

### 3 Material und Methode

#### 3.1 Herstellung der Probekörper

##### 3.1.1 Das Metallgerüst

Das Metallgerüst wurde zwanzigmal nach folgendem Prinzip hergestellt:

Das Metallgerüst wurde im Wachsausschmelzverfahren hergestellt. Als Stumpf diente ein 4 cm langer und im Durchmesser 1 cm konischer Edelstahlkörper.

Der Edelstahlstumpf wurde zunächst mit Isolit isoliert.

Mit heißem Flüssigstumpfwachs wurde dann ein Käppchen gezogen, welches das Grundgerüst der Krone darstellte. Das Wachskäppchen wurde angestiftet und in einer Muffel eingebettet. Zum Einbetten wurde die Einbettmasse Ceramigold der Firma Whip Mix verwendet.

Nach dem Aushärten der Einbettmasse wurde das Wachs ausgebrannt und die Muffel im Brennofen auf Gießtemperatur gebracht.

Dann wurde das Kronengerüst in der Guss Schleuder gegossen. Dabei wurde die Aufbrennlegierung Degudent U der Firma Degussa verwendet. Nach dem Abkühlen wurden die Gussstifte abgetrennt und das Kronengerüst mit 150 µm starkem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  abgestrahlt. Danach wurde das Gerüst abgedampft. Das Gerüst erhielt nach Herstellerangabe bei 980° C einen Oxidbrand. Die Bereitschaftstemperatur lag bei 600° C mit einer Steigerungsrate von 90° C / min auf 980° C. Diese wurde 5 min gehalten.

Da beim ersten Oxidbrand zu viel Oxide an die Oberfläche transportiert werden, wurden sie nochmals mit  $\text{Al}_2\text{O}_3$  abgestrahlt.

Auch kann die Keramik zu dunkel und die Haftung der Keramik am Metall eventuell geringer werden, wenn nicht nochmals abgestrahlt wird. Dieses Phänomen ist von Masse zu Masse unterschiedlich. Danach wurde das Gerüst nochmals abgedampft.

### 3.2 Die metallkeramische Verblendung

Bei dem zu untersuchenden Material handelte es sich um die folgenden zwei keramischen Massen:

- Vita Omega 900 Metallkeramik  
(Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH, Bad Säckingen)
- Symbio ceram Metallkeramik (Hydrothermalkeramik)  
(Ducera/Degussa Dental GmbH & Co. KG, Rosbach v.d.H)

Beide Keramiken sind auf dem Dentalmarkt erhältlich, wobei die Hydrothermalkeramik eine neue Werkstoffklasse darstellt. Ziel dieser Studie ist die Untersuchung der Oberflächenrauigkeit der Hydrothermalkeramik Symbio ceram. Als Vergleichskeramik dient die Vita Omega 900.

Hierzu wurden zwanzig stilisierte Kronen zum einen nach Herstellerangaben zum anderen unter Anleitung eines erfahrenen Zahntechnikermeisters (ZTM) hergestellt. Bei jeweils zehn Kronen wurde die Vita Omega 900 und bei 10 Kronen die Symbio ceram Keramik verarbeitet (Abb. 3.1).



Abb. 3.1: Seitenansicht der angefertigten Zahnkronen:

Links : (Probe Nr.15): Eine Krone mit der Vita Omega 900 Keramik.

Rechts : (Probe Nr.18) Eine Krone mit der Symbio ceram Keramik.

### 3.2.1 Die Hydrothermalkeramik SYMBIOceram der Firma Ducera

Eine besondere Eigenschaft der SYMBIOceram ist die Einbindung hydrothermaler Gläser in die dentalkeramische Masse. Hydrothermale Keramiken entwickeln während der Tragezeit eine Silicium-Hydroxylschicht mit schmelzähnlichem Abrasionsverhalten. Die niedrigschmelzende Keramik ist auf einen Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK) von 800-850° C eingestellt, dadurch ist eine Verarbeitung von nahezu allen Legierungen im konventionellen Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK)-Bereich möglich. SYMBIO ceram-Keramikmassen wurden für den Einsatz im Dentallabor entwickelt. Ebenso sind sie mit allen hochschmelzenden Dental-Aufbrennlegierungen im WAK Bereich 14,0-15,4  $\mu\text{m}/\text{mK}$  kompatibel [13].

