

6. Diskussion

6.1. Allgemeines

In einer optimierten CAD/CAM-Prozesskette sind hochpräzise Restaurationen aus innovativen Materialien in konstanter Qualität bei gleichzeitiger Kostenoptimierung denkbar [60]. Durch eine Restauration soll die frühere Zahnform so natürlich wie möglich wiederhergestellt werden. Die Gestaltung der Okklusalfäche nimmt dabei eine sehr wichtige Position ein. Die anatomischen Strukturen wie Fissuren, Höcker und Randleisten müssen eine funktionelle Einheit bilden, angepasst an die Form der Nachbarzähne und der Antagonisten, um die Stabilität des stomatognathen Systems zu gewährleisten [57].

Eine okklusale Nachbearbeitung der gefrästen Krone wird minimiert durch die neu entwickelte dreidimensionale Anpassung der Kaufläche an den Antagonisten (Vergleich der verschiedenen Rüttelvarianten). Wie die Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung der Bissregistratur und den virtuellen Screenshots zeigen, besteht eine hohe Übereinstimmung der gefrästen mit der virtuell erstellten Krone. Die Bewertung der Kontaktpunkte erfolgte in dieser Arbeit nach strengen Kriterien, die allein durch die Verschiedenartigkeit der vorliegenden Vergleichsbilder nur schwer zu erfüllen waren. *Fasbinder*, der sich auch mit der Problematik „Virtual Grindung vs. Milling“ befasst, konnte ebenfalls hervorragende Ergebnisse beim Vergleich der Kontaktpunkte virtueller mit gefrästen Kronen präsentieren. Er nahm ein Bissregistrat, das anschließend mikroskopisch vermessen wurde. Zusätzlich stellte *Fasbinder* heraus, dass bei der frästechnischen Überführung kein signifikanter Unterschied der Ergebnisse bestand, wenn statt der Standard-Milling-Option das Fast-Milling

verwendet wurde [13]. Wie *Mörmann* und *Bindl* bereits 2000 herausstellten, kann die okklusale Nachbearbeitung auf ein Minimum reduziert werden [42]. *Reich* konnte in einer Studie ebenfalls eine hohe Übereinstimmung der okklusalen Passgenauigkeit von virtueller und gefräster CEREC-Restauration nachweisen [51].

6.2. Schwellenwerte

Vor dem Vergleich des Registrates mit den virtuellen Kauflächen musste zunächst festgelegt werden, welche Bereiche in den Okklusionsregistraten als Kontaktpunkte bewertet werden sollten. Dazu wurde das Registrat mittels einer Software so bearbeitet, dass nur Bereiche einer bestimmten Schichtdicke als Kontaktpunkte im Registrat erschienen. Dazu wurden zwei Schwellenwerte verwendet und verglichen: 1. Kontaktpunkt bei 20µm Registratdicke, 2. Kontaktpunkt bei 50µm Registratdicke.

Es konnte herausgestellt werden, dass ein Vergleich mit Registraten bei Schwellenwert 50µm signifikant mehr Übereinstimmungen zwischen virtueller und gefräster Krone ergab, als bei 20µm. Da die CEREC-Software bei der Farbdarstellung der Kontaktpunkte ebenfalls in Schritten von 50µm arbeitet (Abb. 4.7-1), war dieses Ergebnis zu erwarten.

6.3. Vergleich der Kontaktpunktmuster zwischen virtueller und gefräster CEREC-3D-Krone

Der Vergleich der virtuellen Kauflächen mit denen der gefrästen Kronen ergab eine als hoch zu bewertende Übereinstimmung. Die Übereinstimmung in der Anzahl (77,6%) wurde vor allem negativ beeinflusst durch die Tatsache, dass in der virtuellen Ansicht auch

Kontaktpunkte dargestellt werden, die eine Durchdringung mit dem Antagonisten bedeuten. Diese verhindern in der gefrästen Variante dann als Vorkontakte das Erscheinen schwächerer Kontaktpunkte, die womöglich durch ein Einschleifen der Kaufläche sichtbar würden.

Auffällig war, dass die Übereinstimmung bezüglich der Lokalisation fast den Wert der Übereinstimmung in der Anzahl erreicht. Das bedeutet, dass nahezu alle Kontaktpunkte, die auf der gefrästen Kaufläche vorhanden sind, mit den virtuellen Kontaktpunkten übereinstimmen.

