

# Entwicklung einer Verfahrenskette für die Herstellung von individuellen, auf den Patienten bezogenen, Sofortimplantaten für den Einzelzahnersatz

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

**Diplom-Ingenieur/in**

im Rahmen des Studiums

**Medizinische Informatik**

eingereicht von

**Daniela Fürst, Bakk. techn.**

Matrikelnummer 0225524

an der  
Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien

Betreuung

Betreuer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Gerhard

Wien, 20.11.2011

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift Verfasserin)

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift Betreuer)

## ERKLÄRUNG ZUR VERFASSUNG DER ARBEIT

Daniela Fürst  
Bauernhöfe 24, 2802 Hochwolkersdorf

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit - einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen -, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

## KURZFASSUNG

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Prozesskette zur Automatisierung eines auf den Patienten bezogenen Sofortimplantats für den Einzelzahnersatz.

Dieses individualisierte Zirkoniumimplantat steht klar in Konkurrenz zu herkömmlichen Titanimplantaten. Allerdings ist die derzeitige Fertigung des Sofortimplantats aufgrund der manuellen Bearbeitung sehr aufwendig, daher soll die Fertigung dieses Implantats automatisiert werden.

Zuerst ist es erforderlich den zuvor extrahierten Zahn, der als Vorlage für die Erzeugung des individualisierten Zirkoniumoxid-Sofortimplantats dient mittels 3D-Scanner zu erfassen, wobei hier die Genauigkeit des Scanners eine entscheidende Rolle spielt. Weiters werden per CAD-Software auf dem Implantat sogenannte Makroretentionen aufgebracht und der Kronenstumpf angepasst. Anschließend wird das CAD-File (vorzugsweise als STL-Datei) an eine CNC-Fräsmaschine geschickt, mit dem das Zirkoniumoxid-Implantat dann hergestellt wird und folglich implantiert werden kann.

Ein Überblick über die am Markt befindlichen 3D-Scanner, CAD-Software und Fräsmaschinen zeigt die vielseitigen Möglichkeiten diese Prozesskette zu automatisieren.

Als Ergebnis dieser Arbeit werden die einzelnen Produkte der Prozesskette bewertet und ausgewählt. Schlussendlich folgt die Kostenschätzung für die Umsetzung dieser automatisierten Prozesskette.

## ABSTRACT

The aim of this thesis is the development of the process chain for automation of an individualised zirconia implant for immediate single tooth replacement.

This individualised zirconia implant competes with the conventional titanium implant. However the current manufacturing of the individualised implant is very time-consuming because of the manual customisation, it is essential to automatise this production step.

First of all it is necessary to realise the 3D-data of the extracted tooth, which is the sample for the fabrication of the individualised implant with a scanner, where the accuracy of the scanner is a defining factor.

By using a CAD-software it is possible to design the macro-retentions and reduce the crown stump. Afterwards the CAD-File (preferable a STL-File) will be sent to a CNC-milling-machine wherewith the individualised zirconia implant will be manufactured and finally will be ready for implanting.

An overview of the devices (3D-scanner, CAD-software and milling machine) on the market will show the various possibilities to automatise this process chain.

As a result of this thesis the single products of the process chain will be evaluated and selected. Finally this is followed by the estimated costs for the realisation of this automated process chain.

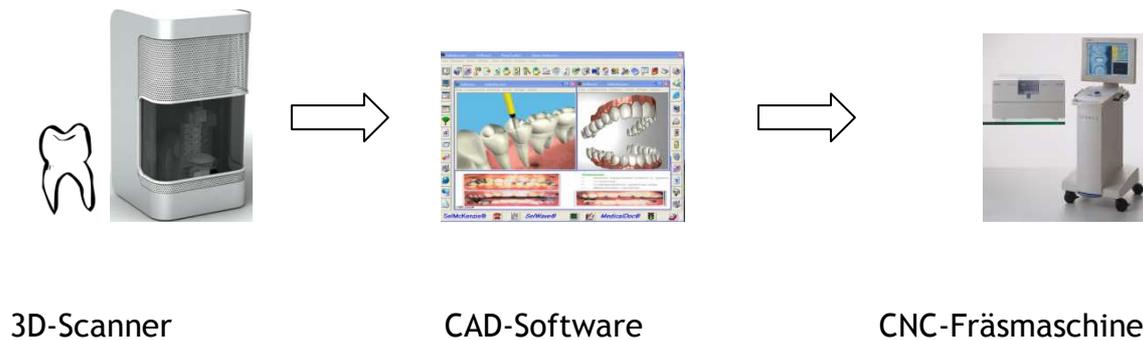
# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>3D-SCANNER.....</b>	<b>2</b>
2.1	TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER VERSCHIEDENEN SCANNER-VERFAHREN .....	2
2.1.1	BERÜHRUNGSLOSE SCANNER.....	2
2.1.1.1	LASER TRIANGULATION .....	2
2.1.1.2	STREIFENLICHTPROJEKTION .....	2
2.1.2	BERÜHRUNGSORIENTIERTE SCANNER.....	3
2.1.2.1	TOUCH PROBE 3D-SCANNER.....	3
2.1.2.2	MECHANICAL PROBE 3D-SCANNER .....	4
2.2	SICHTUNG AM MARKT BEFINDLICHER SCANNER .....	6
2.2.1	AUSGESCHIEDENE SCANNER.....	6
2.2.1.1	SHAPEGRABBER A1310 .....	6
2.2.1.2	ESCAN.....	6
2.2.1.3	ZFX SCAN.....	7
2.2.1.4	CYRTINA SCANNER .....	7
2.2.2	DENTALSCANNER – GESCHLOSSENE SYSTEME.....	8
2.2.3	BEWERTETE DENTALSCANNER .....	9
2.2.4	BEWERTETE REVERSE ENGINEERING-SCANNER .....	15
2.3	AUSWAHL EINES 3D-SCANNER.....	16
<b>3</b>	<b>MODULATION.....</b>	<b>17</b>
3.1	ZAHNIMPLANTATE.....	17
3.1.1	GRUNDLAGEN - ZAHNIMPLANTATE.....	17
3.1.2	GESCHICHTE DER ZAHNIMPLANTOLOGIE .....	18
3.2	DEFINITION DER KRITERIEN FÜR RETENTIONEN .....	19
3.2.1	FRÜHERE IMPLANTATE - ENTWICKLUNG.....	19
3.2.2	HEUTIGE IMPLANTATE .....	20
3.2.3	INDIVIDUALISIERTES ZAHNIMPLANTAT .....	21
3.2.4	BEHANDLUNGSABLAUF.....	23
3.3	DERZEITIGER STAND DER CAD-SOFTWARE .....	25
3.3.1	EINLEITUNG – CAD-SOFTWARE .....	25
3.3.2	GEOMETRIE-SOFTWARE.....	27
3.3.2.1	3D-TOOL.....	27
3.3.2.2	GEOMAGIC STUDIO .....	31
3.3.2.3	REALISIERUNG MITHILFE VON GEOMAGIC STUDIO.....	32
3.3.3	SOFTWARE IM DENTALBEREICH.....	39
3.3.3.1	3SHAPE - DENTALDESIGNER .....	39
3.3.3.2	ZFX – CAD-SOFTWARE.....	40
3.3.3.3	LASERDENTA - OPENCAD .....	40
3.3.3.4	WIELAND – ZENOTEC CAD.....	41
3.3.3.5	AMANN GIRRBACH – CERAMILL MIND .....	41
3.3.3.6	RENISHAW - INCISE™-CAD-SOFTWARE .....	42
3.3.3.7	KAVo - ENERGY CAD-SOFTWARE .....	42
3.3.3.8	ZUSAMMENFASSUNG – SOFTWARE IM DENTALBEREICH .....	44
<b>4</b>	<b>CNC-FRÄSMASCHINE.....</b>	<b>45</b>
4.1	EINLEITUNG - FRÄSMASCHINEN.....	45
4.2	MARKTANALYSE – FRÄSMASCHINEN.....	47
4.2.1	LYCODENT – PLURAMILL MACH5.....	47
4.2.2	ROLAND DG – DWX-50 .....	47
4.2.3	LASERDENTA – OPENMILL 500.....	48
4.2.4	KAVo – EVEREST ENGINE .....	49
4.2.5	DATRON D5 .....	50
4.2.6	WIELAND DENTAL – ZENOTEC 6200 L5.....	51
4.2.7	TIZIAN CUT5 .....	51
4.3	AUSWAHL EINER CNC-FRÄSMASCHINE.....	53

<b>5</b>	<b>KOSTENSCHÄTZUNG .....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>ZUSÄTZLICHE INFORMATIONEN .....</b>	<b>55</b>
6.1	MEDIZINPRODUKTEGESETZ.....	55
6.2	CE-ZEICHEN (KONFORMITÄTSERKLÄRUNG) .....	56
6.3	ZIRKONOXID .....	57
6.3.1	RADIOAKTIVITÄT .....	57
6.3.2	EINFÄRBUNG IN ZAHNFARBE .....	58
6.3.2.1	FARBWAHRNEHMUNG DES MENSCHLICHEN AUGES .....	58
6.3.2.2	EINFÄRZEN IN ZAHNFARBE .....	58
6.3.3	ROHMATERIAL – MATERIALBESCHAFFUNG .....	60
6.3.3.1	HEIMERLE MEULE – ISOSTATIC ZIRKONDIOXIDROHLINGE .....	60
6.3.3.2	AMANN GIRRBACH – CERAMILL ZI PREFORMS .....	61
6.3.3.3	ZIRCOTEC – BIOZIRKON .....	61
6.3.3.4	COPRAN ZIRKON BLANKS: ZIRKONZAHN® MILLING SYSTEM .....	62
6.3.3.5	COPRAN ZIRKON BLANKS: KAVO EVEREST.....	63
6.3.3.6	COPRAN ZIRKON BLANKS: WIELAND ZENO® TEC .....	63
6.3.3.7	COPRAN ZIRKON BLANKS: SIRONA® .....	64
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>65</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>66</b>

# 1 EINLEITUNG

Bei dieser Arbeit soll eine Prozesskette - 3D-Scanner, CAD-Software, CNC-Fräsmaschine - zur Automatisierung eines auf den Patienten bezogenen Sofortimplantats für den Einzelzahnersatz entwickelt werden.



Zuerst folgt ein Überblick über die verschiedenen Scan-Verfahren gefolgt von am Markt erhältlichen Scannern.

Anschließend werden die Kriterien für die Modulation des individualisierten Zahnimplantats erörtert und eine Aufstellung über CAD-Software im Dentalbereich. Herausforderung war vor allem mittels Software die nötigen Retentionen auf das Implantat aufzubringen, sodass es den Kriterien entspricht. Hierfür war eine umfassende Recherche nötig um eine entsprechende Software zu finden.

Nach erfolgreicher Anpassung des Implantats mittels CAD-Software wird eine CNC-Fräsmaschine benötigt um das Implantat anschließend herstellen zu können. Es folgt ein Überblick über verschiedene Fräsmaschinen.

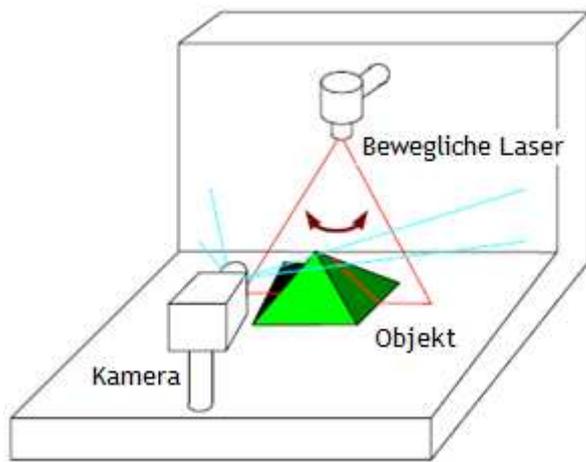
Schlussendlich folgt eine Kostenschätzung für die Umsetzung dieser automatisierten Prozesskette, da diese in nächster Zukunft realisiert werden soll.

## 2 3D-SCANNER

### 2.1 Technische Beschreibung der verschiedenen Scanner-Verfahren

#### 2.1.1 Berührungslose Scanner

##### 2.1.1.1 Laser Triangulation

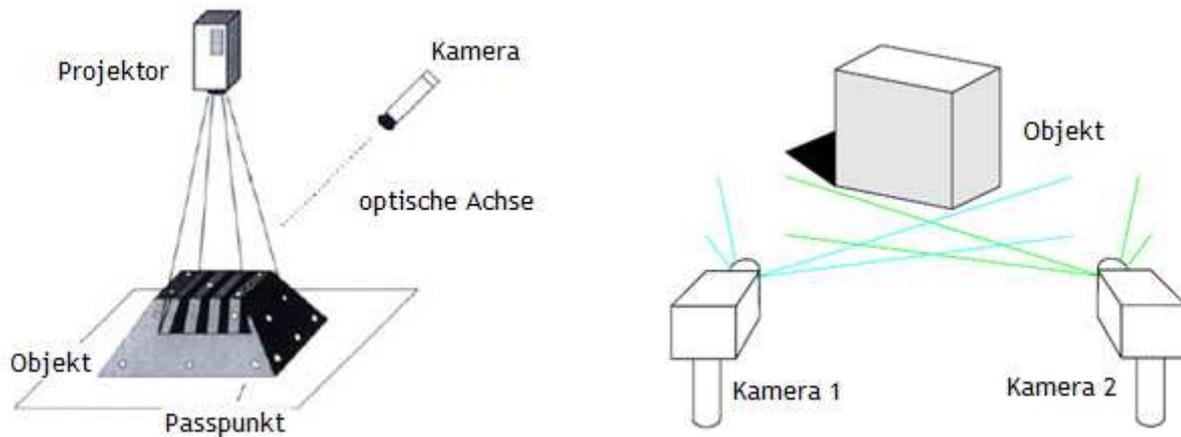


Triangulation bedeutet Abstandsmessung durch Winkelberechnung. Bei dieser Messtechnik projiziert ein Sensor einen Laserpunkt auf das Messobjekt. Unter einem bestimmten Winkel trifft das dort reflektierte Licht abhängig von der Entfernung auf ein Empfangselement. Durch die Distanz vom Sender zum Empfangselement und die Position des Lichtpunktes auf dem Empfangselement wird der Abstand zu dem Messobjekt im Sensor berechnet.

##### 2.1.1.2 Streifenlichtprojektion

Bei der Streifenlichtprojektion wird ein Sensorkopf verwendet, der aus einer Projektionseinheit in der Mitte des Gerätes und zwei Kameras besteht. Ein Streifenmuster verschiebt sich vor der Projektionseinheit, das durch eine starke

Lichtquelle auf die Bauteiloberfläche projiziert wird. Die beiden Kameras nehmen das Streifenmuster auf und errechnen daraus die 3D-Koordinaten der Oberfläche.



Streifenprojektionsverfahren erlauben kürzere Scanzeiten, sind aber was die Genauigkeit betrifft, den Triangulationsverfahren unterlegen.