Die Schichten, ausgehend vom Metallgerüst, sind :

- Opaker
- Dentinmasse
- Schneidmasse
- Malfarbenflüssigkeit mit Glasurmasse ( laut Hersteller )
- Malfarbenflüssigkeit ohne Glasurmasse (laut ZTM).

### 3.2.2 Die Metallkeramik Vita Omega 900 der Firma Vita

Die Vita Omega Metallkeramik eignet sich für die Verblendung von Edelmetall-, edelmetallreduzierten-, silberfreien und silberhaltigen sowie NEM-Aufbrennlegierungen.

Die besondere Eigenschaft der Vita Omega 900 Keramik ist der geringe Durchmesser der Leucitkristalle von 3  $\mu\text{m}$ . Dadurch ergibt sich eine feine disperse Verteilung. Die Leucitkristalle bilden eine fiederartige Kristallisation aus. Durch diese homogene Verteilung werden Spannungsrisse vermieden. In konventionelle Metallkeramiken sind die Leucitkristalle in einem Haufenwerk mit 30  $\mu\text{m}$  angeordnet [86].

Die Schichten, ausgehend vom Metallgerüst, sind :

- Opaker
- Dentinmasse
- Schneidemasse
- Malfarbenflüssigkeit mit Glasurmasse (laut Hersteller)
- Malfarbenflüssigkeit ohne Glasurmasse (laut ZTM).

### 3.2.3 Der Brennvorgang der Vita Omega 900 Keramik

Auf das Metallgerüst wurde der Opaker im Verhältnis Opaque-Fluid 2:1 aufgetragen und mittels des Opakerbrandes bei 930° C in einem Keramikbrennofen der Firma Dekema gebrannt. Zwei Minuten Trocknungszeit und zwei Minuten Schließzeit gingen der Vorwärmzeit voraus. Die Vorwärmzeit betrug 600° C. Dann wurde auf 930° C hochgeheizt, mit einer Steigerungsrate von 80° C / min. Diese wurde 1 min gehalten.

Der Omega Dentin I Brand (Dentin Opaque + Dentin + Enamel) wurde bei 600° C in 8 min auf 920° C gesteigert und 1 min gehalten. Die Steigerungsrate betrug 55° C / min, danach erfolgte der Omega Dentin II Brand ( Korrekturbrand ) und der Glanzbrand. Für den Glanzbrand wurde unter anderem die Malfarbenflüssigkeit Carat der Firma Dentsply De Trey verwendet.

Tab. 3.1: Brenntabelle Vita Omega 900, modifiziert nach Vita Omega 900 Verarbeitungsanleitung

<b>Empfohlene Brandführung</b>	Vt°C	→ min	↗ min	↗ °C/min	Temp. ca. °C	→ min	VAC min
Washbrand Pulver	600	2.00	4.00	75	900	2.00	4.00
1. Dentinbrand	600	6.00	6.00	50	900	1.00	6.00
2. Dentinbrand	600	6.00	6.00	48	890	1.00	6.00
Glanzbrand	600	-	4.00	75	900	2.00	-

### 3.2.4 Der Brennvorgang der Symbio ceram-Keramik

Die Symbio ceram – Keramik wurde nach Herstellerangabe gebrannt, siehe Brennprogramm (Tab. 3.2).

