

## 4. Material und Methode

### 4.1. Übersicht

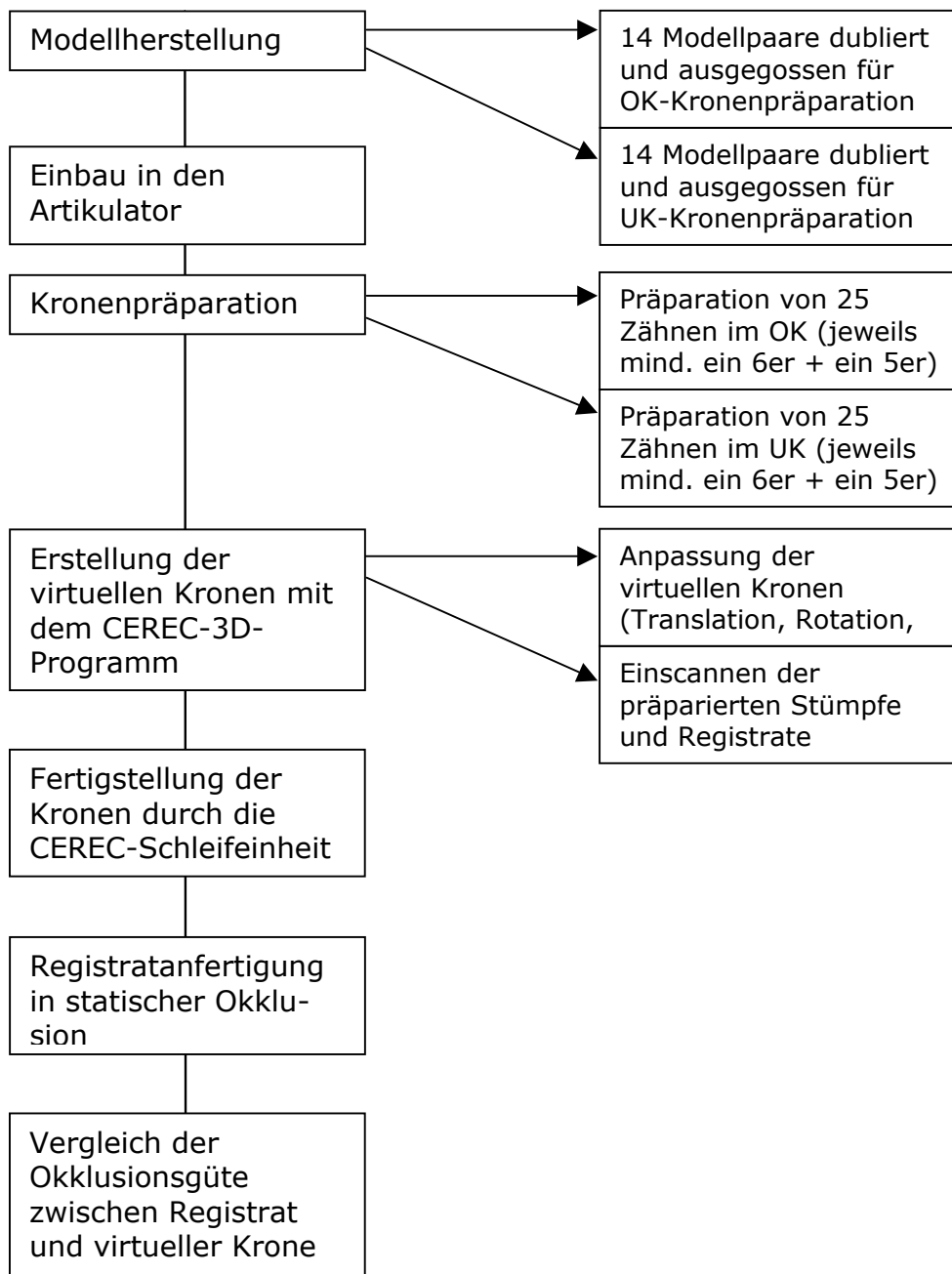


Abb. 4.1-1 Übersicht Vorgehensweise

## 4.2. Verwendete Materialien

**Tab. 4.2-1** Übersicht über die für die jeweiligen Arbeitsgänge verwendeten Materialien und deren Hersteller

	<b>Materialien</b>	<b>Hersteller</b>
<b>Modellherstellung</b>	Weiton-Sil® Dublier- masse: dünnfließende Präzisions-Dubliermasse für die Dublierung von Gipsmodellen, basierend auf additionsvernetzen- den Vinylsilikonen  Kieferorthopädischer Hartgips, weiß, Klasse III	Fa. Johannes Weithas, Lütjenburg  Fa. Wiegelmann Dental GmbH, Bonn
<b>Artikulator</b>	Protar 7, volljustierbarer Arcon-Artikulator	Fa. KaVo Dental GmbH, Biberach/Riß
<b>Kronenpräparation</b>	Diamantierte Schleifkör- per, Rotring-Walze und -Football  Skalpell	Fa. Komet Group GmbH, Besigheim  Henry Schein Dental De- pot GmbH, Langen
<b>Bissnahme</b>	Futar® D, Futar® RetarD: additionsvernetzendes Polyvinylsiloxan mit ho- her Endhärte	Fa. Kettenbach GmbH & Co. KG, Eschenburg
<b>Puderung</b>	CEREC-Scan® Puder, Met-L® Feinmechanik- puder	Fa. Sirona GmbH, Bens- heim

