

4 Material und Methode

Zur vergleichenden Testung sollen folgende Gruppen auf **Bruchlast** untersucht werden:

- ∅ 60 viergliedrige Brücken aus LAVA[®] 3M Espe Vollkeramik
- ∅ auf LAVA[®]-Stümpfen aus Zirkonoxidkeramik, in Kunststoff eingebettet
- ∅ auf DC-Tell[®] (Firma DCS) Stümpfen aus glasfaserverstärktem Composit, in Kunststoff eingebettet
- ∅ auf Messing-Stümpfen, in Kunststoff eingebettet

Alle drei Untersuchungsgruppen wurden je zur Hälfte der Proben dem Thermocycling unterzogen.

Es ergibt sich folgendes Flussdiagramm:

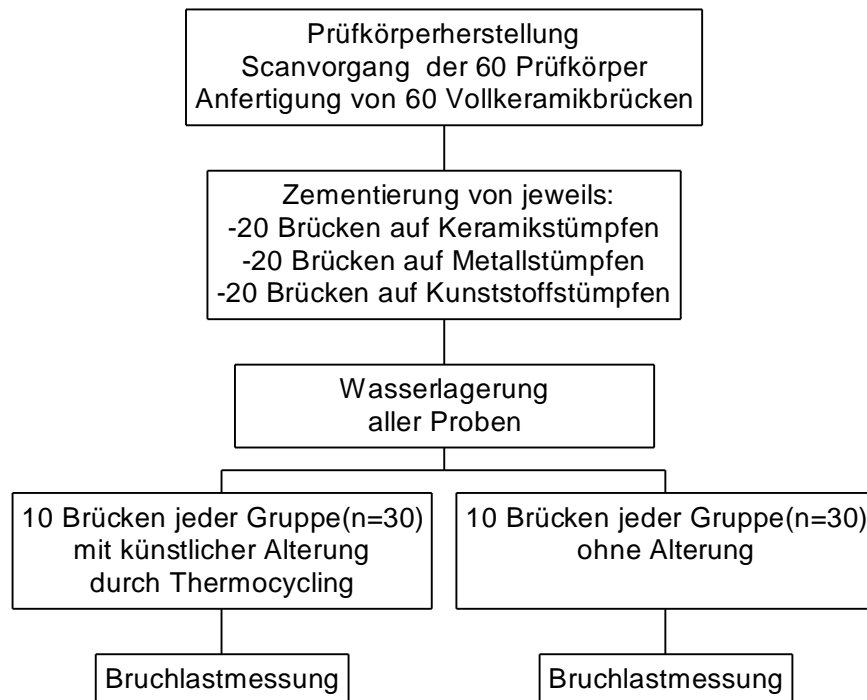


Abbildung 1: Flussdiagramm zur Demonstration der Vorgehensweise bei der Versuchsdurchführung

4.1 Herstellung der Stümpfe

Für die Herstellung der Prüfmodelle wurden zunächst mit dem computergestützten LAVA[®]-System der Firma 3M Espe die Stümpfe aus den verschiedenen Materialien hergestellt. Dabei wurden die Daten für den Prämolaren- und den Molarenstumpf aus der vorhandenen Datenbank des LAVA[®]-Systems verwendet und die benötigte Anzahl der Stümpfe identisch reproduziert.

Dabei richteten sich die digital gestalteten Stümpfe nach den Herstellerangaben für die vollkeramischen Brückengerüste und erfüllten alle Anforderungen, die auch an eine Präparation für eine klassische Vollkeramikkrone gestellt werden.

Dazu wurden okklusal in der tiefsten Fissur 1,5 mm abgetragen, um ein Plateau für die optimale Krafteinleitung zu schaffen. Zirkulär wurde mit einem Neigungswinkel von 6° gearbeitet, die zirkuläre Stufe betrug 1,2 mm. Die Gestaltung der Wurzel erfolgte abstrahiert in anatomischer Form. Damit die spätere Krafteinleitung gleichmäßig in Richtung des Apex erfolgen kann, wurde der Stumpf auf persönliche Empfehlung von KAPPERT (2003) apikal kugelförmig gestaltet.



Abbildung 2: Anatomische Wurzelgestaltung eines Molaren aus der Gruppe der Metallstümpfe mit apikaler Kugel.

Alle fertigen Stümpfe wurden im Wurzelbereich mit einem Schrumpfschlauch Typ HSR (3M ESPE) ummantelt, um eine bewegliche Lagerung wie bei natürlichen Zähnen zu erhalten.



Abbildung 3: Mit Schrumpfschlauch ummantelter Prämolar aus der Gruppe der Metallstümpfe vor der Einbettung in Kunststoff.

4.2 Herstellung der Prüfkörper

Um die verschiedenen Stümpfe reproduzierbar immer identisch in transparenten Kunststoff (Paladur® Heraeus Kulzer) einzubetten, wurde durch die Firma 3M ESPE ein Urmodell angefertigt, auf welchem ein Übertragungsschlüssel erstellt wurde. Somit konnten alle weiteren Stümpfe mit Hilfe einer Hohlform immer gleichbleibend in Kunststoff überführt und die Prüfkörper erstellt werden.