## 2.1.2 Berührungorientierte Scanner

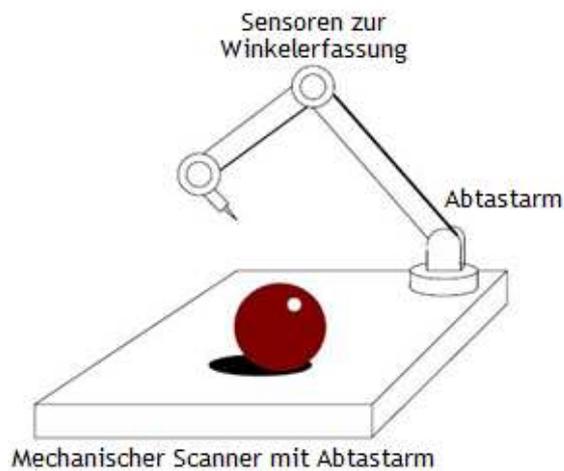
### 2.1.2.1 Touch Probe 3D-Scanner



Wie der Name schon sagt wird bei dieser Methode das zu scannende Objekt „abgetastet“. Die Bezeichnung Touch Probe kann mit „Tastkopf“ übersetzt werden.

Die Menge von Daten, die per Tastkopf gesammelt werden kann, ist begrenzt. Ein Großteil der Anwendungen ist auf einfache geometrische Formen begrenzt.

### 2.1.2.2 Mechanical Probe 3D-Scanner



Um die Daten verlustfrei aufnehmen zu können benötigen Mechanical Probe 3D-Scanner Dauerkontakt mit der zu scannenden Oberfläche des Objektes. Scannerarme dienen als Hilfsinstrumente beim Scannen. Diese lassen viele Bewegungen, aufgrund der einzelnen beweglichen Glieder, zu und sind deswegen sehr flexibel.

Es ergeben sich folgende Vor- und Nachteile:

#### *Vorteile:*

- gut für den Umgang mit transparenten oder reflektierenden Oberflächen
- bieten die einfachste Möglichkeit simple Oberflächen zu digitalisieren, bei denen nur wenige Scanpunkte benötigt werden

#### *Nachteile:*

- Abtastgeschwindigkeit ist begrenzt (durch das maschinelle Abtasten)
- Größe und Auflösung der gescannten Objekte wird durch den Durchmesser des Scankopfes beschränkt

- Scanvorgang ist komplex -> benötigt Personen, die bereits Erfahrung im Umgang damit haben
- sind in Verbindung mit weichen Gegenständen nicht geeignet
- um komplizierte, verwinkelte oder gebogene Objekte abzubilden erfordert es einen hohen Arbeitsaufwand

Mechanische Abtastsysteme sind zwar prinzipiell genauer, allerdings haben sie durch ihre Beschränkungen in Schnelligkeit und Oberflächenzugang in der Zukunft als optische Messsysteme weniger zu bieten.

=> Zugang zum Messareal ist begrenzt durch die Größe des Tastkopfs

## 2.2 Sichtung am Markt befindlicher Scanner

### 2.2.1 Ausgeschiedene Scanner

Folgende Scanner scheiden aus Gründen wie zB Genauigkeit, Ausgabeformat etc. aus der Bewertung aus:

#### 2.2.1.1 ShapeGrabber Ai310



Quelle: <http://www.shapegrabber.com/sol-products-3d-auto-inspection-Ai310.shtml>

Firma: ShapeGrabber Incorporated (Ottawa, Kanada)

Ausscheidungsgrund:

Ausgabeformat: EXCEL, Word, HTML, PDF

#### 2.2.1.2 EScan



Quelle: <http://www.3ddigitalcorp.com/EScanSpecs.htm>

Firma: 3D Digital Corp (Sandy Hook, USA)

Ausscheidungsgrund:

Genauigkeit: 0,1 - 0,2 mm

### 2.2.1.3 Zfx Scan



Quelle: <http://www.zfx-zirkon.com/dental-scanner.html>

Firma: ZfX Zirkon GmbH (Altomünster, Deutschland)

=> das ist derselbe Scanner wie: Activity 101 (smart optics)

### 2.2.1.4 Cyrtina Scanner



Quelle: [http://www.oratio.nl/downloads/info/deutsch/Cyrtina\\_Scanner\\_und\\_Software.pdf](http://www.oratio.nl/downloads/info/deutsch/Cyrtina_Scanner_und_Software.pdf)

Firma: Oratio B.V. (AN Zwaag, Niederlande)

=> dieser Scanner wird von 3Shape hergestellt => 3Shape D-640 (siehe folgende Aufstellung)

## 2.2.2 Dentalscanner - geschlossene Systeme

Die folgenden Dentalscanner scheiden ebenfalls aus der Bewertung aus, da sie nur als geschlossenes System erhältlich sind. Das bedeutet, dass sämtliche Komponenten (wie Scanner, Software, eventuell auch PC, Fräse) von demselben Hersteller bezogen werden müssen.

Scanner	hiScan	hiScanµ	Cercon eye
Firma	Hint-ELs GmbH	Hint-ELs GmbH	DeguDent GmbH
	Griesheim, Deutschland	Griesheim, Deutschland	Hanau, Deutschland
	<a href="http://www.hintel.de/de/produkte/index.php?main=1&amp;sub=3">http://www.hintel.de/de/produkte/index.php?main=1&amp;sub=3</a>	<a href="http://www.hintel.de/de/produkte/index.php?main=1&amp;sub=2">http://www.hintel.de/de/produkte/index.php?main=1&amp;sub=2</a>	<a href="http://www.cercon-smart-ceramics.de/Zahntechnik/Cercon_Das_System/Cercon_eye.htm">http://www.cercon-smart-ceramics.de/Zahntechnik/Cercon_Das_System/Cercon_eye.htm</a>
			
Scannerart	Laser/Kamera	Laser/Kamera	Laser/Kamera
Funktionsart	Streifenlichtprojektion	Streifenlichtprojektion	Laser Triangulation
Objektbewegung	k.A.	k.A.	k.A.
Gewicht	k.A.	k.A.	31 kg
Genauigkeit	0,014 mm	k.A.	0,02 mm
Kosten	k.A.	~ 35.676,00 €	9.900,00 €

### 2.2.3 Bewertete Dentalscanner

Scanner	Zeno Scan S100	B W	Open Scan HM5	Laserdenta Open Scan	B W
Firma	Wieland Dental + Technik GmbH  Pforzheim, Deutschland		Heimerle + Meule  Pforzheim, Deutschland	Laserdenta GmbH  Bergheim, Deutschland	
	<a href="http://www.wieland-dental.de/index.php?id=72&amp;tx_pxproducts[id]=15&amp;L=0">http://www.wieland-dental.de/index.php?id=72&amp;tx_pxproducts[id]=15&amp;L=0</a>		<a href="http://www.econor.de/dental/deutsch/scanner.html">http://www.econor.de/dental/deutsch/scanner.html</a>	<a href="http://www.laserdenta.com/Product_details/Laserdenta_Dental_Scanner.html">http://www.laserdenta.com/Product_details/Laserdenta_Dental_Scanner.html</a>	
					
Arbeitsweise	Laser Triangulation	+	Laser Triangulation	Laser Triangulation	+
Objektbewegung	5 Achsen	+	5 Achsen	5 Achsen	+
Gewicht	33 kg		k.A.	k.A.	
Genauigkeit	0,02 mm	+	0,02 mm	0,02 mm	+
Kosten	k.A.	o	13.990,00 €	~ 14.980,00 €	+
Anmerkungen	inkl. CAD-Software		inkl. Scan-Software	inkl. Scan-Software	

Der OpenScan HM5 und der Laserdenta OpenScan sind ein und derselbe Scanner, der von verschiedenen Firmen vertrieben wird.

Bewertung:

- + .... gut
- o .... neutral
- .... schlecht

Scanner	Dental Wings Scanner	B W	OvaScan	B W	AnyScan	B W
Firma	Dental Wings		Cynoprod		Reitel Feinwerktechnik GmbH	
	Montreal, Kanada		Montreal, Kanada		Bad Essen, Deutschland	
	<a href="http://www.dental-wings.com/produkte/3d-scanner/spezifikationen/">http://www.dental-wings.com/produkte/3d-scanner/spezifikationen/</a>		<a href="http://www.cynoprod.com/technology/equipments/scanners/ovascan.html">http://www.cynoprod.com/technology/equipments/scanners/ovascan.html</a>		<a href="http://www.anycad.de/scanner.html">http://www.anycad.de/scanner.html</a>	
						
Arbeitsweise	Laser Triangulation	+	Streifenlicht- projektion	o	Streifenlicht- projektion	o
Objekt- bewegung	5 Achsen	+	5 Achsen	+	5 Achsen	+
Gewicht	k.A.		35 kg		55 kg	
Genauigkeit	0,02 mm	+	0,02 mm	+	0,02 mm	+
Kosten	k.A.	o	k.A.	o	k.A.	o
Anmerkungen	-		-		-	

Bewertung:

- + .... gut
- o .... neutral
- .... schlecht

Scanner	3 Shape D-640	B W	3Shape D-250	B W	activity 101	B W
Firma	3Shape A/S		3Shape A/S		smart optics Sensortechnik GmbH	
	Copenhagen, Dänemark		Copenhagen, Dänemark		Bochum, Deutschland	
	<a href="http://www.3shape.com/3D_Scanner_D-640.aspx">http://www.3shape.com/3D_Scanner_D-640.aspx</a>		<a href="http://www.3shape.com/3D_Scanner_D-250.aspx">http://www.3shape.com/3D_Scanner_D-250.aspx</a>		<a href="http://www.smartoptics.de/activity_101.php">http://www.smartoptics.de/activity_101.php</a>	
						
Arbeitsweise	Laser Triangulation	+	Laser Triangulation	+	Streifenlicht- projektion	o
Objekt- bewegung	3 Achsen	-	3 Achsen	-	k.A.	o
Gewicht	14 kg		30 kg		37 kg	
Genauigkeit	0,02 mm	+	0,02 mm	+	0,02 mm	+
Kosten	~ 17.900,00 €	o	~ 17.000,00 €	o	11.900,00 €	+
Anmerkungen	-		-		inkl. Scan-Software	

Bewertung:

- + .... gut
- o .... neutral
- .... schlecht

Scanner	Maestro 3D	B W	Dentascopie	B W	Tizian Scan	B W
Firma	AGE Solutions		3D Alliance GmbH		Schütz Dental GmbH	
	Pontedera (Pisa), Italien		Bischoffen, Deutschland		Rosbach, Deutschland	
	<a href="http://www.maestro3d.com/index.asp?page0=container&amp;page1=maestro3d.dental.scanner.technical&amp;page2=@maestro3d.splash">http://www.maestro3d.com/index.asp?page0=container&amp;page1=maestro3d.dental.scanner.technical&amp;page2=@maestro3d.splash</a>		<a href="http://www.wegmann-schepp.de/sites/3da/de/_pages/products/prod_desco_1.php">http://www.wegmann-schepp.de/sites/3da/de/_pages/products/prod_desco_1.php</a>		<a href="http://www.schuetz-dental.de/Tizian_CAD_CAM.266.0.html?&amp;L=">http://www.schuetz-dental.de/Tizian_CAD_CAM.266.0.html?&amp;L=</a>	
						
Arbeitsweise	Streifenlichtprojektion	o	Laser Triangulation	+	Streifenlichtprojektion	o
Objektbewegung	Rotation	-	3-5 Achsen	o	3,5 Achsen	-
Gewicht	10 kg		k.A.		40 kg	
Genauigkeit	0,01 mm	+	0,01 mm	+	0,02 mm	+
Kosten	11.900,00 €	+	k.A.	o	~ 25.000,00 €	-
Anmerkungen	inkl. Scan-Software und PC		-		inkl. Scan-Software	

Bewertung:

- + .... gut
- o .... neutral
- .... schlecht

Scanner	iScan D100	B W	Scan 900	B W	Digi Scan DS	B W
Firma	Simeda Medical		ce.novation		RSI GmbH	
	Hesperange, Luxemburg		Hermsdorf, Deutschland		Oberursel, Deutschland	
	<a href="http://simeda-medical.com/scan.php">http://simeda-medical.com/scan.php</a>		<a href="http://www.cenovation.de/de/cenoscan_d.html">http://www.cenovation.de/de/cenoscan_d.html</a>		<a href="http://www.rsi-gmbh.de/public/de/produkt/hard/digiscan_dental_smallparts.html">http://www.rsi-gmbh.de/public/de/produkt/hard/digiscan_dental_smallparts.html</a>	
						
Arbeitsweise	Streifenlichtprojektion	o	Laser Triangulation	+	Laser Triangulation	+
Objektbewegung	k.A.	o	4 Achsen	o	3 Achsen	-
Gewicht	k.A.		36 kg		13 kg	
Genauigkeit	0,01 mm	+	0,02 mm	+	0,01 mm	+
Kosten	17.990,00 €	o	9.800,00 €	+	k.A.	o
Anmerkungen	-		-		-	

Bewertung:

- + .... gut
- o .... neutral
- .... schlecht

Scanner	Dental Scanner	B W	i3 Evolution	B W
Firma	ScanSystems s.r.l.		Cynoprod	
	Navacchio, Italien		Montreal, Kanada	
	<a href="http://www.scansystems.it/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=63&amp;Itemid=81&amp;lang=en">http://www.scansystems.it/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=63&amp;Itemid=81&amp;lang=en</a>		<a href="http://www.cynoprod.com/technology/equipments/i3-evolution.html">http://www.cynoprod.com/technology/equipments/i3-evolution.html</a>	
				
Arbeitsweise	Streifenlichtprojektion	o	Laser Triangulation	+
Objektbewegung	3 Achsen	-	3 Achsen	-
Gewicht	15 kg		27 kg	
Genauigkeit	0,01 mm	+	0,02 mm	+
Kosten	k.A.	o	k.A.	o
Anmerkungen	-		wird nur mit CAD-Software verkauft	

Bewertung:

- + .... gut
- o .... neutral
- .... schlecht

## 2.2.4 Bewertete Reverse Engineering-Scanner

Scanner	3D Scanner Opti-mes	B W	Jewelry Scanner	B W
	i-mes		Altair Consulting	
Firma	Eiterfeld, Deutschland		Grand-Lancy, Schweiz	
	<a href="http://www.i-mes.de/produkte/produkt.php?idprodukt=55&amp;produktname=3D-Scanner+Opti-mes">http://www.i-mes.de/produkte/produkt.php?idprodukt=55&amp;produktname=3D-Scanner+Opti-mes</a>		<a href="http://www.altair-consulting.com/jewelry_scan_a.htm">http://www.altair-consulting.com/jewelry_scan_a.htm</a>	
				
Anwendungsbereich	Kleinteile		Schmuck	
Funktionsart	Laser/Kamera		Laser/Kamera	
Arbeitsweise	Laser Triangulation	+	k.A.	o
Objektbewegung	k.A.	o	5 Achsen	+
Messbereich	30 x 100 mm		100 x 100 x 100 mm	
Genauigkeit	0,005 mm	+	0,02 mm	+
Kosten	11.990,00 €	+	14.980,00 €	+
Anmerkungen	inkl. PC		inkl. Scan-Software	

## 2.3 Auswahl eines 3D-Scanner

Die Auswahl des 3D-Scanners fällt auf den Open Scan HM5 von Heimerle & Meule.