<p><b>Schleifvorgang</b></p>	<p>Diamantierte Schleifkörper für die CEREC-Schleifeinheit: 1,6mm Kegel-Diamant mit 6° Öffnungswinkel, 1,6mm Zylinder-Diamant – Körnung 64µm Feldspat-Keramik-blöcke Vitablocs® Mark II(I 14)</p>	<p>Fa. Sirona GmbH, Bensheim  VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH &amp; Co. KG, Bad Säckingen</p>
<p><b>Nachbearbeitung der Kronen</b></p>	<p>Multifunktionswerkzeug mit diamantiertem Schleifkörper</p>	
<p><b>Computersoftware</b></p>	<p>CEREC-3D Version 2.30 R1616 Adobe Photoshop CS Microsoft Word + Excel SPSS Version 11.5.1 HP Deskjet Scan II</p>	<p>Fa. Sirona GmbH, Bensheim Adobe® Microsoft® SPSS Inc. ® Hewlett Packard®</p>

### 4.3. Vorbereitung

#### 4.3.1. Auswahl geeigneter Modelle

Aus dem Modellbestand des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde wurden 14 Modellpaare nach bestimmten Kriterien ausgewählt. Es sollten für jeden „Patienten“ jeweils mindestens ein 6er und ein 5er präpariert werden. So wurden die Modelle nach Vorhandensein, Stellung und Präparationsfähigkeit der genannten Zähne ausgewählt.

### **4.3.2. Dublieren der Modelle**

Da die Archivmodelle durch eine Kronenpräparation nicht beschädigt werden sollten, wurden sie dubliert. Dazu wurden Silikonformen der Modelle aus einer dünnfließenden Silikon-Dubliermasse, basierend auf additionsvernetzenden Vinylsilikonen, erstellt. Die so entstandenen Negativformen wurden nach Ablauf der Abbinde- und Rückstellzeit mit weißem kieferorthopädischem Hartgips der Klasse III ausgegossen.

### **4.3.3. Einartikulation der Modelle**

Die erstellten Modelle wurden mittelwertig in einen Arcon-Artikulator (KaVo Protar 7) mittels einer Flügelwaage einartikuliert.

Die Flügelwaage wurde an der Oberkiefer-Artikulatorplatte befestigt und das Unterkiefermodell mit einem Gummi an ihr fixiert sowie die Modellmitte entsprechend der Artikulatormitte ausgerichtet. Das Unterkiefermodell wurde mit seinen Zahnreihen parallel zur Kauenebene orientiert, d.h. der Inzisanzeiger der Flügelwaage wies auf den Inzisalpunkt (Berührungspunkt der Schneidekanten der beiden mittleren, unteren Inzisivi), gleichzeitig schlossen die distobuccalen Höcker der Zähne 37 und 47 mit den Seitenkanten der Flügelwaage ab. Mit schnellabbindendem Abformgips wurde das Unterkiefermodell in dieser Position im Artikulator befestigt.

Das Oberkiefermodell wurde bestmöglich in maximaler Interkuspidation dem Unterkiefermodell zugeordnet und ebenfalls einartikuliert.

Für die Parameter Bennett-Winkel, Side-Shift oder Kondylenbahnneigung wurden individuelle Einstellungen vorgenommen. Sie wurden so angepasst, dass ein harmonisches Gleiten aus der IP (Inter-

kuspidationsposition) mit Front-Eckzahn-Führung bzw. unilateral balancierter Okklusion erzielt wurde.

#### **4.4. Kronenpräparation**

Die gewählten Zähne sollten nun am Gipsmodell für die Aufnahme einer Keramikkrone vorbereitet werden. Für die Kronenpräparation wurden diamantierte Schleifkörper (Rotring-Zylinder, Kante rund, und Rotring-Football) verwendet. Als Präparationsform wurde die Stufenpräparation mit innen abgerundeter Kante gewählt. Die klinische Haltbarkeit wird zum einen bestimmt von den physikalischen Eigenschaften der Keramik, jedoch auch von der Geometrie der Restauration. Die Präparation erfordert mehr Zahnhartsubstanzauftrag, um die Frakturgefahr der Keramik zu verringern. Es wird eine zirkuläre Stufe mit abgerundeter Innenkante oder eine ausgeprägte Hohlkehle – beide jeweils mit einer Breite von 1,2mm – empfohlen. Eine okklusale Reduktion von 1,5mm bis 2mm ist erforderlich. Der Konvergenzwinkel  $\alpha/2$  sollte zwischen  $3^\circ$  und  $5^\circ$  betragen. Scharfe Kanten oberhalb der Präparationsgrenze müssen abgerundet werden, um Spannungsspitzen in der Keramik zu vermeiden [45]. Untersuchungen belegen, dass weder die Hohlkehlpäparation noch die Stufenpräparation mit 0,8 bzw. 1,2mm die Festigkeit einer vollkeramischen Krone wesentlich beeinflussen [36].