Tab. 3.2: Brenntabelle der Symbio ceram, modifiziert nach Symbio ceram Gebrauchsanleitung

Allgemeines Brennprogramm	Vorwärmtemperatur (C°)	Trockenzeit (min)	Aufheizrate (C°/min)	Brenn-Temperatur (C°)	Haltezeit (min)	Vakuum (hPa)
1. Pastenopaker	575	6	55	850	1	50
2. Pastenopaker	575	6	55	830	1	50
1. Opakerbrand	575	4	55	850	1	50
2. Opakerbrand	575	4	55	830	1	50
1. Dentinbrand	575	6	100	810	1	50
2. Dentinbrand	575	5	100	800	1	50
Glanzbrand	575	4	100	790	1	-

### 3.3 Oberflächenbearbeitung der Probekörper

Die unterschiedliche Bearbeitung der Probekörper wurde entsprechenden klinischen Situationen nachempfunden, in der eine keramische Restauration inkorporiert wird. Metallkeramischer Zahnersatz muss nach der Inkorporation häufig beschliffen oder poliert werden. Danach muss die aufgeraute Oberfläche wieder geglättet werden. Dies geschieht entweder mit einem nachträglichen Glanzbrand im zahntechnischen Labor oder durch eine Politur in der Praxis. Da ein Glanzbrand nur im zahntechnischen Labor durchgeführt werden kann und dies mit einem zeitlichen Mehraufwand verbunden ist, wird die aufgeraute Oberfläche in der Regel in der zahnärztlichen Praxis poliert. Dies kann mit verschiedenen Schleif- und Poliermitteln, wie sie im

nachfolgenden Text beschrieben werden, geschehen. Bei der anschließenden Bearbeitung wurden die gängigsten Polierer verwendet.

Deshalb werden in dieser Untersuchung drei verschiedene Oberflächenbearbeitungsvarianten durchgeführt.

Dazu wurde die okklusale Fläche der Probekörper in fünf Segmente eingeteilt (vgl. Abb. 3.4).

Die einzelnen Segmente wurden mit folgenden Schleif- und Polierwerkzeugen bearbeitet:

1. mit einem diamantierten Torpedo Größe 12 Rotring (20-40  $\mu\text{m}$ ) der Firma Komet (grobe Vorpolutur) (Abb. 3.2.1)
2. mit einem universellen Silikonpolierer der Firma EVE (feine Politur) (Abb. 3.2.2)
3. mit einem Wollschwabbel (Abb. 3.2.3) und mit einer diamanthaltigen Polierpaste der Firma Vita (3 $\mu\text{m}$ ) (Abb. 3.3) (extra feine Politur)



Abb. 3.2: 1. diamantierter Torpedo, 2. universeller Silikonpolierer, 3. Wollschwabbel



Abb. 3.3: Diamantierte Polierpaste der Firma Vita (Feinpolitur)

### 3.3.1 Einteilung der Zahnkronen in fünf Flächen

Die Zahnkronen wurden in fünf Flächen eingeteilt (Abb. 3.4 und 3.5).



Abb.3.4 : Links: Okklusalanzeige einer VitaOmega900 Metallkeramikkrone, rechts: Okklusalanzeige einer Symbio ceram Metallkeramikkrone

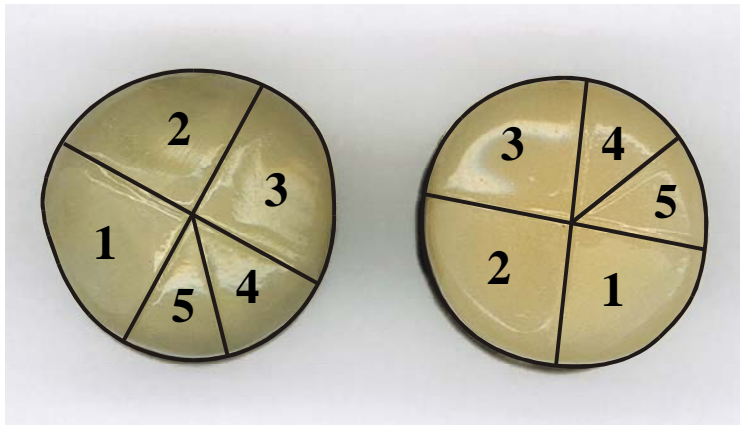


Abb.3.5: Einteilung der Zahnkronen in fünf Flächen für die unterschiedliche Bearbeitung.  
Links: VitaOmega 900, rechts: Symbio ceram Keramik.