Dieser Scanner verfügt über 5 Achsen, arbeitet nach dem Prinzip der Laser Triangulation und weist eine hohe Genauigkeit von 0,02 mm auf.



Quelle: <http://www.heimerle-meule.com/de/dental/geraete/scanner.html>

Da der OpenScan HM5 über eine offene Schnittstelle verfügt ist das System zukunftsfähig und kann schnell an neue Herstellungsverfahren angepasst werden. Dadurch kann jede beliebige CAD-Software verwendet werden.

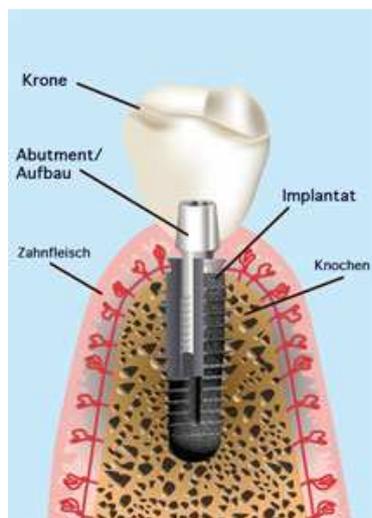
Der OpenScan HM5 wird inkl. Scan-Software angeboten um 13.990 €.

## 3 MODULATION

### 3.1 Zahnimplantate

#### 3.1.1 Grundlagen - Zahnimplantate

Zahnimplantate sind künstliche Zahnwurzeln. Werden Zahnlücken nicht saniert führt das zu einem instabilen Kaubogen und geringerer Kauleistung, wobei durch diese geringere Krafteinwirkung die Kieferknochen schwinden. Diese Entwicklung wird durch Implantate verhindert. Künstliche Zahnwurzeln dienen als Basis für Knochen oder Brücken.



Quelle: <http://www.implantate.com/zahnimplantat.php>

Implantate sind grundsätzlich überall einsetzbar, ob Unter- oder Oberkiefer, ob Mehrfach oder Einzelzahnlücke. Zuerst muss jedoch geklärt werden ob an der vorgesehenen Implantatstelle genug Knochensubstanz vorhanden ist. (Wenn das nicht der Fall ist muss als erstes Knochen aufgebaut werden.) Das Einpflanzen des Implantats in den Kieferknochen wird schmerzlos unter örtlicher Betäubung durchgeführt. Allerdings sollte das Implantat nicht sofort belastet werden. Außerdem beeinflusst der Patient wesentlich die Lebensdauer des Zahnimplantats und ebenso ist auch die entscheidende Mundhygiene entscheidend für die Haltbarkeit.

Wegen seiner ausgezeichneten Verträglichkeit bestehen Zahnimplantate großteils aus Titan, ein Metall wo Abstoßungsreaktionen extrem selten sind, da es sich biologisch neutral verhält. Meistens ist das Zahnimplantat schraubenförmig, da sich diese Form als besonders vorteilhaft erwiesen hat. Da das Zahnimplantat mit dem Knochen verwächst (Osseointegration), nachdem es eingepflanzt wurde, kommt es den natürlichen Zähnen am nächsten.

### 3.1.2 Geschichte der Zahnimplantologie

Bereits seit dem 19. Jahrhundert werden Zahnimplantate eingesetzt. Die Menschen versuchten seitdem verloren gegangene Zähne zu ersetzen, mit mehr oder weniger Erfolg. Dabei kamen alle erdenklichen Materialien zum Einsatz, wie zum Beispiel Holz, Knochen oder Elfenbein. Teilweise wurden sogar Gold oder Edelsteine verwendet.

Dank des schwedischen Orthopäden Per-Ingvar-Branemark rückte das Leichtmetall Titan als das ideale Material in den Vordergrund, da sich Titan so eng mit dem Knochen verbindet, dass es nicht mehr zu entfernen ist. Titan bildet nämlich bei Kontakt mit Luft, Wasser und Substanzen des menschlichen Organismus' sofort eine schützende Oxidschicht auf der Titanoberfläche.

Osseointegration bezeichnet das Phänomen, dass ein Implantat so gut vom Körper angenommen wird, dass es problemlos mit dem Knochen verwächst. Ein weiterer Vorteil von Titan liegt in der extremen Festigkeit trotz des geringen Gewichts.

Bereits in den 70er Jahren wurde bei Implantaten auch mit Keramik experimentiert, jedoch war hier die Materialstabilität das Problem, deswegen wurde dieser Werkstoff wieder aufgegeben.

Seit einiger Zeit wird nun mit Implantaten aus Zirkonoxid gearbeitet, die sich durch hohe Stabilität auszeichnen. Die Vorteile sind, dass sie ebenso körperverträglich wie Titan-Zahnimplantate sind allerdings sogar als überlegen gelten, da Sie hell sind und somit nicht an dünnen Stellen des Zahnfleisches durchschimmern können. Der Nachteil

liegt allerdings in den beinahe doppelt so hohen Materialkosten. Die Anwendbarkeit ist ebenfalls beschränkt, da es Zirkonoxid-Implantate bislang nur als einteilige Implantate gibt.

## **3.2 Definition der Kriterien für Retentionen**

Die Erfindung bezieht sich auf ein ein- bzw. mehrwurzeliges Zahnimplantat mit an die Alveole (Zahnfach) angepasster Form, welches über die Alveolenoberfläche vorspringende Makroretentionen aufweist. Dieses Zahnimplantat ist für den sofortigen Zahnersatz nach Zahnverlust vorgesehen.

### **3.2.1 Frühere Implantate - Entwicklung**

Seit mehr als 20 Jahren werden Implantate gesetzt. Die Methode besteht darin ein rotationssymmetrisches Loch in den Knochen zu fräsen und ein passgenaues Implantat einzudrehen oder einzuschlagen. Diese in verschiedenen Formen, Längen und Durchmessern vorgefertigten rotationssymmetrischen Implantatkörper heilen nach dem Einbringen über mehrere Wochen ein. Bei dieser Methode ergeben sich Probleme wenn unmittelbar nach dem Zahnverlust ein Implantat gesetzt werden soll. Hierzu ist es zunächst erforderlich die Knochenheilung abzuwarten, da wegen der Inkongruenz des nach der Zahnextraktion vorgefundenen Knochenloches (Alveole) zu den vorgefertigten Implantaten, diese meistens keinen ausreichenden Halt im Knochen finden können. Daher wäre es von Vorteil, das Implantat individuell an die vorgefundene Knochensituation anzupassen.

Ein derartiges Implantat wird an die Alveole angepasst und entweder durch Zement oder durch Vergrößerung des Paradontalspaltes durch Pressfit spaltfrei im Knochen befestigt. Im Wurzelbereich werden dazu durch Einschleifen zusätzliche Retentionen geschaffen.

Weiters wurde ein ähnliches Implantat entwickelt, dass durch Vergrößern leicht gegen den Knochen drückt und ebenfalls Retentionen aufweist.

Aus den Vereinigten Staaten ist ein einwurzeliges Implantat bekannt, das im Wesentlichen rotationssymmetrisch und konisch oder auf Basis eines Abdruckes individuell angefertigt wird. Es ist am unteren Ende mit Retentionen versehen, welche wie Schraubenlinien angeordnet sind. Außerdem wird hier zusätzlich vorgeschlagen, das Implantat um 0,5 mm zu vergrößern um ein Pressfit zu erreichen.

Ebenfalls gibt es ein wurzelförmiges Implantat aus Deutschland, welches lediglich kopiergefräst 1:1 wird, ohne die Oberfläche zu behandeln.

Als letztes sei noch ein Implantat aus den Vereinigten Staaten erwähnt, das ebenfalls eine Kopie der Wurzel darstellt und um das Anwachsen an den Knochen zu verbessern wird die Oberfläche geätzt, sandgestrahlt, mit Hydroxylapatit beschichtet und gegebenenfalls mit Bohrlöchern versehen.

Allerdings hat sich keines dieser Implantate in der Praxis bewährt, sodass sich diese Implantatetechniken nicht durchsetzen konnten.

### **3.2.2 Heutige Implantate**

Den Standard der heutigen Zahnheilkunde stellen zylindrische bzw. schraubenförmige zweiteilige Implantatsysteme dar.

Die Firma Z-Systems hat mit dem Z-Lock die Keramikimplantate wieder belebt. Diese Implantate bestehen aus Zirkonoxid, was besonders bruchstabil ist und biologisch bestens verträglich. Es kommt auch der natürlichen Zahnfarbe (weiß) deutlich näher als Titanimplantate, was ein entscheidender Vorteil ist, vor allem wenn das bedeckende Zahnfleisch extrem dünn ist.

Es gibt 2 Verfahren der Herstellung: das Yttrium-stabilisierte Zirkonoxid besitzt eine sehr hohe Bruchstabilität und das nach dem Sinterverfahren hergestellte Zirkonoxid, dessen Stabilitätswerte deutlich niedriger liegen.

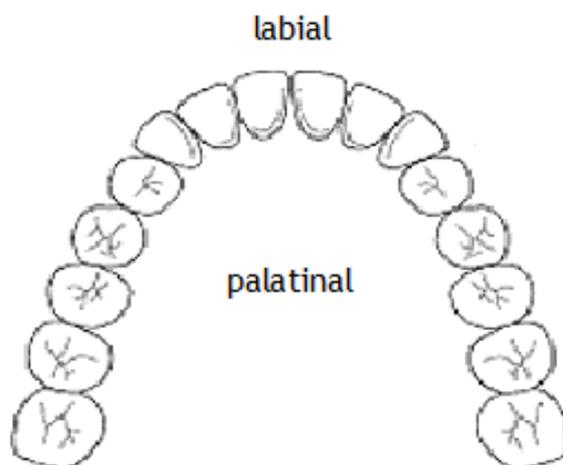
Der Vorteil der Zahnimplantate liegt in der Farbe, welche der natürlichen Zahnfarbe am Nächsten kommt, insbesondere wenn das zu bedeckende Zahnfleisch extrem dünn ist.

Allerdings gibt es Nachteile, die zu beachten sind: höhere Kosten und noch zu geringe wissenschaftliche Erfahrung, da der Punkt Langlebigkeit noch nicht beurteilt werden kann im Gegensatz zu den Titanimplantaten. Eine Sofortbelastung des Implantats ist nicht möglich, allerdings reagiert das Zahnfleisch auf Zirkonoxid besonders positiv und ist daher dem Titan überlegen.

### 3.2.3 Individualisiertes Zahnimplantat

Somit musste, um eine geringere Traumatisierung des Knochens und dadurch eine bessere Einheilungswahrscheinlichkeit und Einheilungsgeschwindigkeit zu erzielen, der Wurzelteil entsprechend verändert/entwickelt werden. Es gibt zwei Arten von Knochen. Da der kompakte dünne Knochen kaum durchblutet ist und daher nur wenige Zellen beinhaltet besitzt er eine geringe Regenerationskraft.

Die Knochenqualität und Knochenquantität ist für die Art der Implantologie entscheidend. Besonders im Bereich zur Lippe und zur Wange (labial) aber auch im Bereich zur Zunge und zum Gaumen (palatinal) ist der Knochen nur sehr dünn ausgeprägt.

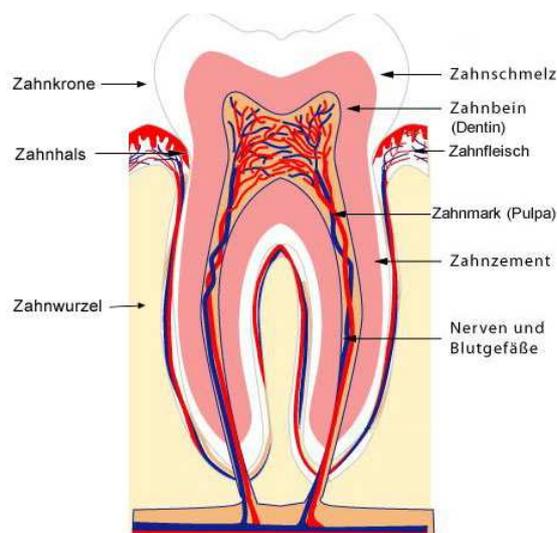


Im Gegensatz dazu ist der spongiöse (schwammartige) Knochen sehr gut durchblutet und besitzt auch viele Zellen die für eine rasche Regeneration sorgen.

Makroretentionen werden nur auf Oberflächenbereiche des spongiösen und dicken Knochens ausgeformt. Spongiöse Knochen sind im Allgemeinen die den Nachbarzähnen bzw. dem Kieferende zugewandten Seiten des Wurzelbereichs. Dort wo dünner und nicht belastungsfähiger kompakter Knochen vorliegt werden keine Retentionen angebracht und die Alveolenoberfläche belassen oder sogar gering reduziert. Denn auf kompakten Knochen darf kein übermäßiger Druck ausgeübt werden, da sonst der Knochen resorbiert (abgebaut) wird.

Makroretentionen sind Vorsprünge im Alveolenbereich des Implantats, die um mindestens 0,08 mm als untere Grenze, besser über 0,1 mm und bevorzugt über 0,2 mm bis 0,4 mm über die Alveolenoberfläche vorragen. Somit wird das Implantat punktuell fixiert und schließlich verhindert, dass es während der Einheilzeit aus der Alveole gedrückt wird.

Es können auch unterschiedliche Höhen an Retentionen bei einem Implantat verwendet werden, welche von der Wurzelspitze zur Zahnkrone hin zunehmen können. Im Bereich des Zahnhalses werden jedoch keine Makroretentionen ausgeformt um den Knochen vor übermäßigem Druck zu verschonen wird die Alveolenoberfläche in diesem Bereich um 0,05 mm bis 1 mm, gegebenenfalls um 1,5 mm reduziert.

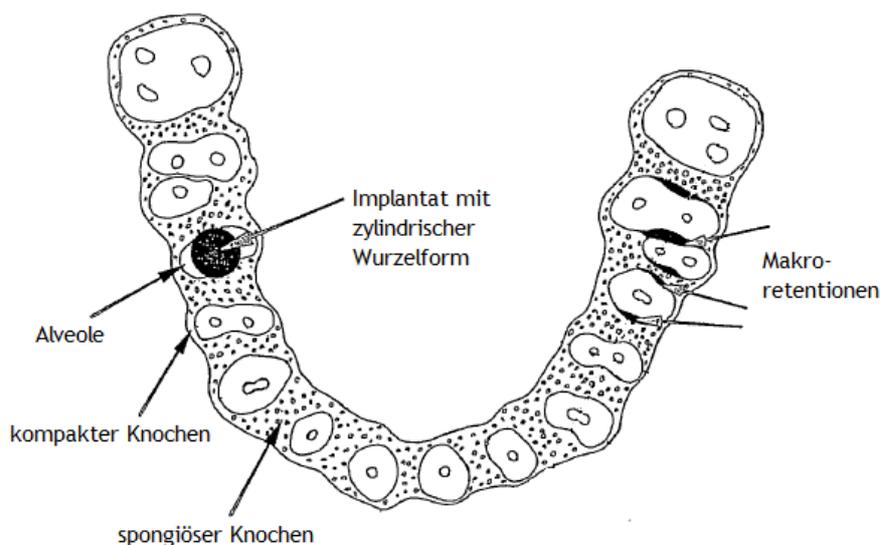


Quelle: <http://www.netdoktor.de/Krankheiten/Anatomie/Zaehne-die-Anatomie-6027.html>

Das bedeutet, dass ohne Rücksichtnahme auf die unterschiedliche Knochenqualität und Knochenquantität den Implantatverlust zur Folge hat.

