die Oberflächenrauheit. Sie kann zwar durch eine nachträgliche Politur

verkleinert werden, sie kann aber nicht die geringe Oberflächenrauheit von porenfreien Oberflächen erreichen. Auch ein unzureichendes Vakuum beim Keramikbrand fördert den Lufteinschluss und die daraus entstehende Hohlraumbildung. Die Konsequenz ist die gleiche wie bei der unzureichenden Kondensation [48, 92]. Reparaturporzellan, welches zwischenzeitlich aufgetragen wird, kann die Hohlräume verkleinern [48]. Beim Aufbringen von Reparaturporzellan zum Füllen von Poren stellt sich die Frage, ob es eine Korrelation zum nachträglichen Beschleifen gibt.

Bei der Schleifkorrektur vor dem Glanzbrand wird die Rauigkeit durch die unterschiedliche Körnung der Schleifkörper definiert [47, 63]. Die Brenntemperatur beeinflusst ebenfalls die Oberflächenrauigkeit [74]. Auch ein hoher Anteil an Leucitkristallen, die sich an der Oberfläche herkömmlicher Keramiken ansammeln, vergrößern die Rauigkeit. Leucitfreie Keramiken, wie die Duceram-LFC-Keramik, zeigen dieses Problem nicht [30].

#### 5.4 Diskussion der Messmethode

Der Zielsetzung der vorliegenden Untersuchung entsprechend, sollte die Auswirkung von drei unterschiedlichen Poliermethoden auf die Oberflächenrauigkeit von zwei Dentalkeramiken überprüft werden. Hierfür mussten die Oberflächen im Ausgangszustand nach dem Brennvorgang und nach den einzelnen Bearbeitungsstufen adäquat untersucht und ausgewertet werden. Es waren daher Analysemethoden auszuwählen, die eine differenzierte, qualitative und quantitative Charakterisierung der Oberflächenmorphologie ermöglichen.

Es gibt verschiedene Methoden, Oberflächen zu beurteilen:

1. qualitativ
  - visuell (menschliches Auge)
  - optisch (Auflichtmikroskopie, REM)

## 2. quantitativ

- profilographisch (Tastschnittverfahren, Laser-Profilometer)
- Laserreflexionsmessung

Der rein visuellen Betrachtung der Oberfläche ist durch das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges natürliche Grenzen gesetzt, so lassen sich z.B. der Glanz und die Transparenz, nicht aber unterschiedliche Rauigkeiten beurteilen. Die Auflichtmikroskopie ist aufgrund ihrer geringen Tiefenschärfe nur bedingt für die Beurteilung von Oberflächenstrukturen geeignet, wesentlich günstiger ist das REM durch seine größere Tiefenschärfe.

Allerdings stellten einige Autoren fest, dass sich bei der Betrachtung von REM-Bildern einige Bearbeitungsmethoden in ihrer Oberflächenrauigkeit im Gegensatz zu den zusätzlich durchgeführten profilometrischen Messungen nicht unterscheiden [62].

Reppel kombiniert qualitative und quantitative Messverfahren zur Analyse der Oberflächenrauigkeit und erzielt dadurch eine genaue Beurteilung von Oberflächen [73].

In der vorliegenden Studie wurden zur Beurteilung der Oberflächenrauigkeit der Vita- und der Symbio ceram – Keramik ebenfalls messtechnische und bildgebende Analyseverfahren kombiniert. Durch profilographische und rasterelektronen-mikroskopische Untersuchungen konnten die Oberflächenstrukturen und Oberflächenveränderungen nach Bearbeitung bewertet und verglichen werden.

Die Profilometrie mit dem elektrischen Tastschnittverfahren ist eine häufig verwendete Methode zur Abtastung von Oberflächen in der Zahnheilkunde [4, 16, 37, 61, 80]. Bei diesem metrischen Verfahren werden Aussagen über die Morphologie einer Oberfläche getroffen. Eine Diamant-Tastspitze tastet die Oberfläche ab, und es werden die vertikalen Höhen- und Tiefenveränderungen bei konstanter horizontaler Verschiebung aufge-

zeichnet. Mit dieser Methode kann die Oberflächenqualität quantifiziert werden, was durch rein visuelle und optische Betrachtung nicht möglich ist. Auch die Differenzierung von Welligkeit und Rauigkeit gelten als Vorteil [32, 65]. Ein Nachteil dieser Methode ist die strichartige Abtastung der Oberfläche, die eine flächige Erfassung trotz mehrerer paralleler Messungen nicht ermöglicht.