Es erwies sich als notwendig, die Stümpfe mittels eines Skalpell von den Nachbarzähnen zu separieren, da sich an den Gipsmodellen im Bereich der Approximalkontakte kein eindeutiger Kronenrand darstellen ließ.

## 4.5. Erstellung der virtuellen Kronen

Um die Kronen mit einer an den Antagonisten angepassten Okklusion virtuell im Cerec-3D-System erstellen zu können, sind Bissregistrat im Bereich der präparierten Stümpfe notwendig. Wie in Kapitel 3.4. bereits erwähnt, kann sowohl ein FGP-Registrierat, als auch ein Schlussbissregistrierat genommen werden. Beide Varianten weisen Vor- und Nachteile auf. Das FGP-Registrierat ermöglicht eine Konstruktion der Krone unter Elimination funktioneller Störkontakte, wobei jedoch eine sichere Schlussbissverzahnung nicht sichergestellt werden kann. Durch Zugrundelegen eines Schlussbissregistrats hingegen können die Schlussbisskontakte zwar erhalten werden, jedoch ohne Berücksichtigung des funktionellen Bewegungsmusters, wodurch ein Einschleifen der Artikulation notwendig wird. Durch die Kombination beider Registratrate kann eine gesicherte Verzahnung unter Berücksichtigung der funktionellen Bewegungsfreiheit erreicht werden [54]. Bei der Durchführung dieser Studie wurde sich auf das statische Registrierat beschränkt, um die Übereinstimmung der virtuellen Kaufläche mit der gefrästen in statischer Okklusion zu evaluieren.

Zur Bissregistrierung wurde das additionsvernetzende Polyvinylsiloxan Futar® D verwendet. Es weist eine sehr hohe Endhärte auf, wodurch die erforderliche Biegestabilität der Registratrate gegeben ist. Die Registratrate mussten vor dem Scannen mit einem Skalpell approximal getrimmt werden, sodass die Nachbarzähne bei auf den Stumpf aufgelegtem Registrierat von der 3D-Kamera von okklusal mit erfasst werden konnten. Dieses Vorgehen ermöglicht dem CEREC-3D-System die Zuordnung mehrerer aufgenommener Bilder anhand von übereinstimmenden Strukturen.

### 4.5.1. Einscannen der präparierten Stümpfe und Registerate

Zum Erstellen einer virtuellen Ansicht des Stumpfes wurden die präparierten Stümpfe eingescannt. Die genommenen Futar-D-Registerate wurden mit exaktem Sitz auf dem Stumpf repositioniert und ebenfalls eingescannt.

Es wurden für alle Kronen die vom CEREC-Programm vorgegebenen Standardparameter (Tab. 4.5-1) verwendet.

**Tab. 4.5-1** Standardparameter in der CEREC-3D-Software

Proximal Contacts Strength	0 µm
Occlusal offset	0 µm
Emergence profile	0
Margin thickness	0 µm
Veneer thickness	500 µm
Adhesive gap	0 µm
Spacer	0 µm
<i>inLab</i>	
Scan Stepp width	3
Veneering thickness	1.0 mm
Gingival spacing	0.5 mm
Wax Up wall thickness	0.7 mm

Vor dem Einscannen war es erforderlich, sowohl den Stumpf als auch die Nachbarzähne mit einer dünnen, opaken Titandioxid-Puderschicht zu bedecken. Der transluzente Zahnschmelz „verschluckt“ das auf die Präparation projizierte Messmuster, wodurch die 3D-Kamera es nicht mehr erkennen kann [39]. Sie benötigt zum korrekten

Erfassen aller Bereiche eine nicht spiegelnde, diffus reflektierende Oberfläche. [25, 63]. Es war eine möglichst dünne gleichmäßige Schichtdicke des Puders anzustreben.

Die 3D-Kamera wurde okklusal über dem Stumpf ausgerichtet und der betreffende Bereich eingescannt, anschließend das zurechtgeschnittene Registrat auf dem Stumpf platziert, ebenfalls gleichmäßig dünn bepudert und vom Scanner erfasst. Der Software ist es möglich, ein virtuelles Modell des Stumpfes und der Nachbarzähne aus den durch das Scannen gewonnenen Daten zu erstellen.