### 3.2.4 Behandlungsablauf

Der extrahierte Zahn bzw. das Knochenfach (Alveole) wird mit gängigen Abdruckmaterialien wie zum Beispiel CT (Computertomografie), MRT (Magnetresonanztomografie), Laserabtastsystemen usw. erfasst. Mittels 3D Software kann dieser Datensatz dann verändert werden, also die Makroretentionen aufgebracht werden. Durch die Makroretentionen wird in den ersten 6 bis 8 Wochen das Implantat sicher im Knochen fixiert, damit es nicht abgestoßen wird und im Sinne der Osseointegration anwächst.



Bei einwurzeligen Zähnen werden zwischen 2 und 8 Retentionsbereiche, meistens jedoch 4 Retentionsbereiche, aufgebracht.

Das Implantat darf auch nicht vergrößert werden, da durch diesen Druck eine Knochenresorption ausgelöst wird was wiederum zum Implantatverlust führt.

Ebenfalls sollte das Implantat etwas kürzer, bevorzugt um 0,3 mm bis 1 mm, als die Alveole ausgebildet sein, um zu verhindern, dass es insbesondere während des

Einpressens bzw. Einschlagens auf den spitzen Grund der Alveole drückt, da dies zu einer Belastung führen würde.



Diese Abbildung zeigt ein Implantat mit seitlichen Makroretentionen und den verringerten Kronenstumpf aus verschiedenen Blickrichtungen.

Nach Erzeugung des individualisierten Zirkonoxid-Sofortimplantats wird an einer CNC-Maschine ein Zirkonoxid-Rohling hergestellt, der auch nachbearbeitet werden kann. Zum Schluss wird dieser gesintert, sterilisiert und kann somit nach 24 Stunden implantiert werden. Das Setzen des Implantats ist äußerst einfach und erfordert keine über das zahnärztliche Geschick hinausgehende besondere Fähigkeit und dauert nur 2 - 5 Minuten, und belastet den Patienten daher kaum.

Der Kronenstumpf kann jederzeit beschliffen und auf dem Implantat kann jede herkömmliche Zahnkrone zementiert werden.

In der folgenden Abbildung sieht man den Unterschied zwischen dem individualisierten Zirkonoxid-Sofortimplantat und einem herkömmlichen Titanimplantat.



### 3.3 Derzeitiger Stand der CAD-Software

#### 3.3.1 Einleitung - CAD-Software

Da viele der am Markt erhältlichen dentalen Scanner in ein geschlossenes System integriert sind ist eine Entscheidung für einen bestimmten Scanner schwierig. Die Qualität des Endergebnisses hängt allerdings nicht nur vom Scanner ab sondern auch von der Software.

Das STL-Dateiformat (Surface Tessellation Language, Beschreibung der Oberfläche durch Dreiecke) ist die Standardschnittstelle vieler CAD-Systeme für 3D-Daten. Mithilfe vieler Dreiecke wird hier ein dreidimensionales Objekt dargestellt.

Es gibt „offene“ oder „geschlossene“ Systeme. Aus dem realen Objekt entsteht bei der Digitalisierung eine virtuelle digitale Punktwolke.

Bei einem offenen System werden zwischen Scanner und CAD-Software vorzugsweise STL-Dateien verwendet. Das bedeutet für den Anwender, dass sowohl der 3D-Scanner als auch die CAD-Software frei gewählt werden können.

Mittels Flächenrückführung werden die Messdatensätze in ein geeignetes Format überführt. Diese Messdaten liegen vorwiegend als Punktwolken im ASCII-Format vor. Da IGES- und DXF-Dateien beim Datentransfer zwischen unterschiedlichen Systemen anfällig für sogenannte „Dialekte“ sind, wird das STL-Format bevorzugt.

Bei vielen Scan-Systemen handelt es sich um geschlossene CAD-Systeme, wobei hier der Vorteil darin besteht, dass der Anwender alle Systemkomponenten aus einer Hand erhält.

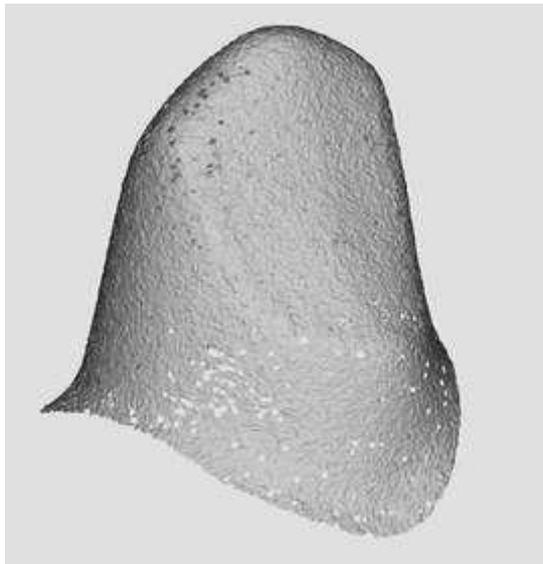
Bei einem geschlossenen System werden die jeweiligen Daten von der Digitalisierung zur Konstruktion (CAD) in systeminternen geheimen Formaten weitergeleitet. Somit können diese Daten nur in diesem System weiterverwendet werden. Für den Hersteller ist das ein Vorteil, da er eine bessere Kontrolle über die Arbeitsschritte hat.

Allerdings ist der Anwender ausschließlich auf die Geräte des Herstellers angewiesen und ein Datenaustausch mit anderen Systemen nicht möglich.

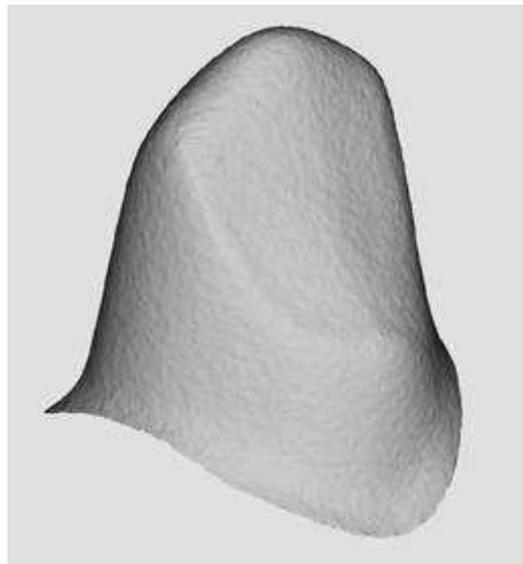
Bei der Digitalisierung können messbedingt sogenannte Streupunkte (Rauschen) entstehen. Diese können mithilfe eines Filters entfernt werden.

Durch geeignete Algorithmen können einzelne „Datenlöcher“, also fehlende Digitalisierdaten, geschlossen werden. Ausgehend von den Daten der direkten Umgebung wird, sofern das „Loch“ nicht zu groß ist, der wahrscheinliche Verlauf extrapoliert. Untersichgehende Bereiche können ähnlich virtuell ausgeblockt werden.

Triangulation mit Löchern



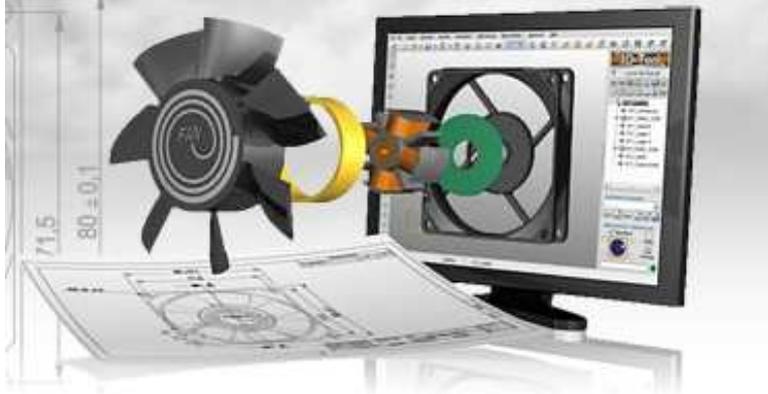
Triangulation, Löcher geschlossen



Quelle: <http://www.tu-dresden.de/medprothetik/computerzahn/>

### 3.3.2 Geometrie-Software

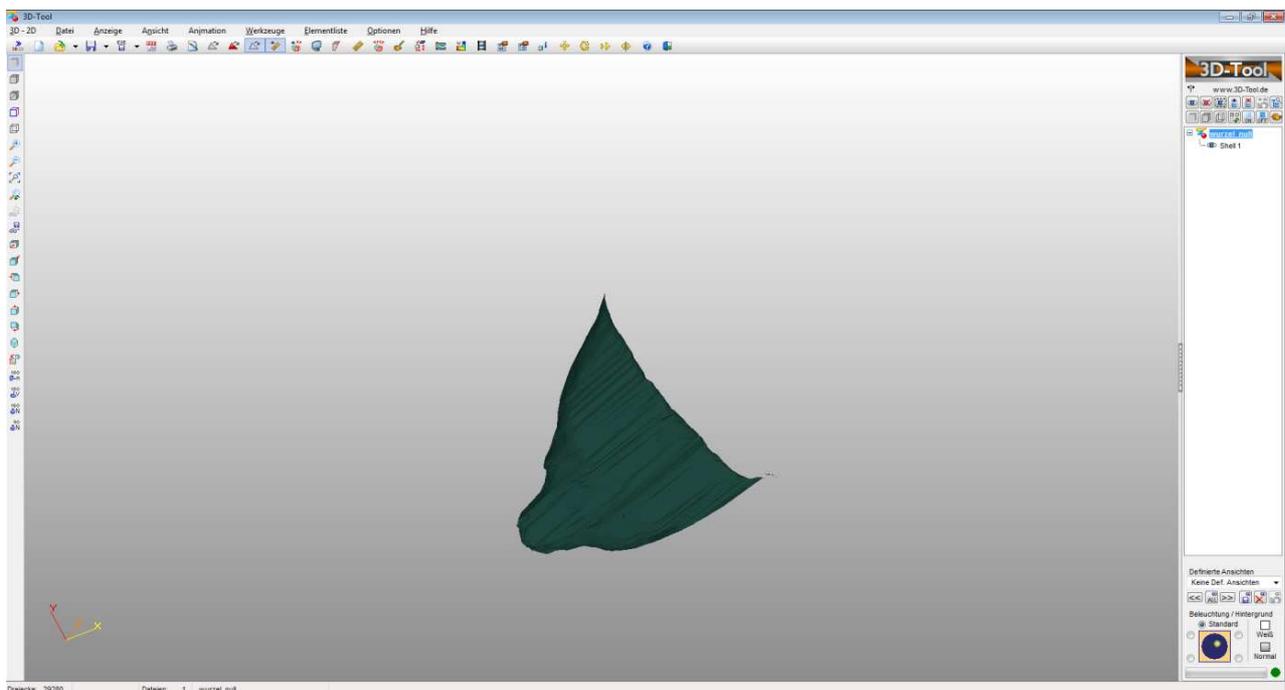
#### 3.3.2.1 3D-Tool



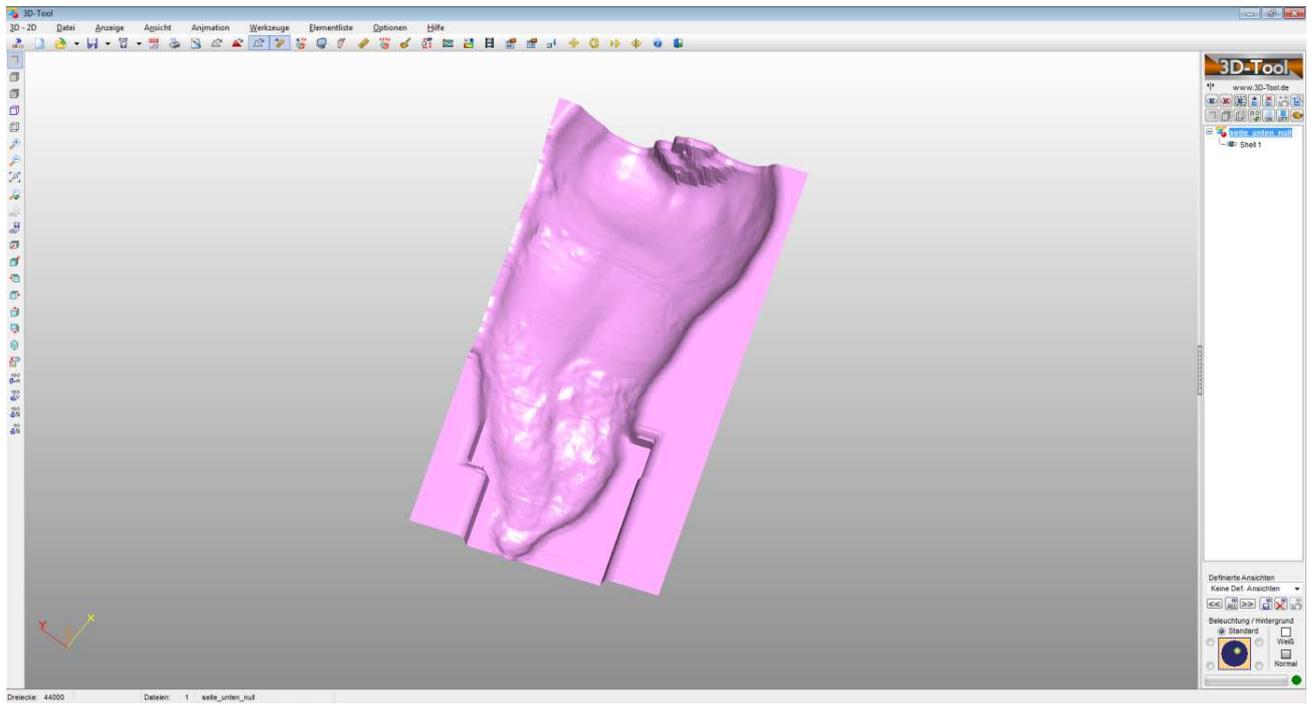
Die Herausforderung bei dieser Arbeit war vor allem, dass der eingescannte Zahn kein einzelnes File ergab sondern 4 Files, die erst zusammengefügt werden mussten.

Mit der Software „3D-Tool“ konnte diese Aufgabe bewältigt werden.