Moderne Laser- Profilometer haben eine größere Messgenauigkeit, sie standen aber für diese Studie nicht zur Verfügung. Eine weitere Methode ist die Laserlichtreflexionsmessung. Hierbei trifft Laserlicht in verschiedenen Winkeln auf die Probe, wird reflektiert und gemessen. Je mehr Licht reflektiert wird, desto glatter ist die Oberfläche. Diese Methode ist deutlich komplizierter und eignet sich nicht für exakte Rautiefenmessungen. Sie ist geeignet zur flächigen Beurteilung einer Oberfläche [27].

## **5.5 Diskussion des statistischen Auswertungsverfahrens**

Die statistische Datenauswertung erfolgte ausschließlich für die gemittelte Rautiefe ( $R_z$ ). Der Parameter  $R_z$  wurde gewählt, weil er zur Beurteilung der Oberflächenstruktur in dieser Studie am aussagekräftigsten war, da er zwischen Spitzen und Riefen unterscheiden kann und sehr empfindlich auf Oberflächenveränderungen reagiert.

Eine weitere gängige Messgröße in der zahnärztlichen Literatur ist der Mittenrauwert ( $R_a$ ). Der Parameter  $R_a$  ist das arithmetische Mittel aller Profilerhebungen von der mittleren Linie innerhalb der Messstrecke. Der Nachteil des  $R_a$ -Wertes ist, dass er weder Spitzen und Riefen unterscheiden, noch verschiedene Profilformen erkennen kann. Daher war dieser Parameter für diese Untersuchung nicht geeignet.

Ziel dieser Studie war es, herauszufinden, ob die fünf Formen der Oberflächenbearbeitung von Zahnkronen sich signifikant unterscheiden.

Hierzu wurden die verschiedenen Flächen miteinander verglichen, d.h. die Vergleiche wurden sowohl bei den Flächen der Symbio ceram- als auch bei der Vita-Gruppe untereinander durchgeführt. Um Unterschiede zwischen der Symbio ceram- und der Vita-Gruppe zu entdecken, wurden diese jeweils flächenweise miteinander verglichen.

Die Messdaten wurden mit statistischen Kenngrößen dargestellt. Mittelwert und Median geben Auskunft über die Lage der Daten, Minimum und Maximum sowie die Standardabweichung über die Variabilität und Streuung der Werte. Box-Plots stellen die Verteilung der Daten grafisch dar.

Nach Überprüfung der Normalverteilung für die erhobenen Daten reduzierte sich der Vergleich auf einen Zwei-Stichproben t-Test auf Unterschiede im Mittelwert. Die Normalverteilungsannahme für die einzelnen Variablen wurde grafisch mit einem Q-Q-Plot überprüft [84].

Durch die statistische Auswertung konnte eine Aussage getroffen werden, ob sich die fünf unterschiedlichen Oberflächenbearbeitungen signifikant unterscheiden und ob es Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Dentalkeramiken gibt.

## 5.6 Diskussion der Ergebnisse

Die in der vorliegenden Studie durchgeführte Politurmethode der Symbio ceram und Vita Omega 900 Keramik arbeitet sehr effektiv, wobei sich die Symbio ceram Keramik (Rauheitsmittelwert: Fläche 3 =  $1,47\mu\text{m}$ ) mit der Polierpaste (Fa. Vita) besser polieren lässt als die Vita Omega 900 Keramik (Rauheitsmittelwert: Fläche 3 =  $2,94\mu\text{m}$ ). Sie erreicht einen geringeren Oberflächenrauheitswert als die Vita Omega 900 Keramik.

Alleine die Politur mit dem universellen Silikonpolierer hat schon einen großen Poliereffekt auf die grob beschliffene Oberfläche. Der Rauheitsmittelwert der groben Politur der Symbio ceram änderte sich in den drei

abgestuften Polierschritten von 13,06µm (Fläche 1) auf 3,48µm (Fläche 2) auf 1,47µm (Fläche 3). Nach der Politur mit dem Silikonpolierer (Fläche 2) war die Oberflächenrauigkeit der hydrothermalen Symbio ceram Keramik sogar geringer als die Ausgangsflächen 4+5 (Mittelwert: 4,98µm+4,48µm).