Anschließend wurde das virtuelle Registrat getrimmt, d.h. alle unwesentlichen oder gar störenden Anteile und Artefakte eliminiert, sodass nur noch der für die Kronenerstellung erforderliche okklusale Bereich des Registrates übrig blieb. Dies geschah mit Hilfe der Option „Design“ → „Correct optical impressions...“ → „Cut laterally“. Im Folgenden wurde das virtuelle Stumpfmodell getrimmt, d.h. die Nachbarzähne entfernt, um eine bessere Sichtkontrolle bei der Festlegung der Präparationsgrenze zu erreichen. Die Festlegung der Präparationsgrenze erfolgt im CEREC-3D-Programm sehr automatisiert: Nach Angabe eines Startpunktes erkennt der sogenannte automatische Kantenfinder die Präparationsgrenze und macht nur sehr geringe Korrekturen erforderlich.

Es wurde eine der vorgegebenen Kauflächenmorphologien (für diese Untersuchung Vita Physiodens) ausgewählt. Das CEREC-3D-Programm erstellt nun eine sogenannte „Musterkrone“.

### **4.5.2. Bearbeitung der erstellten Musterkronen**

Es war unbedingt erforderlich, die erstellten Musterkronen in mehreren Parametern zu korrigieren. Allerdings wurde angestrebt, möglichst wenig manuelle Korrekturen vorzunehmen.



Überwiegend wurden die virtuellen Bearbeitungsinstrumente „Position“, „Rotate“ und „Scale“ eingesetzt. Mit dem Position-Instrument kann die Krone innerhalb der Zahnreihe in mesiodistaler und buccolingualer Richtung ausgerichtet werden. Die Rotate-Funktion ermöglicht eine Drehung um drei vorgegebene Achsen, um die Krone an die Neigung der Nachbarzähne anzupassen. Mit „Scale“ können definierte Bereiche der Krone (Höckerspitzen, Randleisten, Fissuren etc.) in Höhe und Lage verändert werden. In wenigen Fällen war auch eine Verwendung von Edit nötig – allerdings nur, um die äußere Gestaltung der Krone geringfügig anzupassen. Das Edit-Tool ermöglicht dem Behandler, selbst bestimmte Hilfslinien festzulegen (äußere Wölbung des Zahnes, Form der Fissur etc.). Ziel der Bearbeitung war, die Krone **vor** Verwendung des speziellen Settlingtools so anzupassen, dass übermäßige Vorkontakte beseitigt wurden (möglichst gelb eingefärbte Kontaktpunkte, Erklärung der Farbcodierung in Abb. 4.7-1) und die Krone in der Zahnreihe und entsprechend der Zahnachse in Orientierung an die Nachbarzähne korrekt ausgerichtet war.

Nach der manuellen Bearbeitung der Musterkrone kam das „Settlingtool“ zum Einsatz.

#### **4.5.3. Anpassung der bearbeiteten Musterkrone an den Antagonisten – Verwendung des „Settlingtools“**

Das sogenannte Settlingtool („Okklusales Settling“) als zusätzliches Software-Add-On ermöglicht dem Behandler eine noch bessere Anpassung der Kaufläche der Krone an ihren Antagonisten. Die Krone wird unter Verwendung derselben Funktionen, die dem Behandler auch für die manuelle Veränderung der Kronenmorphologie zur Verfügung stehen, in die Kaufläche des Antagonisten „eingerüttelt“. Nach *Kordaß* und *Späth* kann man sich diesen Vorgang als eine Art

„3. Zahnung/Zahnentwicklung“ vorstellen, bei der die Krone an den Antagonisten angenähert und eingestellt wird [23, 65]. Hierbei standen uns zwei Möglichkeiten zur Verfügung: Der Behandler konnte festlegen, ob die gesamte Kaufläche oder jeder Höcker einzeln an den Antagonisten angepasst werden soll.

Es wurden drei verschiedene Varianten des okklusalen Settlings angewandt, um die bestmögliche Kaufläche zur Überführung in Keramik festzulegen:

- Die gesamte Kaufläche wurde an den Antagonisten angepasst („Fit occlusion to antagonist“) (Variante A).
- Die Höcker wurden an den Antagonisten angepasst („Fit cusps to antagonist“) (Variante B).
- Kombination: Zunächst wurde die gesamte Kaufläche angepasst, dann erfolgte – ohne manuelle Änderungen vorzunehmen – die Anpassung der Höcker an den Antagonisten (Variante AB).

Um die Variante zu bestimmen, die die geeignetste Okklusalfäche bezüglich der Anordnung, Größe und Anzahl der Kontaktpunkte aufweist, wurde eine Güteskala erstellt, mit der deren Qualität bewertet wurde (Tab. 4.5-2).