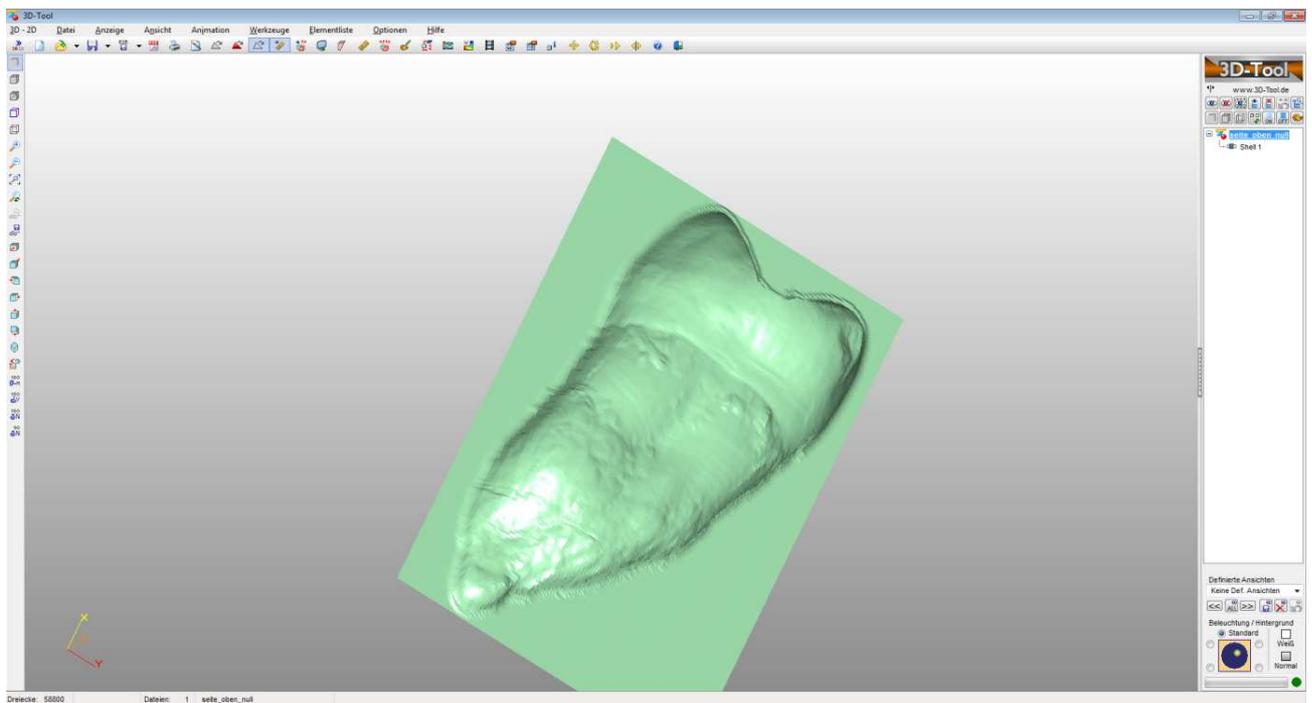
Wurzel:



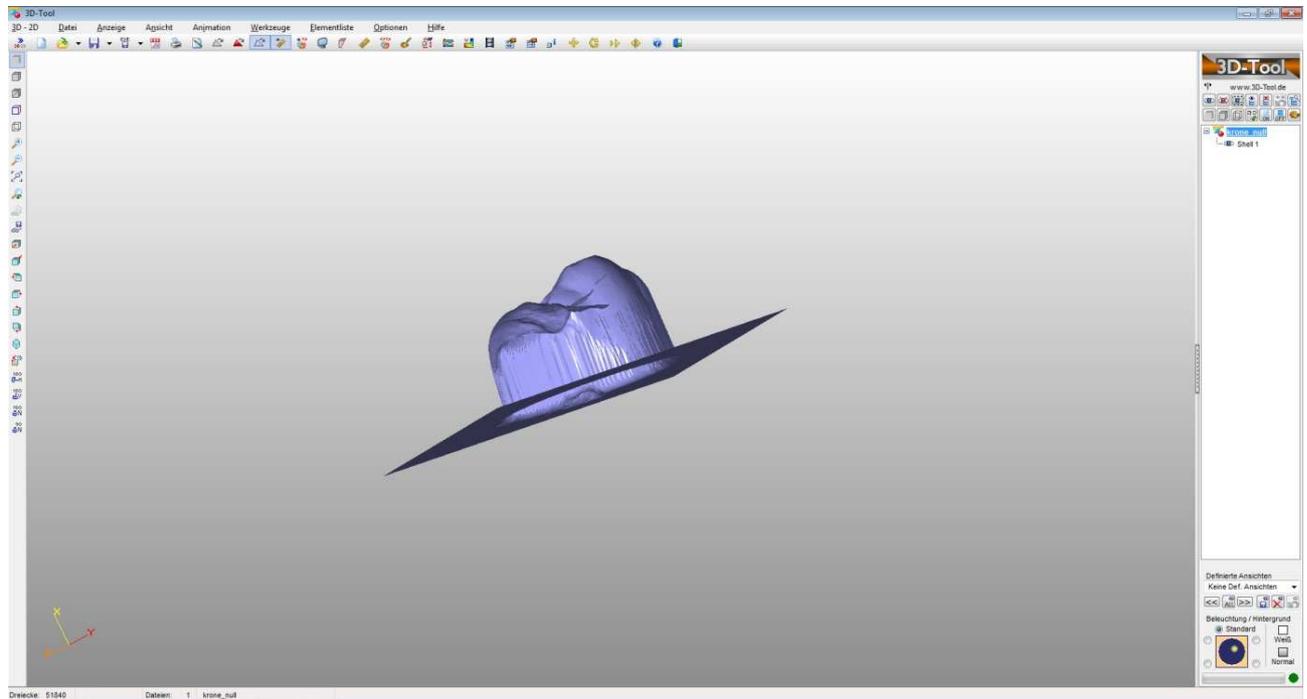
1. Seite:



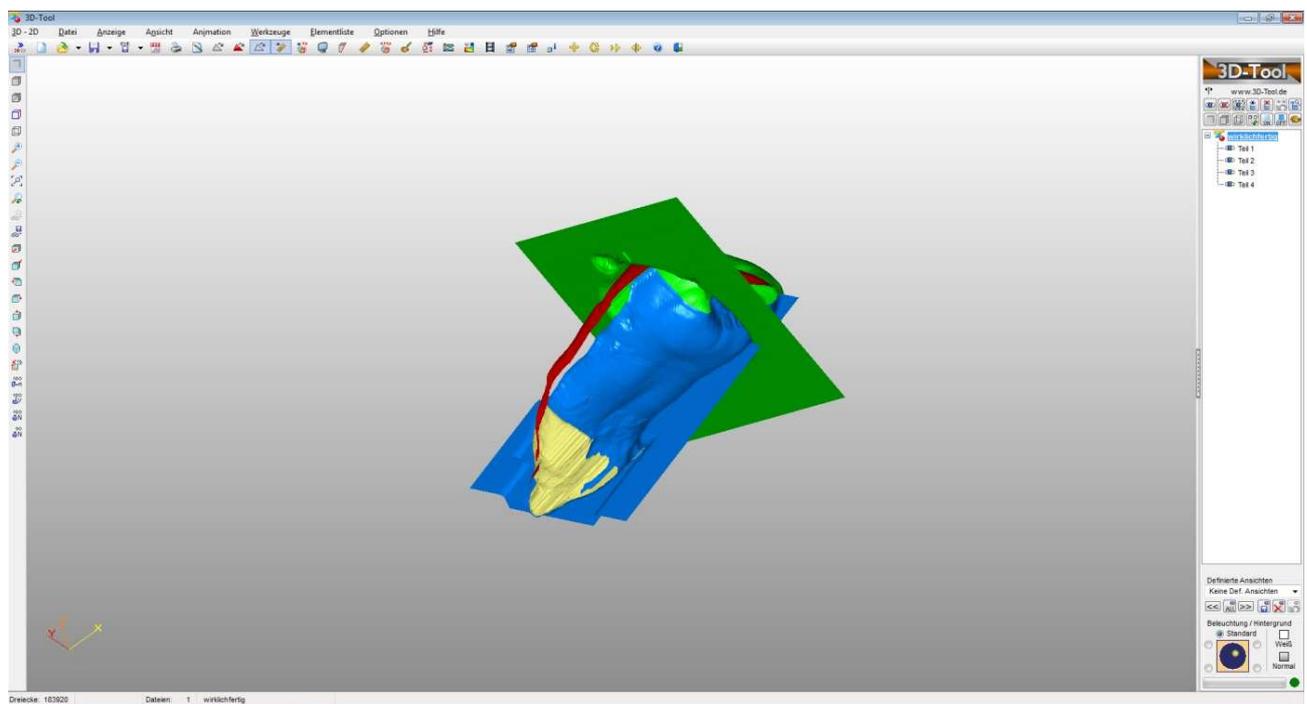
2. Seite:

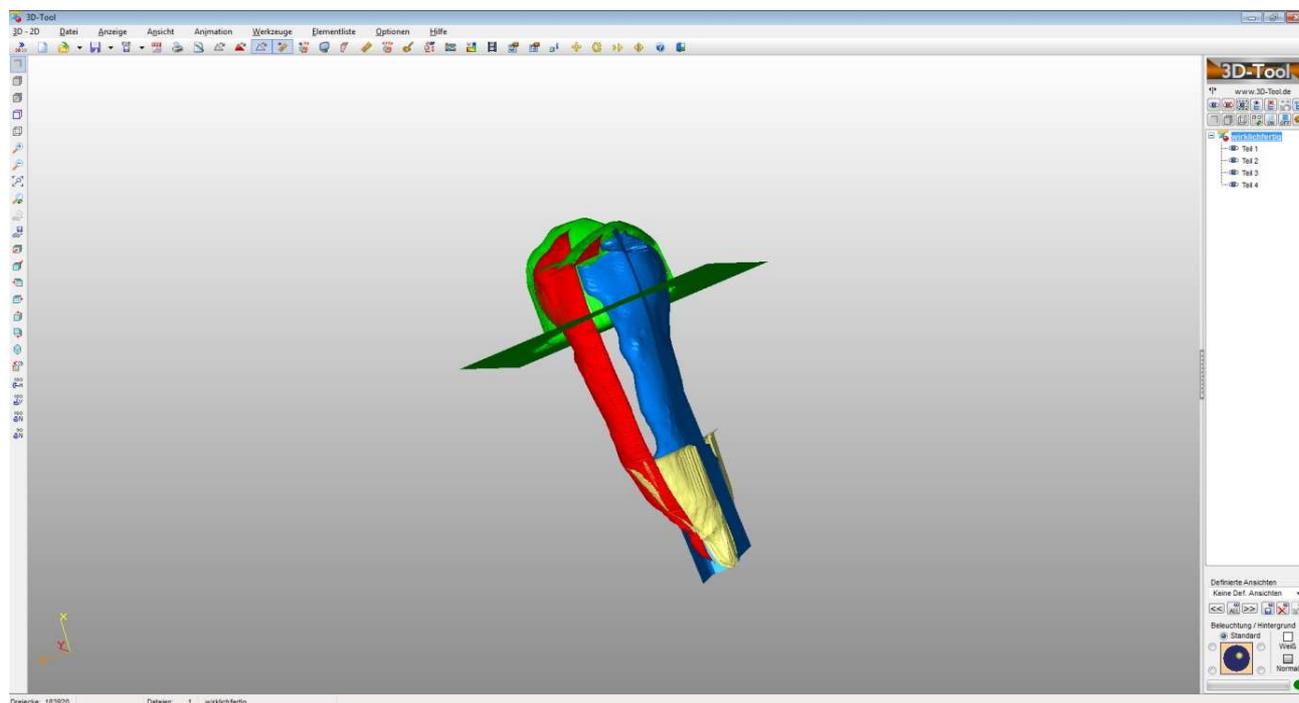
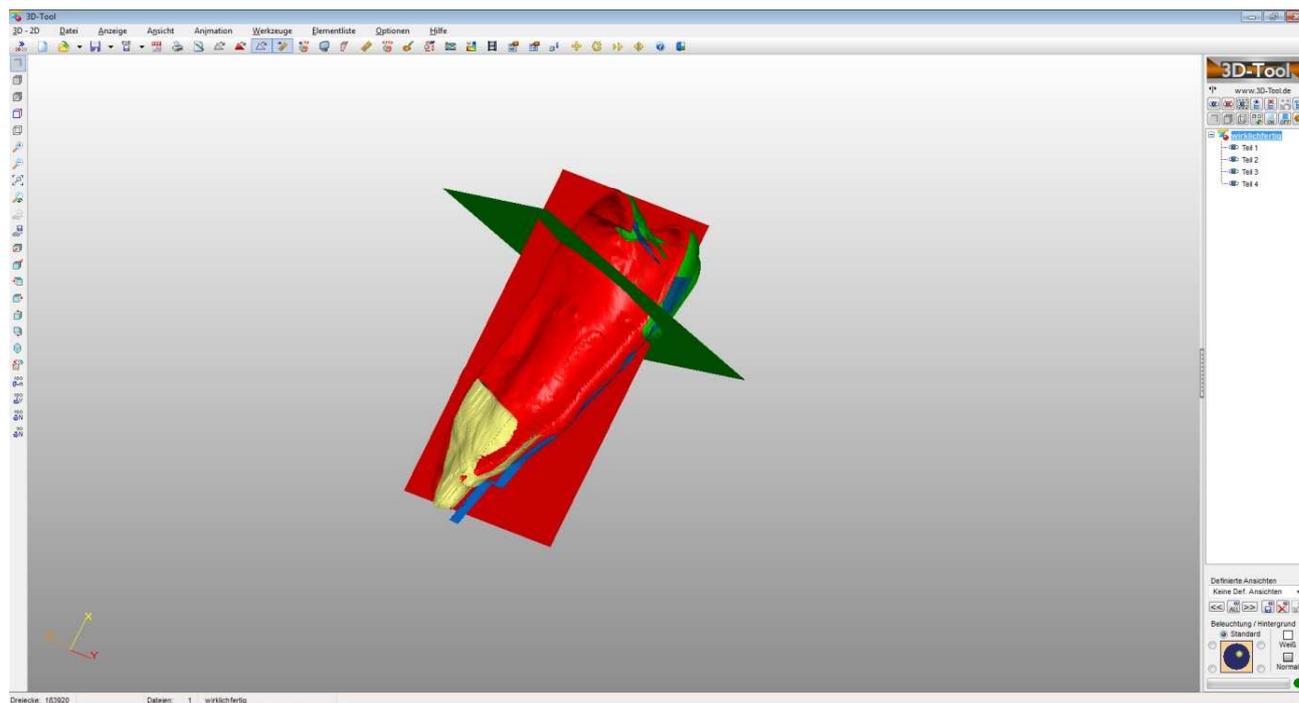


Krone:



Nach Zusammenfügen dieser 4 Zahnteile konnte folgendes Ergebnis erzielt werden:





### 3.3.2.2 Geomagic Studio



Geomagic Studio ist zur Transformation von 3D-Scandaten und Polygonnetzen in präzise, parametrisierte digitale 3D-Modell, die in Rapid Prototyping und Analyse eingesetzt werden können. Mit seiner Fülle an Funktionen ist Geomagic Studio die wohl schnellste Möglichkeit 3D-Scandaten in parametrisierte CAD-Modelle umzuwandeln.