Abbildung 4: Übertragungsschlüssel zum Einbetten der Stümpfe in Kunststoff



Abbildung 5: Hohlform aus Silikon mit positioniertem Übertragungsschlüssel zur Umsetzung der Stümpfe in Paladur® Klar.

Der Übertragungsschlüssel wurde auf dem Urmodell mit lichthärtendem Visio Form® Modellierkunststoff (3M ESPE) erstellt, zu dessen Fixation drei handelsübliche Vierkant-Kupferstäbe mit einem Durchmesser von 2,5 mm dienten.

4.3 Gestaltung der Brückengerüste

Zur anschließenden Herstellung der vollkeramischen Brückengerüste wird das LAVA[®]-System benutzt. Dazu werden alle 60 Prüfkörper einzeln gescannt und anschließend erfolgt die individuelle Fräsung der 60 Brückengerüste in der Fräseinheit. Die Daten für die Dimensionierung der Gerüste werden der digitalen Datenbibliothek der LAVA[®]-Software entnommen. Dabei beträgt die Konnektorenstärke zwischen den Pfeilerzähnen zu dem jeweiligen Zwischenglied Regio 14/15, sowie 16/17 9 mm² und innerhalb der Zwischenglieder Regio 15/16 12 mm².



Abb. 6: CAD/CAM-gefertigtes, vollkeramisches Brückengerüst von 14-17 in bukkaler Aufsicht vor der Zementierung.

Die Wandstärke beträgt 0,5 mm, bei einer Brückengesamtlänge von 34 mm in mesio-distaler Distanz und einer Brückenbreite (ausgehend vom Molaren 17) von 9,8 mm.



Abb. 7: CAD/CAM-gefertigtes, vollkeramisches Brückengerüst von 14-17 vor der Zementierung von basal betrachtet.

4.4 Zementierung

Die Brücken wurden klassisch mit schnellhärtendem Zinkphosphatzement (Richter und Hoffmann[®], Harvard Dental-GmbH, Berlin) befestigt. Dazu wurde die Flüssigkeit (Phosphorsäure in wässriger Lösung) mit dem Pulver (90 % Zinkoxid, 10 % Magnesiumoxid) auf einer Glasplatte mittels eines Metallspatels vermischt. Die Innenflächen der Kronenpfeiler wurden dünn mit einem Pinsel ausgestrichen. Anschließend wurden die Brücken mit leichtem, ansteigendem Druck zementiert.

Nach 15 Minuten wurden die Überschüsse mit einer zahnärztlichen Sonde abgesprengt.

4.5 Wasserlagerung

Die Proben werden nach Zementierung für 21 Tage in 0,9%iger Natriumchlorid-Lösung gelagert, da es zu einer hygroscopischen Expansion des Befestigungsmaterials kommt, was durch die Wasseraufnahme des Zementes bedingt ist.

4.6 Thermocycling

Die Hälfte der Proben einer Gruppe, das entsprach jeweils einer Anzahl von 10 Brücken, erfolgte nach dem Zementieren eine Lagerung in 0,9%iger Natriumchlorid-Lösung. Um in etwa die Temperatur der Mundhöhle zu simulieren, wurden die Proben für 21 Tage bei einer Temperatur von 37°C im Inkubator gelagert. Anschließend wurden die Proben in 20.000 Zyklen einem Thermocycling ausgesetzt, welches auf der einen Seite eine Temperatur von +5°C und auf der anderen Seite von +55°C hatte. die Eintauchzeit betrug 30 s und die (geräteabhängige) Transferzeit 3 s.

4.7 Bruchlastmessungen

Die konventionell befestigten Brücken wurden mit der Zwick[®]-Maschine (Modell Z010/TN2A, Firma Roell) bei einer Vorschubbewegung von 1 mm/min bei einem Kraftabfall von 30% bis zum Bruch belastet.

Die Vorkraftgeschwindigkeit betrug 5 mm/min, bei einer Vorkraft von 10 Newton (im Folgenden mit N bezeichnet).

Um die Kraft orthograd einwirken zu lassen, wurde eine Stahlkugel mit 5 mm Durchmesser eingesetzt.