**Tab. 4.5-2** Güteskala zur Bewertung der Okklusionsgüte der Rüttelvarianten

<b>sehr gut</b>	1	Gleichmäßig kleine grüne Kontaktpunkte mit funktionell guter Lage <sup>1</sup> und Anzahl <sup>2</sup>
<b>gut</b>	2	Gleichmäßig kleine grüne und grüngelbe Kontaktpunkte mit funktionell guter Lage <sup>1</sup> und Anzahl <sup>2</sup>
<b>mittelmäßig</b>	3	Mittlere grüngelbe oder kleine rotgrüngelbe Kontaktpunkte (verschiedene Größen) mit funktionell ungünstiger Lage <sup>1</sup> und Anzahl <sup>2</sup> Keine echten Kontaktpunkte → nur blaue Annäherungsflächen, jedoch mit günstiger Lage <sup>1</sup>
<b>unterdurchschnittlich</b>	4	Große rotgelbgrüne Kontaktpunkte, Lage <sup>1</sup> und Anzahl <sup>2</sup> akzeptabel
<b>schlecht</b>	5	Große rotgelbgrüne Kontaktpunkte, Lage <sup>1</sup> und Anzahl <sup>2</sup> ungünstig
<sup>1</sup> = Lage günstig auf Höckerabhängen/Randleisten (tripodische Abstützung), ungünstig (keine tripodische Abstützung) <sup>2</sup> = Anzahl der Kontaktpunkte optimal bei Prämolaren: 2-3, optimal bei Molaren: 3-5		

#### 4.6. Fräsung und Nachbearbeitung der Kronen

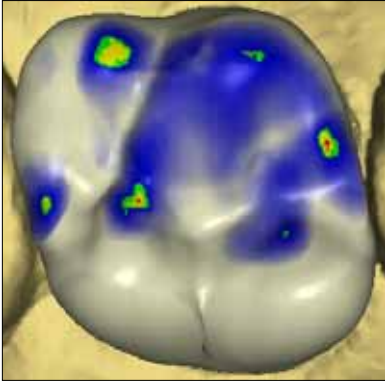
Die virtuellen Kronen (Settlingvariante AB), insgesamt 50, wurden nach Anwendung des Rütteltools durch die Schleifeinheit in Vollkeramikronen überführt. Dazu wurden Keramikblöcke des Typs Vitablocs® Mark II der Größe I 14 verwendet. Die Schleifeinheit arbeitete mit zwei Diamanten: einem Kegel-Diamanten mit einem Öffnungswinkel von 6° und einem Zylinder-Diamanten, beide mit ei-

nem Durchmesser von 1,6 mm und einer Körnung von 64 µm. Die Fräsung der Kronen erfolgte vollkommen automatisiert durch die CEREC-Schleifeinheit.

Die hergestellten Kronen wurden so auf das Gipsmodell aufgepasst, dass eine Okklusionsstörung bedingt durch Störfaktoren im Kroneninnern auf ein Minimum verringert wurde. Die Nachbearbeitung zur Aufpassung erfolgte dabei nur von zervikal, die Okklusionsfläche wurde nicht verändert. Das Beschleifen der Kronen wurde mit einem Diamantschleifkörper unter Wasserkühlung vorgenommen.

#### 4.7. Auswertungsmethodik zur Beurteilung der Okklusionsgüte

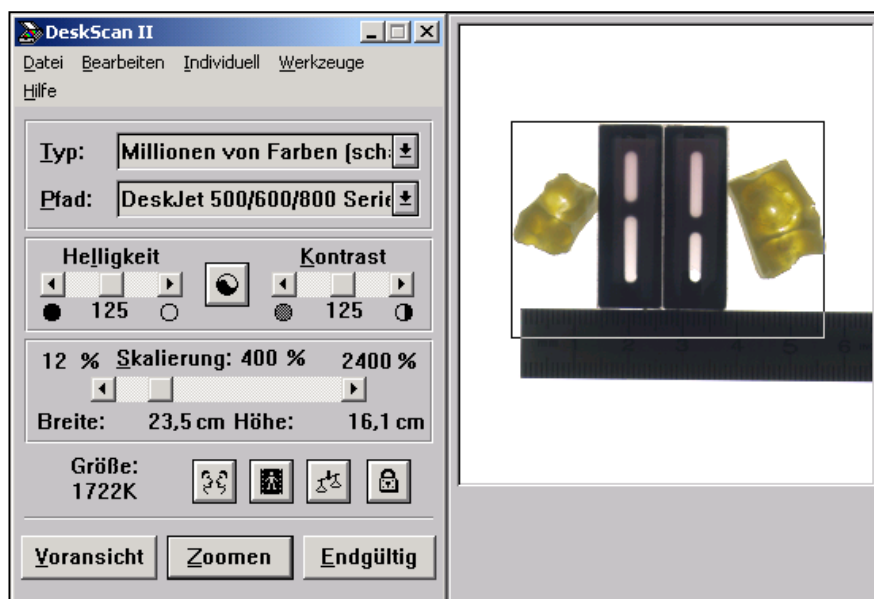
Wird im CEREC-Programm die Schaltfläche „Contact“ betätigt, so lassen sich die Kontaktpunkte zur Gegenbezahnung und zu den Nachbarzähnen in ihrer Stärke und Ausdehnung anzeigen. Die Stärke der Kontaktpunkte wird gemäß den Angaben des Herstellers (Fa. Sirona, Bensheim) durch das in Abb. 4.7-1 dargestellte Farbschema deutlich [54, 64].