Die Scandaten können optimiert werden (Erkennung von Ausreißern, Dämpfung des Rauschens, Entfernung von Überlagerungen). Anhand von Punktwolkendaten können präzise Polygonnetze erstellt werden. Lochstellen in einem Modell können aufgefüllt werden. Es ist möglich Modelle in verschiedene Dateiformate zu exportieren. Es werden folgende Formate unterstützt: STL, OBJ, VRML, DXF, PLY und 3DS.

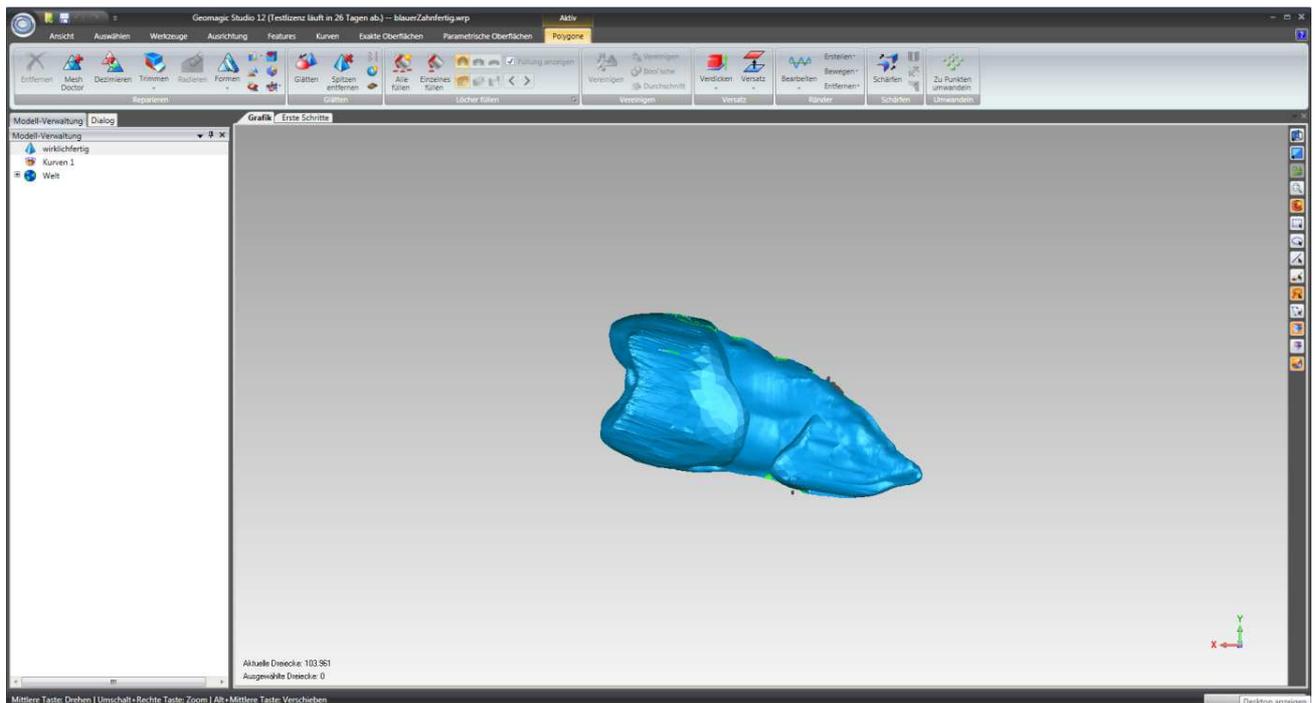
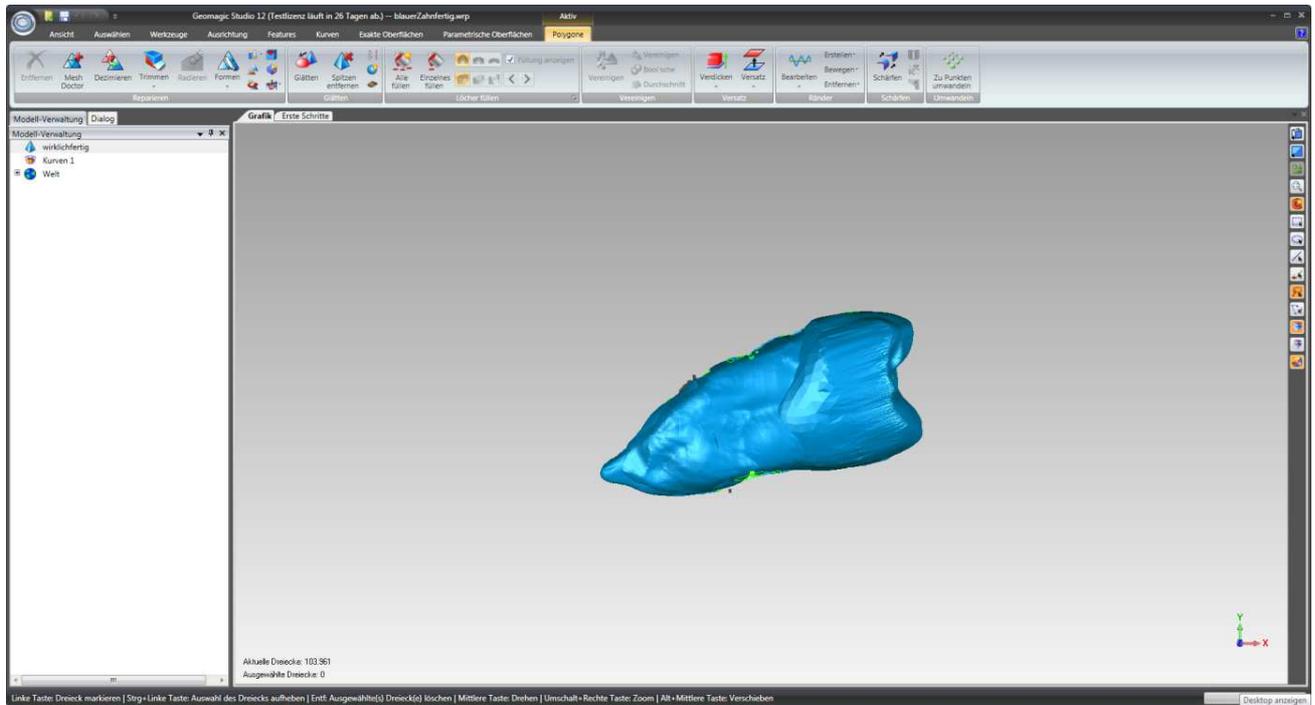
Oberflächen können erweitert und beschnitten werden, um perfekt scharfe Kanten zwischen benachbarten Oberflächen zu erzeugen. Parametrisierte Oberflächen, Körper, Daten und Krümmungen werden nahtlos an CAD-Systeme übertragen, um automatisch geometrische Formen zu konstruieren.

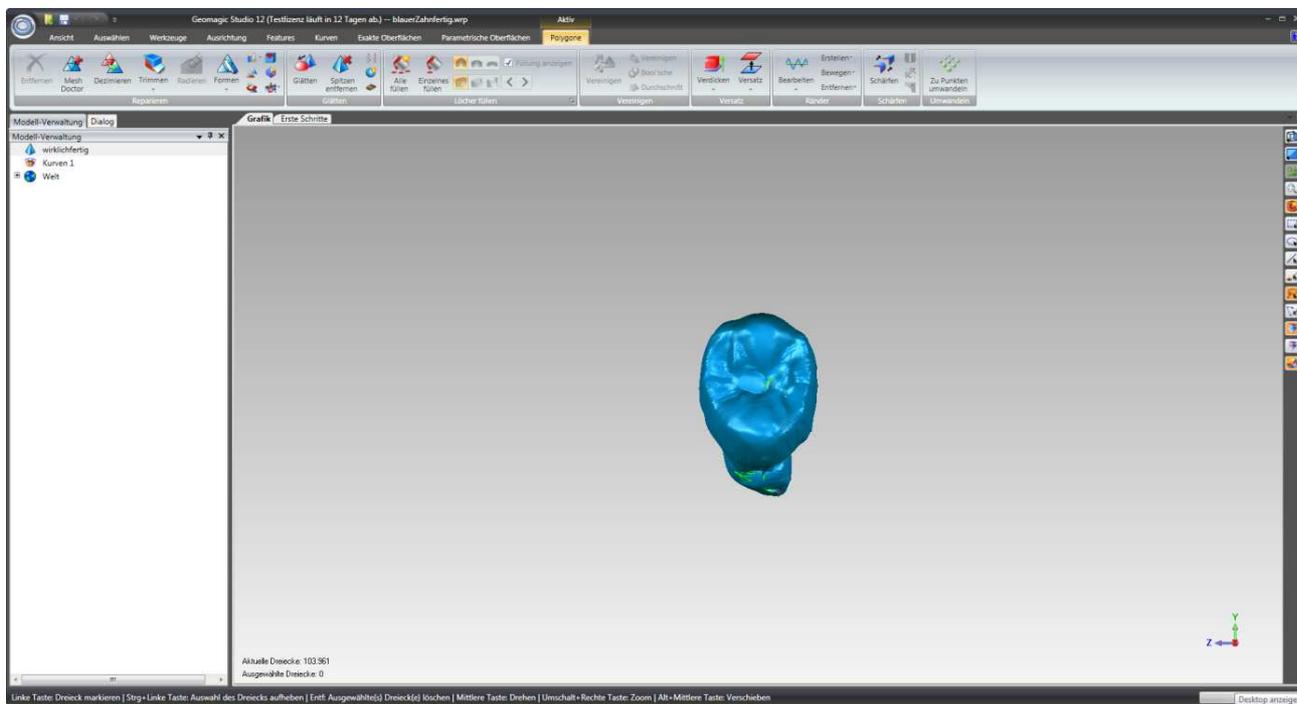
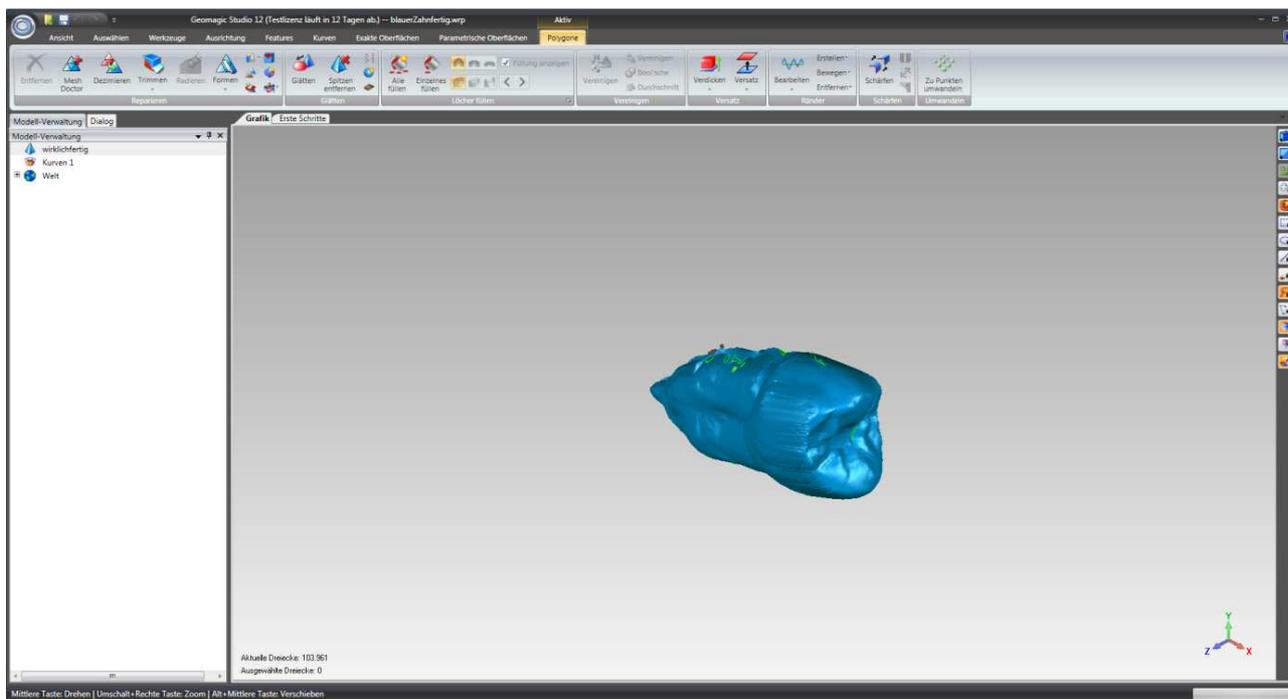
Das zügige Design neuer Produkte, das Redesign und die Nachbildung bestehender Produkte und Bauteile werden durch Geomagic Studio ermöglicht.