### 3.3.2 Die Beschreibung der bearbeiteten Flächen

#### **Fläche 1: Grobe Vorpolitur**

**Fläche 1** wurde **grob vorpoliert** (Substanzabtrag).

Die **grobe Vorpolitur** erfolgte mit einem zahnärztlichen diamantierten Fräser (20µm - 40µm; Rotring) der Firma Komet.

Die abtragende Bearbeitung wurde anschließend mittels eines roten Schnelläufers (100% Lauflistung auf einer Siemens M1 Dentaleinheit) mit Wasserkühlung durchgeführt (Abb. 3.2.1).

Der Diamant wurde fünfmal über die Fläche geführt und mit mittelstarkem Druck, immer in eine Richtung, entgegengesetzt der Laufrichtung bearbeitet.

#### **Fläche 2 : Feine Politur**

**Fläche 2** wurde ebenfalls **grob vorpoliert**, wie Fläche 1.

Zusätzlich zur groben Bearbeitung erfolgte direkt danach die **feine Politur** mittels eines universellen Silikonpolierers der Firma Eve (Abb. 3.2.2). Die Oberfläche wurde mit mittelstarkem Druck unter Wasserkühlung mit dem Winkelstück poliert (40.000 U/min). Dabei wurden drehende Bewegungen für 1,5 min ausgeführt.

#### **Fläche 3 : Extra feine Politur**

**Fläche 3** wurde auch **grob vorpoliert** und **fein poliert**, wie Fläche 1 und 2. Danach wurde sie mit einem Wollschwabbel poliert (Abb. 3.2.3).. Dieser war mit einer diamanthaltigen Polierpaste (3µm) der Firma Vita getränkt (Abb. 3.3). Mit dem Handstück bei mittelstarkem Druck (max. 25.000 – 30.000 U / min) wurde **extra fein poliert**. Dabei wurden drehende Bewegungen für 3 min ausgeführt.

#### **Fläche 4 : Brand nach Herstellerangaben**

Fläche 4 ist die Ausgangssituation nach dem Brennvorgang. Sie wurde laut Herstellerangaben angefertigt. Diese Fläche wurde **nicht poliert**.



### **Fläche 5 : Brand nach Techniker Erfahrung**

Fläche 5 wurde ebenfalls **nicht poliert**. Die Herstellung erfolgte nach eigener erfahrungstechnischer Methode unter Anleitung eines erfahrenen Zahntechnikermeisters. Es wurde nur Malfarbenflüssigkeit und keine Glasurmasse verwendet (Praxislabor Prof. Dr. P.-D. Reppel).

### **3.4 Untersuchungen der unterschiedlichen Oberflächen**

Zur Analyse der unterschiedlichen Oberflächenrauigkeiten wurde ein quantitatives und qualitatives Verfahren kombiniert. Die Hauptuntersuchung erfolgte durch ein Oberflächenmessgerät. Zusätzlich erfolgte eine rein optische Untersuchung mittels eines Rasterelektronenmikroskops.

### 3.4.1 Messung der Oberflächenrauheit (Profilometrie)

Die Oberflächenrauheit wurde mit dem Oberflächenmessgerät Hommel Tester T 8000 (Hommelwerke GmbH, Schwenningen) gemessen (Abb. 3.6).