<p>blau: 0–1mm Abstand zum Nachbarzahn/Antagonisten (je größer die Fläche, umso geringer der Abstand zum Gegenzahn)</p>	 <p><b>Abb. 4.7-1</b> Unterschiedlich starke Kontaktpunkte, durch Farbschema kodiert</p>
<p>grün: Durchdringung 0–50µm</p>	
<p>gelb: Durchdringung 50–100µm</p>	
<p>rot: Durchdringung &gt;100µm</p>	

Um das tatsächliche Kontaktflächenmuster der gefrästen Kronen mit dem virtuell sichtbaren Kontaktflächenmuster vergleichen zu können, muss dieses sichtbar gemacht werden.

#### 4.7.1. Aufsicht-/Durchlicht-Scannen

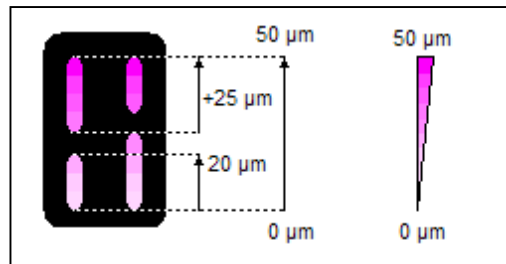
Im Bereich der Krone wurde im Artikulator ein Registrat mit Futar<sup>®</sup> D bzw. Futar<sup>®</sup> RetarD in statischer Okklusion angefertigt. Dieses Registrat wurde dann mithilfe eines Scanners (Hewlett Packard ScanJet) und dem dazugehörigen Programm „HP Deskjet Scan II“ jeweils mit Durch- und Aufsicht eingescannt. Dazu waren die in Abb. 4.7-2 aufgeführten Einstellungen zu verwenden.



**Abb. 4.7-2** Verwendete Einstellungen zur Erstellung der Registratbilder

Das Registrat wurde zusammen mit einer speziell angefertigten Blende auf den Scanner gelegt. Diese Blende besteht aus einem Kunststoffkörper, in den eine Folie eingearbeitet ist. Diese Folie weist eine kontinuierliche Dickenzunahme von 1 bis 50µm auf. An-

hand der Trennungsfenster in der Folie lässt sich eine Aussage machen, bis zu welcher Strecke der Blende welche Dicke der Folie erreicht ist (Abb. 4.7-3). Dies ist wichtig für die Weiterverarbeitung des gescannten Bildes.



**Abb. 4.7-3:** Blende mit Indikatorfolie mit zunehmender Stärke

Die Blende dient bei der weiteren Bearbeitung mit einem Grafikprogramm als Referenz zum Festlegen der Stärke der Kontaktpunkte. Die Blende und ein Lineal zur Festlegung des Maßstabes des gescannten Bildes wurde zusammen mit dem Registrat auf das Bild gelegt und eingescannt.

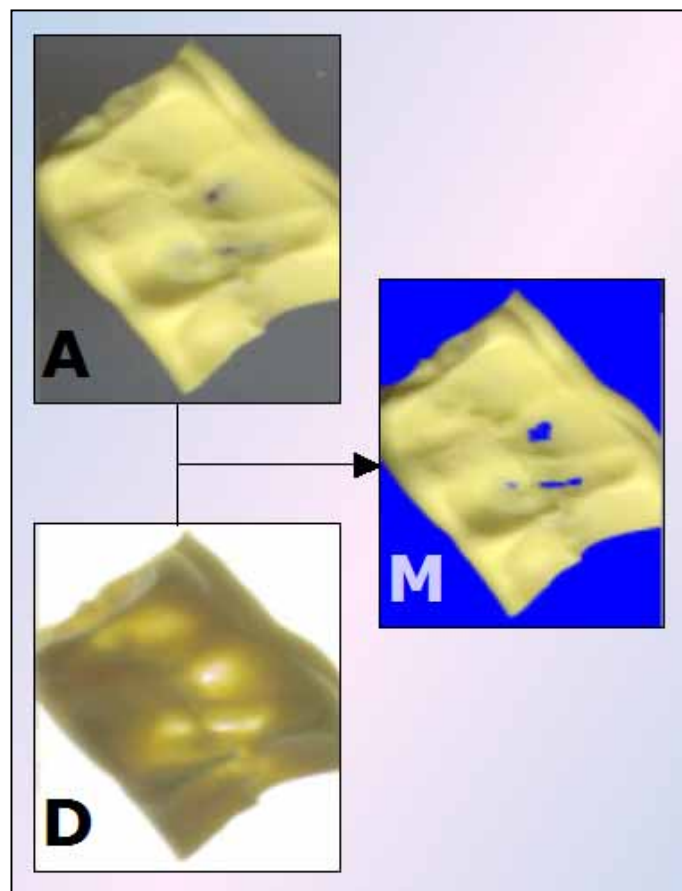
#### 4.7.2. Bearbeitung in Adobe Photoshop

Nach dem Einscannen wurde das Bild in einem geeigneten Bildbearbeitungsprogramm (Adobe Photoshop 6.0) weiterbearbeitet.