6.4. Unterschiede zwischen Molaren und Prämolaren bzw. Ober- und Unterkiefer

Bei der Untersuchung der Unterschiede zwischen Ober- und Unterkieferzähnen bzw. zwischen Molaren und Prämolaren ergaben die Oberkiefermolaren die besten Ergebnisse. Generell schnitten die Oberkieferzähne besser ab als die Unterkieferzähne, die Prämolaren erzielten weniger Übereinstimmungen als die Molaren. Die Unterschiede zwischen Molaren und Prämolaren sowie zwischen Ober- und Unterkieferzähnen sind jedoch nur Tendenzen und weisen keine statistische Signifikanz auf. Ursächlich könnte sein, dass durch die höhere Kontaktpunktzahl der Molaren (drei bis fünf Kontaktpunkte waren bei der virtuellen Konstruktion angestrebt) eine höhere Wahrscheinlichkeit der Übereinstimmung vorliegt, als bei Prämolaren, bei denen nur zwei bis drei Kontaktpunkte angestrebt waren.

6.5. Fehler in der CAD/CAM-Prozesskette

Die Präzision einer CAD/CAM-gefertigten Restauration wird bestimmt durch die Summe aller Einzelschritte in der Prozesskette. Fehler des Anwenders, die aus der Interaktion mit dem CAD/CAM-

System entstehen, bleiben für die Gesamtpräzision eine schwer fassbare Größe. Die technische Entwicklung minimiert diese Fehler zunehmend, klinische Fehler bleiben bei dieser Betrachtung naturgemäß unberücksichtigt [27].

Die Messergebnisse sind durch verschiedene Größen beeinflussbar. Die Beeinflussbarkeit der Messgrößen beginnt bereits bei der Präparation der Gipsmodelle zur Aufnahme einer Keramikkrone. Werden bestimmte Präparationsrichtlinien nicht eingehalten, so ergeben sich ungünstige Lichtverhältnisse beim Scanvorgang. Zu steile Präparationswände können dazu führen, dass das Messergebnis ungenau wird. Abgeschattete Bereiche können nicht in Informationen eines dreidimensionalen Bildes umgesetzt werden. Weiter enthält die dreidimensionale Abtastung des präparierten Zahnes Freiheitsgrade, die die Passgenauigkeit der Restauration negativ beeinflussen können. *Becker* stellte 1996 das CAC-Verfahren (Computer-Aided Cavity) vor, bei dem die zahnärztliche Präparation nicht mehr manuell ausgeführt wird, sondern durch eine intraoral befestigte, computergesteuerte Fräsvorrichtung. Damit könnten diese Fehlerquellen durch eine automatisierte Kavitätenpräparation vermieden werden [3].

Ungenauigkeiten können auch bei der Bepuderung der Modelle entstehen – die Puderschicht muss in einer möglichst gleichmäßigen Schicht dünn aufgetragen werden. Zu starke oder zu geringe Puderschichten führen zu Artefakten in der dreidimensionalen Darstellung der Präparation.

Die Keramikkrone wurden nach dem Fräsvorgang auf den Gipsstumpf aufgepasst. Durch die Rauigkeit des Gipses und mögliche Puderrückstände sind auch hier Passungenauigkeiten im μm -Bereich nicht auszuschließen.

Schwierigkeiten bei dem Vergleich der Registratbilder mit den Screenshots der virtuellen Kronen ergaben sich dadurch, dass die gefrästen im Gegensatz zu den virtuellen Kronen keine Durchdringung zuließen. Dementsprechend verursachten Vorkontakte auf der gefrästen Krone ein Nichterscheinen von schwächeren Kontaktpunkten, die jedoch in der virtuellen Ansicht dargestellt werden. Das lässt darauf schließen, dass die Umsetzung in die gefräste Krone sogar noch genauer ist, wenn man bei der Konstruktion der virtuellen Krone darauf achtet, dass keine durchdringenden Bereiche vorhanden sind (ausschließlich blaue Flächen und maximal kleine grüne Kontaktpunkte). Weiter ist eine Beurteilung der Kontaktpunkte nicht rein objektiv, sondern zwar anhand von Skalen, aber doch im Ermessen des Untersuchers erfolgt. Eine Beurteilung durch mehrere unabhängige Untersucher würde ein exakteres Messergebnis liefern.