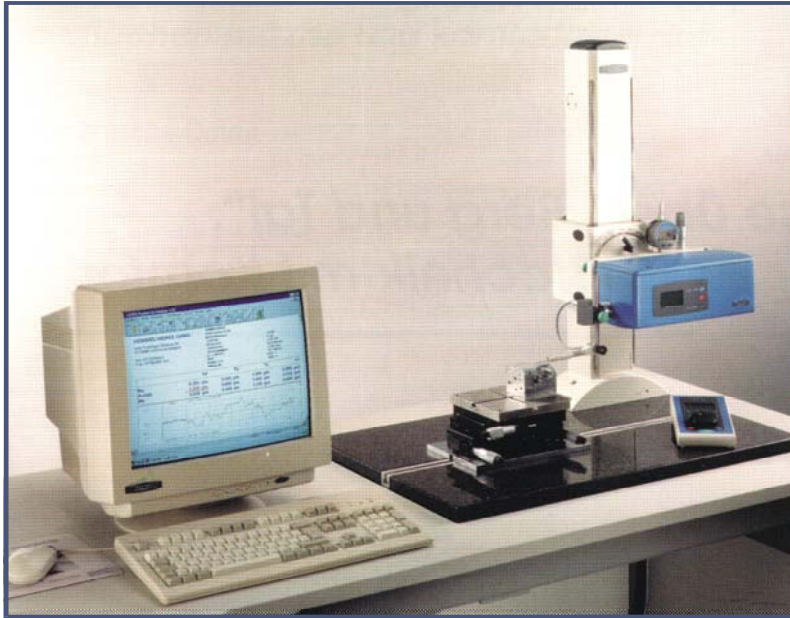


Abb. 3.6: Hommel Tester T 8000 ( aus Industrieinformation Hommelwerke GmbH, Schwenningen)

Bei dieser physikalisch–technischen Untersuchung wird der Prüfkörper in die Apparatur eingespannt und die Oberflächenrauheit mittels Tastschnittverfahrens gemessen.

Das Tastschnittverfahren ist mit dem Tonabnehmerprinzip eines Plattenspielers vergleichbar. Ein Taster, der aus einer Tastspitze, einem Wandler und einer Gleitkufe besteht, wird quer über die Werkstoffoberfläche bewegt und ihr senkrechter Hub wird in ein elektrisches Signal umgesetzt. Dieses Signal wird verstärkt und digitalisiert. Danach folgt eine EDV-gestützte Rechenanalyse der Daten.

Die Messgrößen wurden nach DIN EN ISO 4288 durch das Gerät ermittelt.

Einstellung des Gerätes [33]:

- Gesamtmessstrecke: 1,25 mm
- Grenzwellenlänge: 0,25 mm
- Ermittlung des Parameters Rz
- Tastenspitzenradius: 2µm

Der Parameter Rz (gemittelte Rautiefe) wurde gewählt, weil er zur Beurteilung der Oberflächenstruktur sehr aussagekräftig ist, da er zwischen Spitzen und Riefen unterscheiden kann und sehr empfindlich auf Oberflächenveränderungen reagiert.

Es erfolgten 10 parallel verlaufende Messungen. Nach jeder Messreihe wurden die Messdaten durch den Hommel Tester statistisch ausgewertet und ein Messprotokoll mit ermittelten Messdaten, einer 3-D-Darstellung der Oberfläche und einem charakteristischen Profilogramm ausgedruckt (Abb. 3.7).



### **3.5 Rasterelektronenmikroskopische Analyse**

Um einen optischen Eindruck der bearbeiteten Oberflächen vermitteln zu können, wurde jeweils eine Zahnkrone aus der Symbio- und Vita-Gruppe zufällig ausgewählt und mit dem Rasterelektronenmikroskop (LEO 1530, Oxford Instruments) betrachtet. Die Proben wurden standardmäßig für die Untersuchung vorbereitet und bei 500-facher Vergrößerung analysiert und fotografiert.