Im gescannten Durchlichtbild des Registrates wurde der Kontrast in Photoshop unter Verwendung der Option „Bild“ → „Einstellungen“ → „Schwellenwert“ verstärkt, indem die Farben des Bildes auf Schwarz und Weiß reduziert wurden. Der Schwellenwert ließ sich so regulieren, dass nur noch ein bestimmter Bereich der zusammen mit dem Registrat eingescannten Blende als weiß sichtbar war. Somit wurde die Festlegung getroffen, dass eine Kontaktfläche sich im Registrat nur darstellt, wenn die Stärke des Registrates unter 20µm bzw. als zweite Variante unter 50µm liegt. Die schwarz dargestellten

Bereiche des Registrats wurden nunmehr mit Hilfe des Zauberstab-Tools angewählt und in das Auflichtbild eingefügt. Alle aus der Auswahl herausfallenden Bereiche ließen sich mit einem Spezial-Tool (erstellt von Dr. Christian Gärtner, Greifswald) farbig hinterlegen und somit eindeutig sichtbar machen.

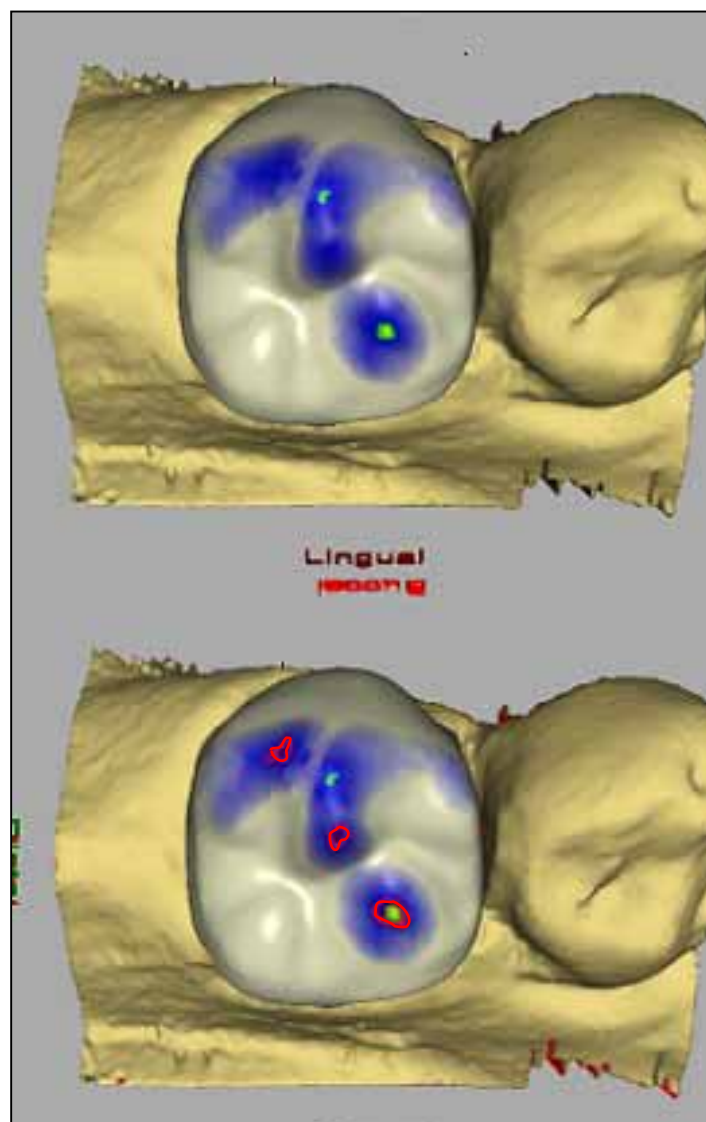
Dieses Vorgehen ist als das GEDAS – Greifswald Digital and Analyzing System bekannt. Mit ihm lassen sich Kontaktpunkte in Okklusionsregistraten mit einer definierten Schichtdicke sichtbar machen [18, 19]. In Abbildung 4.7-4 ist das Prinzip des GEDAS verdeutlicht: Bild A zeigt ein Auflichtbild des Registrates, Bild D dasselbe Registrat im Durchlicht. In Bild M sind Auf- und Durchlichtbild „gematcht“ und die vorhandenen Kontaktpunkte farbig hinterlegt.



**Abb. 4.7-4:** GEDAS – Greifswald Digital and Analyzing System

### 4.7.3. Bearbeitung der Screenshots in Photoshop

Beim Vergleich der Registrare mit den virtuellen Kronen viel auf, dass in einigen Fällen auch blaue Kontaktflächen auf den Kronen im dazugehörigen Registrat als Kontaktpunkte imponierten und – im umgekehrten Fall – blaue Kontaktflächen auf der virtuellen Krone sich im Registrat nicht als Kontakte darstellten.