Der Rauheitsmittelwert der groben Politur der Vita Omega 900 Keramik änderte sich ebenfalls stark in den drei abgestuften Polierschritten von 13,07µm (Fläche 1) auf 5,55µm (Fläche 2) auf 2,94µm (Fläche 3). Hier erreichte die angewandte Poliermethode auch fast die geringe Oberflächenrauigkeit der Ausgangsflächen 4+5 (Mittelwert: 3,07µm +3,35µm); sie kam allerdings nicht signifikant unter das Niveau der Ausgangsflächen.

Der Vergleich der unterschiedlichen Verarbeitungsmethoden, der beiden Keramiken (Fläche 4 + 5 ) ergab keinen signifikanten Unterschied. In dieser Untersuchung gibt es keinen signifikanten Unterschied, ob die Glasur nach Herstellerangabe oder nach zahntechnischen Erfahrungswerten, d.h. ohne Glasurmasse sondern nur mit Malflüssigkeit hergestellt wird. Beide Flächen sind gleich glatt. Wobei nicht festgestellt werden konnte, ob nicht doch die eine oder andere tiefere freiliegende Pore durch die Glasurmasse geschlossen wurde, da durch die Profilometrie keine flächige Messung stattfindet.

Die qualitative Beurteilung durch das Rasterelektronenmikroskop spiegelt im Grunde genommen das Ergebnis der ersten drei quantitativen Messungen wieder. Zwischen den Flächen 3, 4, und 5 kann man bei beiden rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen keinen signifikanten Unterschied erkennen.

Andere Autoren berichten ebenfalls von einer guten Polierbarkeit der hydrothermalen Keramik Duceragold mittels Gummipolierer und Polierpaste [4, 30, 64].

Bei der Bearbeitung der Vita VMK 68 Keramik wurde von einigen Autoren berichtet, dass die Politur der Oberfläche mittels Sof-Lex Scheiben mittlerer und feiner Körnung, nach der Verwendung eines Diamantfinierers und einer

Abschlusspolitur mit einem Gummipolierer, eine Oberflächenverbesserung hervorbringt [27, 80].

Andere Autoren untersuchten die Effektivität von speziellen Kreamikpoliersystemen ( Chameleon ) an der VMK 68. Diese Poliersysteme beinhalten auch eine Diamantpolierpaste. Die Proben wurden mittels Rasterelektronenmikroskopie und Profilometrie untersucht. Mit der Politur einer diamant-haltigen Polierpaste konnte die Oberfläche gut poliert werden, erreichte aber nicht die Glätte der unbearbeiteten Ausgangsfläche [64]. Die raster-elektronenmikroskopische Untersuchung der VMK 68 Keramik zeigte, dass eine Politur mit dem Shofu Ceramiste Kit und die anschließende Bearbeitung mit der Diamantpolierpaste eine geringe Oberflächenrauigkeit erzeugte [72]. Um die Ergebnisse auf klinisch einzusetzende Metallkeramikkrone zu übertragen, müssen folgende Überlegungen angestellt werden. Wenn man die Mittelwerte der extra feinen Politur (diamantierte Polierpaste) der Symbio-ceram Keramik und der Vita Omega 900 Keramik mit der in der Literatur unterschiedlich beschriebenen Oberflächenrauigkeit von natürlichen Zahnschmelz vergleicht ( $0,6\mu\text{m}$ - $3,6\mu\text{m}$ ) [4,37,87], kann festgestellt werden, dass beide extra fein polierten Keramikoberflächen die Glätte von natürlichem Zahnschmelz annähernd erreichen.

Bei der Betrachtung des relativ kleinen Bearbeitungsbereichs auf einer Krone ist es technisch schwierig nur die wirklichen Bereiche zu polieren, die von funktioneller Wichtigkeit sind. Dies wären vor allem die okklusalen und approximalen Kontaktpunkte. Dabei sind die Polierinstrumente meist größer als die Kontaktpunkte selbst und daher eine punktförmige Politur schwierig. Besser können Kontaktflächen bearbeitet werden.