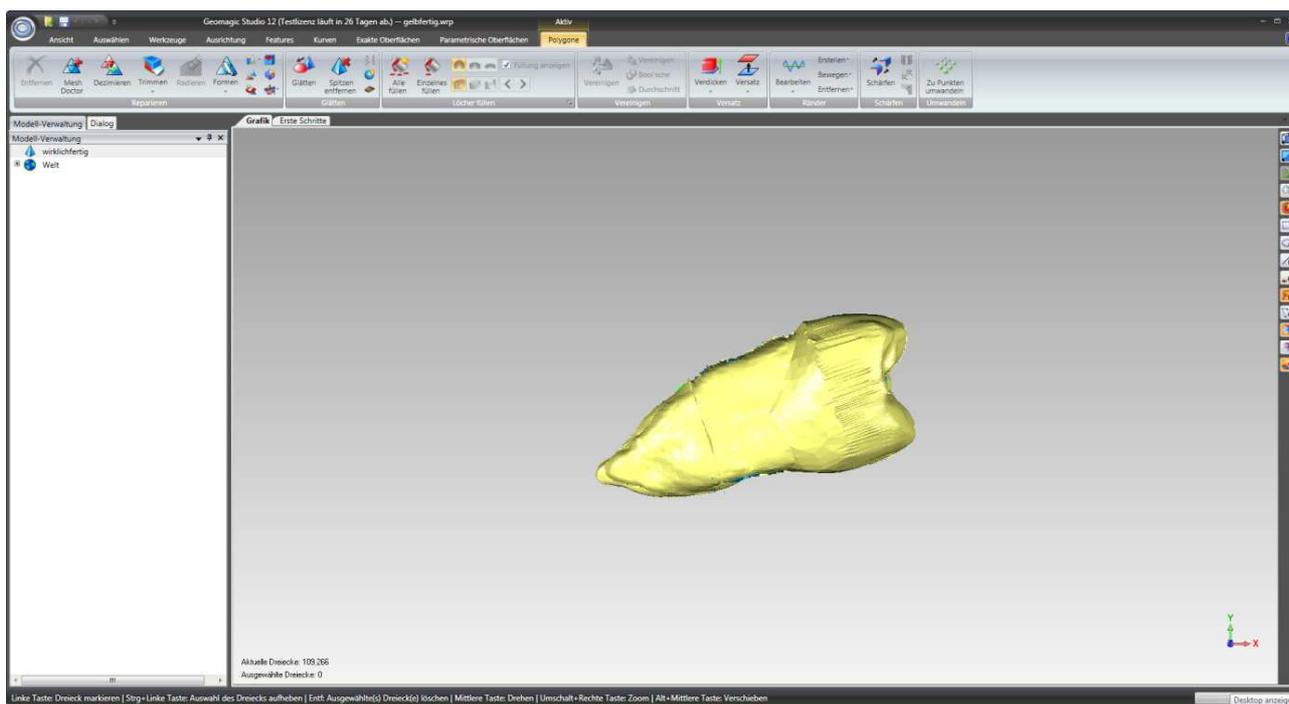
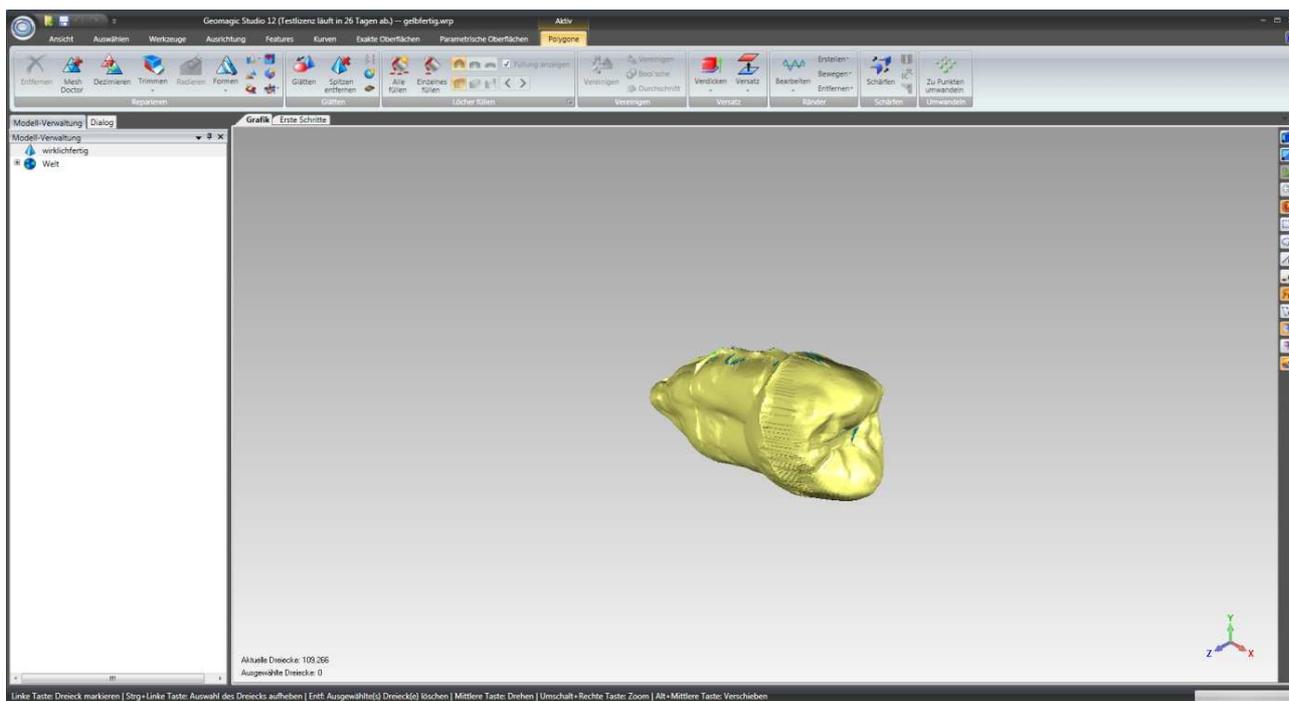
### 3.3.2.3 Realisierung mithilfe von Geomagic Studio

Die STL-Datei wurde mit Geomagic Studio entsprechend den Anforderungen bearbeitet.

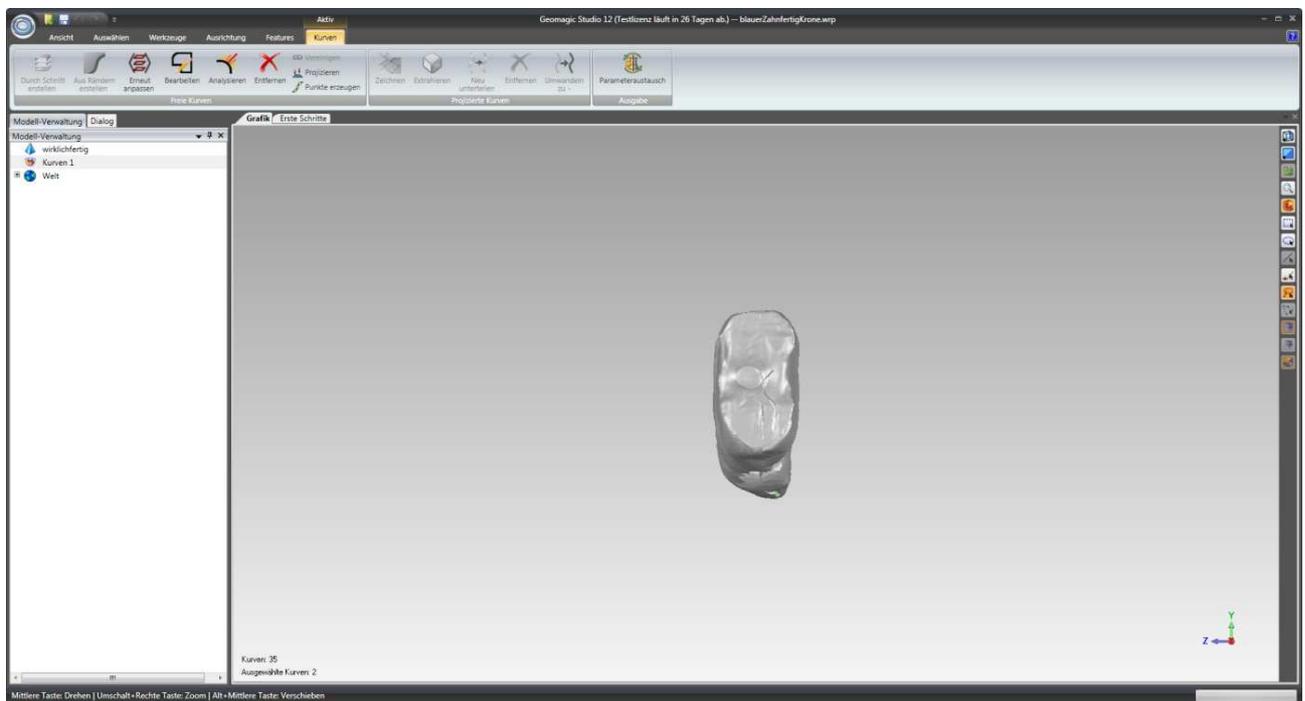
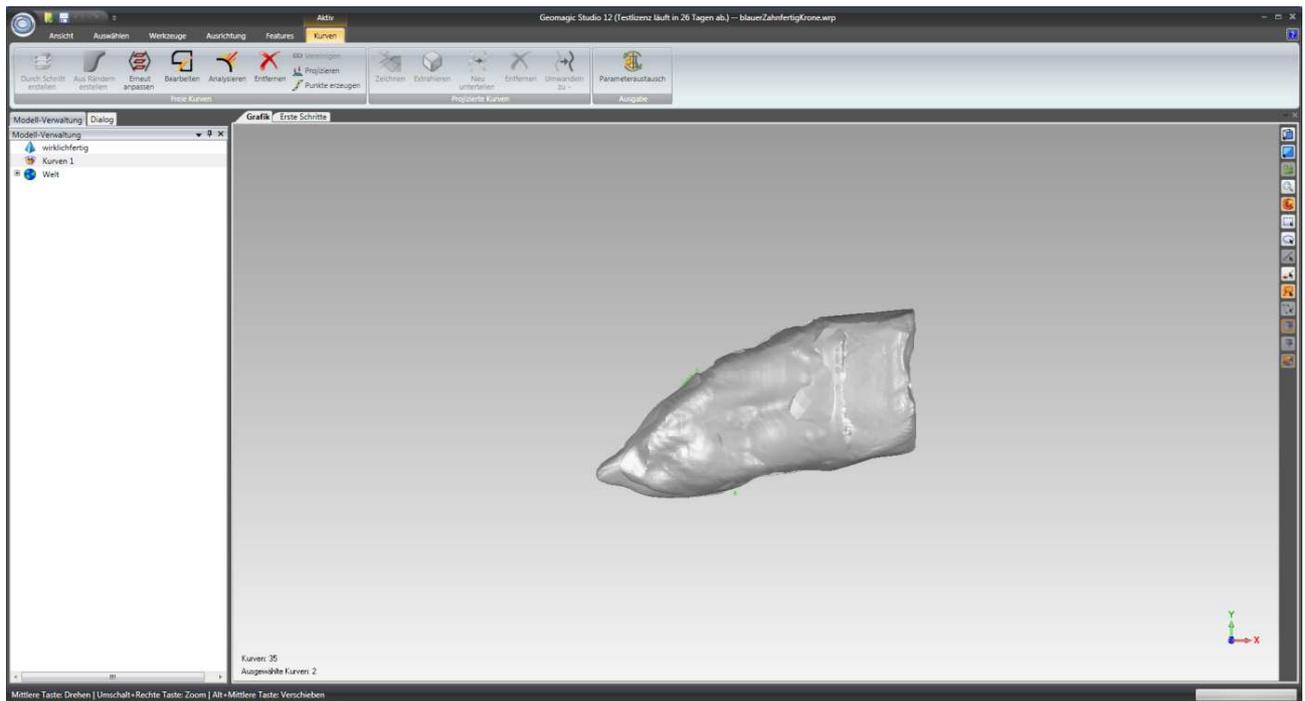
Der Zahn ohne Anpassung des Kronenstumpfes und Retentionen:

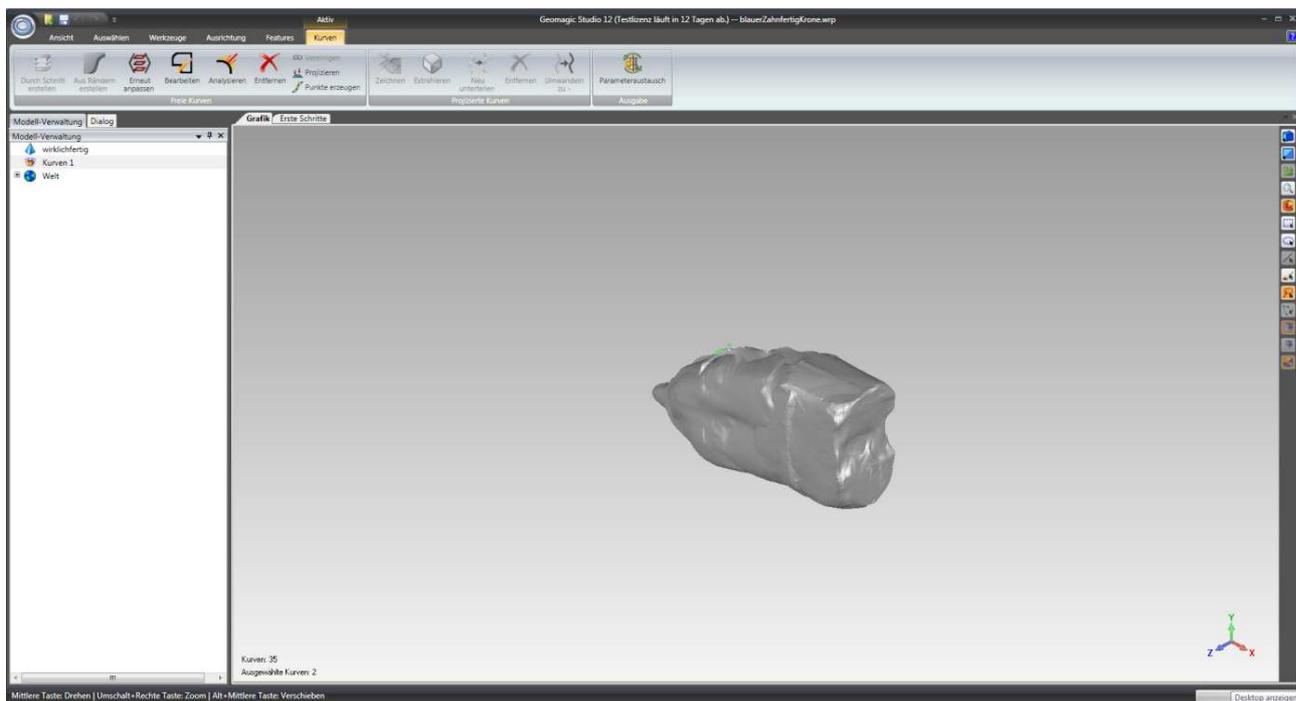
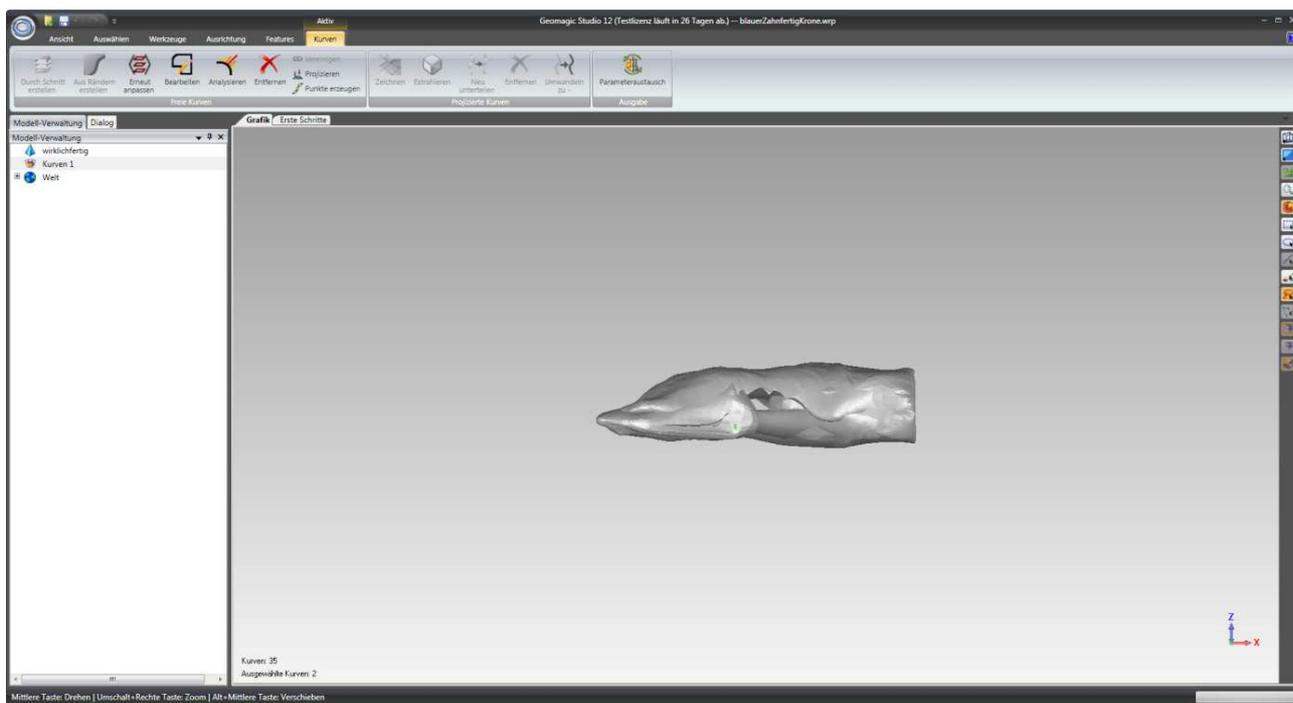