**Abb. 4.7-5** CEREC-3D-Krone; oben: vor der Bearbeitung in Photoshop, unten: nach Einzeichnung der mit Hilfe des Schwellenwertes ermittelten Flächen (rote Kontur)



Die blauen Bereiche zeigen, je nach Sättigung der Farbe, eine unterschiedliche Nähe der Zähne zueinander an. So wurde mit Hilfe eines Screenshots der virtuellen Krone und Festlegung eines Schwellenwertes in Photoshop eine Grenze festgelegt, bei welcher Sättigung eine blaue Kontaktfläche als potentieller Punkt im Registrat gilt. Diese Grenze wurde beim Schwellenwert 30 festgelegt. Die Grenzen der ausgewählten Bereiche wurden konturiert und Screenshot (Abb. 4.7-5) und Registrat miteinander verglichen.

#### **4.7.4. Vergleich der Kontaktpunktmuster Cerec-3D-Screenshot/Registrat**

Zum Vergleich der Kontaktpunktmuster wurden zum einen die CEREC-Screenshots mit den festgelegten konturierten Kontaktpunkten verwendet, zum anderen die Registratbilder mit den durch das GEDAS festgelegten Kontaktbereichen. Die Vergleichsparameter, nach denen die Kauflächen beurteilt wurden, sind ihre Anzahl, ihre Lokalisation, die Größe sowie die Form der Kontaktpunkte.

Bei der Bestimmung der Anzahl der Kontaktpunkte im CEREC-Screenshot wurden sowohl „echte“ Kontaktpunkte (grüne, gelbe, rote) als auch blaue Kontaktflächen mit einer durch Bestimmung des Schwellenwertes festgelegten Kontur miteinbezogen. Zur Beurteilung der Lokalisation war entscheidend, ob die zu vergleichenden Kontaktpunkte auf denselben anatomischen Strukturen des Zahnes liegen (Höckerspitzen und -abhänge, Randleisten). Die Größe und Form der Kontaktpunkte wurde als Übereinstimmung gesehen, wenn das Verhältnis der Kontaktpunkte zum Zahn bzw. untereinander übereinstimmte. Eine mathematische Berechnung der Größe als Flächeninhalt erwies sich als unvorteilhaft, da das Datenmaterial (die Grafiken CEREC-Screenshot und Registratbild) zu verschiedene Auflösungen aufwies. Dadurch zeigte ein Größenvergleich durch Auszählung der Pixel zu große Differenzen zwischen Registratbild und

Screenshot. So wurde der Vergleich rein visuell in Orientierung an die Relation zu benachbarten Strukturen. Ebenso wurde bei der Form der Kontaktpunkte eine rein visuelle Entscheidung getroffen. Die Orientierung erfolgte hier nach bestimmten Grundformen (rund, oval, dreieckig, nierenförmig, länglich etc.). Die Größe der Kontaktpunkte wurde mittels einer Größenskala abgestuft. Die Tabelle 4.7-1 gibt eine Übersicht über die Entscheidungskriterien für die einzelnen Parameter.

**Tab. 4.7-1** Entscheidungskriterien zur Bewertung der Übereinstimmung für die Parameter Lokalisation, Größe und Form

<b>Lokalisation</b>	Lage der Kontaktpunkte auf gleichen anatomischen Strukturen	0 = keine Übereinstimmung 1 = Lage auf der gleichen anatomischen Struktur im Registrat wie im virtuellen Bild
<b>Größe</b>	Größenskala	0 = keine Übereinstimmung (mehr als doppelt so groß/so klein) 1 = um mehr als die Hälfte kleinerer Kontaktpunkt im Registrat 2 = gleich großer Kontaktpunkt im Registrat 3 = um mehr als die Hälfte größerer Kontaktpunkt im Registrat
<b>Form</b>	Grundform (rund, oval, andere)	0 = keine Übereinstimmung 1 = Übereinstimmung

#### 4.7.5. Statistische Auswertung - Methodik

Die statistische Auswertung der gewonnenen Daten wurde mit dem Programm SPSS 11.5 vorgenommen. Dazu wurden die Messwerte aus dem Programm Microsoft Excel in SPSS importiert.

Zur deskriptiven Darstellung der Unterschiede der Ergebnisse bezüglich der Schwellenwerte wurden Mittelwert und Median, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie die Varianz angegeben. Die Unterschiede zwischen virtueller und gefräster Krone sind in Häufigkeitstabellen dargestellt.

Es gibt mehrere Tests, mit denen ermittelt werden kann, ob die Beziehung zwischen zwei Variablen signifikant ist. Da bei dem Vergleich der beiden Schwellenwerte (20 und 50 $\mu$ m) Hypothesen zur Häufigkeitsverteilung von Merkmalen vorliegen, kamen Kreuztabellen, der Chi-Quadrat-Test sowie der Wilcoxon-Test und der McNemar-Test zum Einsatz.

Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,001$  wurde der Unterschied als signifikant bezeichnet.