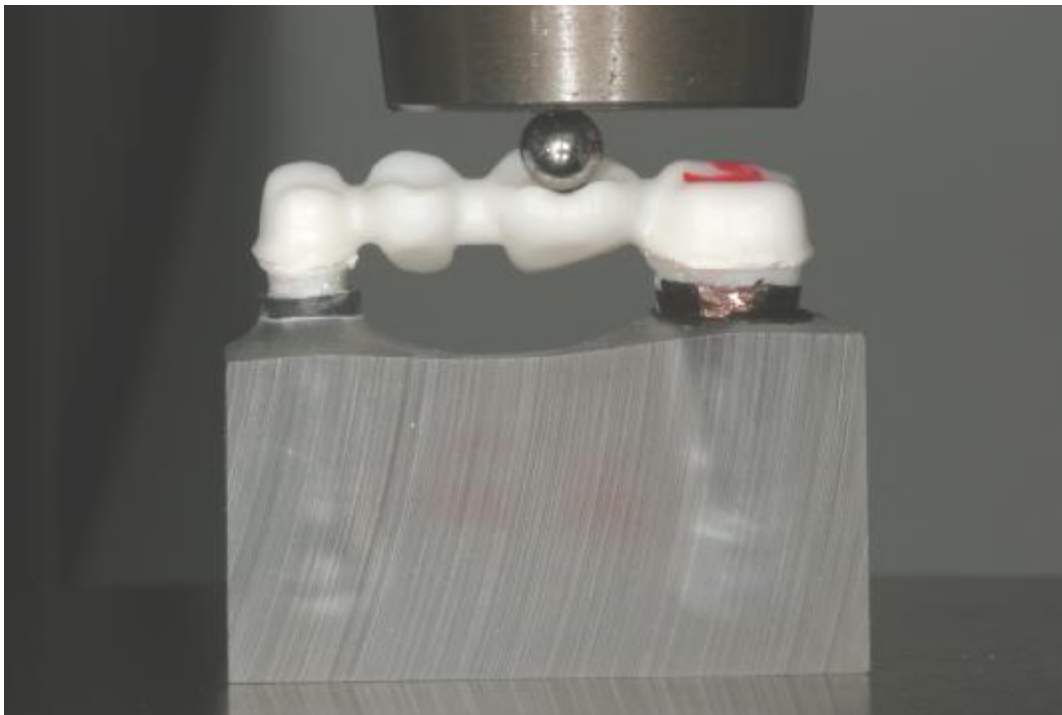


Abbildung 8: Versuchsanordnung für den Drei-Punkt-Biegetest eines LAVA[®]-Gerüsts auf Keramikstümpfen.

4.8 Statistik

Zur statistischen Auswertung wurde das Softwareprogramm „SPSS[®] 13.0 for Windows[®]“ (SPSS GmbH Software, München, Germany) verwendet.

4.8.1 Deskriptive Statistik

Um die Ergebnisse der einzelnen Stichproben quantitativ beurteilen zu können, wurden verschiedene deskriptiv-statistische Parameter ermittelt.

Die Parameter (Anzahl, Minimum, Mittelwert, Median, Maximum, Quartile, Standardfehler der Grundgesamtheit) wurden tabellarisch für alle sechs Stichproben dargestellt.

Alle Probengruppen wurden zur besseren Anschauung grafisch in einer Standard-Boxplot-Darstellung [ADAMCZYK und SPIECHOWICZ 1990, #1] dokumentiert.

4.8.2 Statistische Analyse

Zur statistischen Analyse von signifikanten Unterschieden wurden T-Tests bei unabhängigen Stichproben (T-Test bei zwei Stichproben) durchgeführt. Dieser Test vergleicht die Mittelwerte einer Variablen für zwei Fallgruppen, somit konnten die Bruchlastwerte der verschiedenen Stumpfaufbaumaterialien mit den Ergebnissen der anderen Gruppen direkt verglichen werden. Für jede Gruppe wurde zusätzlich der Levène-Test auf Gleichheit der Varianzen, sowie die deskriptive Statistik angewendet.

Folgende Serien von Vollkeramikbrücken auf verschiedenen Stumpfmaterialien wurden nach 21-tägiger Lagerung in 0,9% NaCl-Lsg untersucht:

- | | |
|---|----------------|
| 1. Serie: Keramikstümpfe ohne Thermocycling= | C o.Th. |
| 2. Serie: Keramikstümpfe mit Thermocycling= | C m.Th. |
| 3. Serie: Metallstümpfe ohne Thermocycling= | B o.Th. |
| 4. Serie: Metallstümpfe mit Thermocycling= | B m.Th. |
| 5. Serie: Kunststoffstümpfe ohne Thermocycling= | R o.Th. |
| 6. Serie: Kunststoffstümpfe mit Thermocycling= | R m.Th. |

Die hier aufgeführten Abkürzungen erfolgen in Anlehnung an die englischsprachige Literatur (C=Ceramic, B=Brass, R=Resign) und werden im weiteren Text zur Vereinfachung beibehalten.

4.8.3 Darstellung der Ergebnisse

Neben der tabellarischen Darstellung aller untersuchter Parameter aller Probenserien, sowie den Ergebnissen aus den Bruchlastuntersuchungen soll zur grafischen Veranschaulichung ein Standard-Boxplot in folgender Weise erstellt werden:

Gruppierung nach Thermocycling/Nicht-Thermocycling und Gruppierung nach dem verwendeten Stumpfmaterial.

Fotos von allen Serien nach erfolgter Bruchlastmessung werden dargestellt.

Die verschiedenen Bruchmechanismen werden anhand von exemplarischen Fotos dokumentiert. Auf die Erstellung des Weibull-Parameters wird verzichtet, da die Probenanzahl innerhalb der sechs Gruppen mit $n=10$ der von MARX und WEBER (2001) geforderten $n=20$ nicht entspricht und somit keine verlässliche Aussage über die Streuung der Ergebnisse getätigt werden kann.