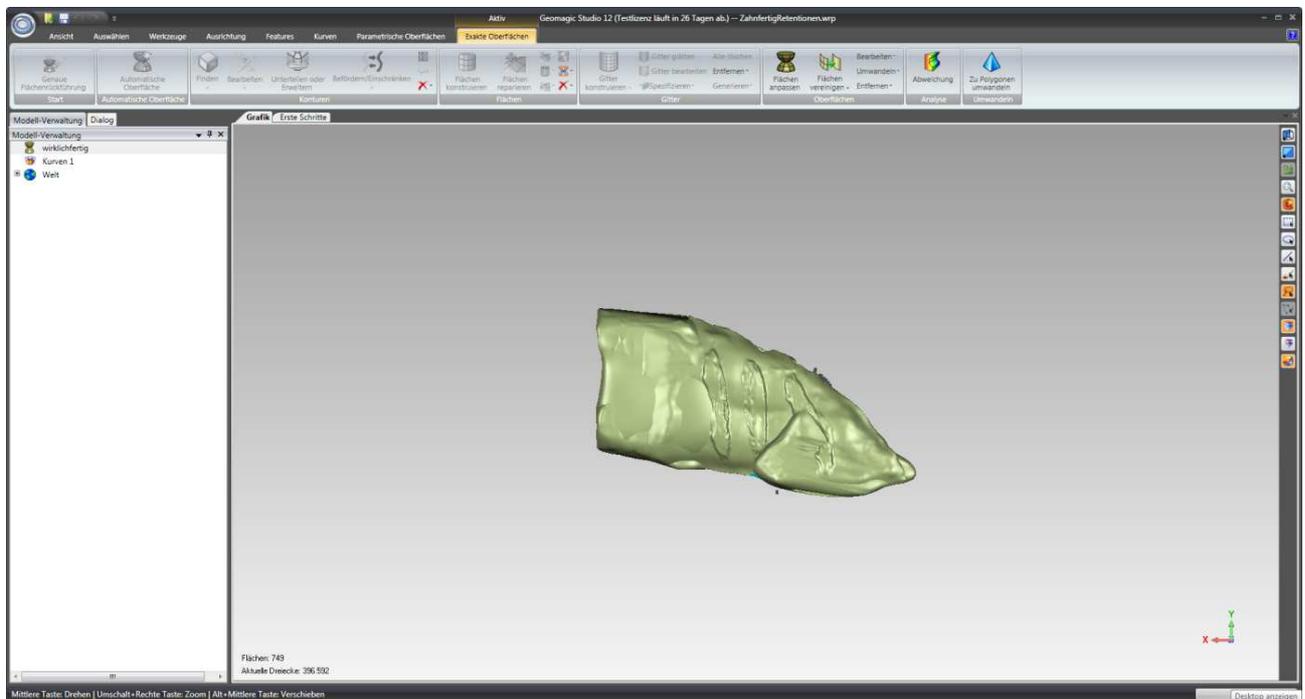
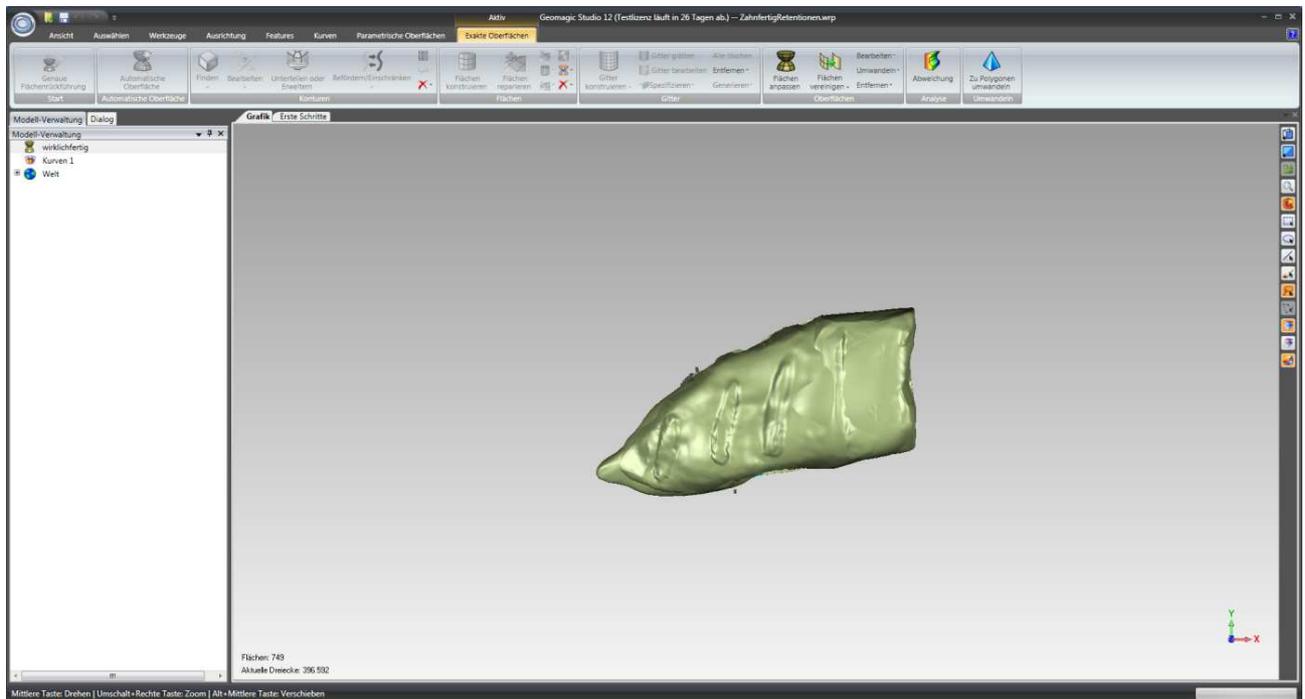


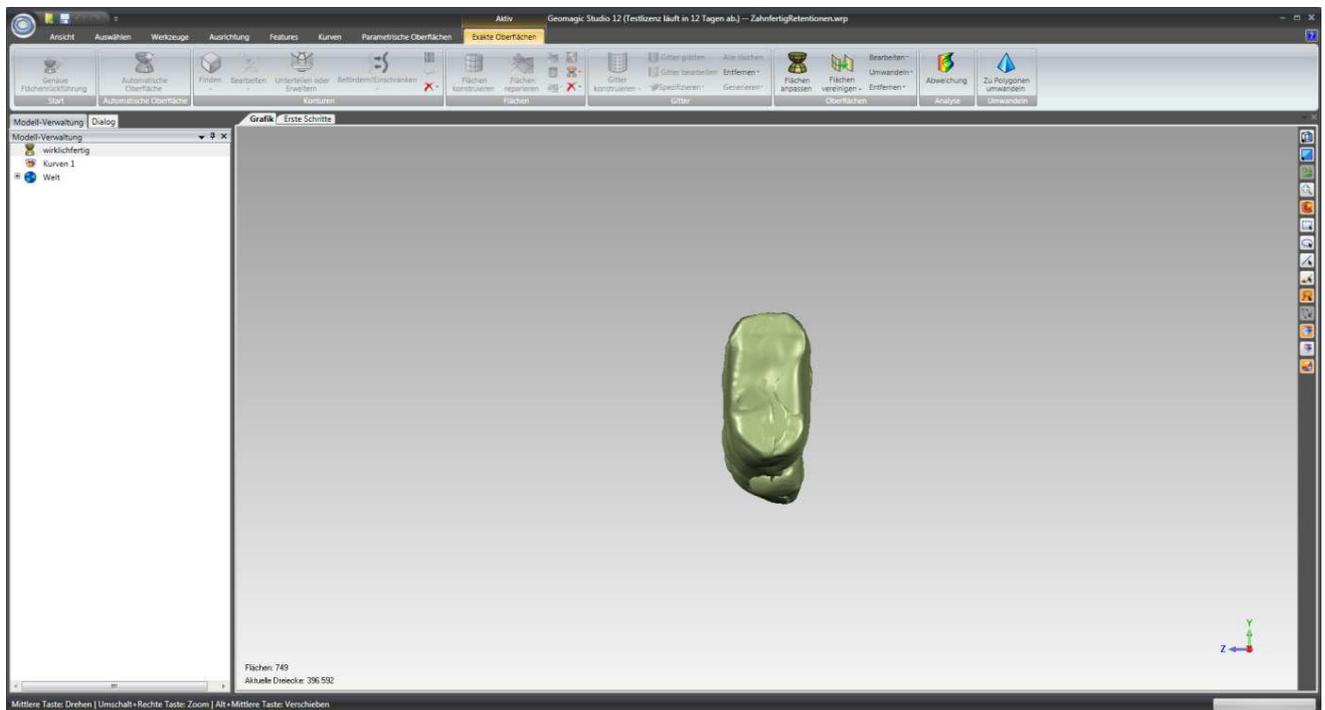
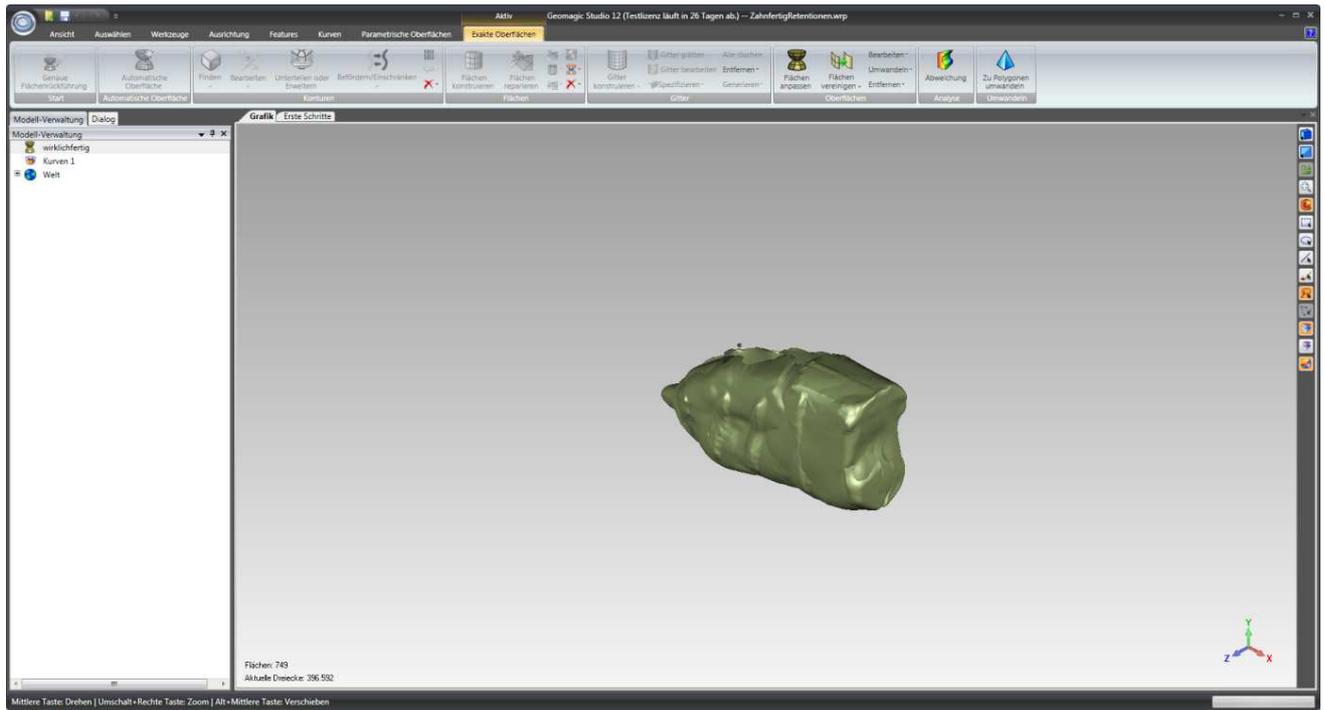
Nach Anpassung des Kronenstumpfes sieht das Modell folgendermaßen aus:





Schlussendlich wurden die Retentionen auf das Modell aufgebracht:





### 3.3.3 Software im Dentalbereich

Es gibt eine Vielzahl von CAD-Software im Dentalbereich. Diese werden meist als Paket mit einem 3D-Scanner angeboten.

CAD-Software wird entweder als offenes System (STL-Datei) oder als geschlossenes System angeboten.

Anschließend folgt eine Übersicht über CAD-Software im Dentalbereich.

#### 3.3.3.1 3Shape - DentalDesigner

Der DentalDesigner von 3Shape ist eine flexible und individuell einstellbare CAD-Software mit der vielfältige Arten dentaler Restauration gestaltet werden können.



Quelle: [http://www.compartis.de/Inhalt/Scan\\_Design/3Shape\\_DentalDesigner.php?highmain=4&highsub=0&highsubsub=0](http://www.compartis.de/Inhalt/Scan_Design/3Shape_DentalDesigner.php?highmain=4&highsub=0&highsubsub=0)

Der DentalDesigner ist sowohl als offenes als auch als geschlossenes System erhältlich. Allerdings ist der DentalDesigner als Kombipaket mit dem Scanner von 3Shape erhältlich.

### 3.3.3.2 Zfx - CAD-Software

Mit der Zfx-CAD-Software können Scandaten und Konstruktionsobjekte bearbeitet werden. Die Eingangsdaten der Konstruktionssoftware sind unsegmentierte 3D-Scans. Ein Vorteil ist die einfache Bedienung durch den Menüassistenten.



Quelle: <http://www.zfx-dental.com/technologie/cad-software/>

Die Zfx-CAD-Software ist ein offenes System. Die Kosten liegen bei 4.000 €.

### 3.3.3.3 Laserdenta - OpenCAD

Mit OpenCAD lassen sich alle Scans im offenen STL-Format ohne Einschränkung bearbeiten. Mit dem Modul OpenCADImplants als implantologische Lösung kann OpenCAD erweitert werden.



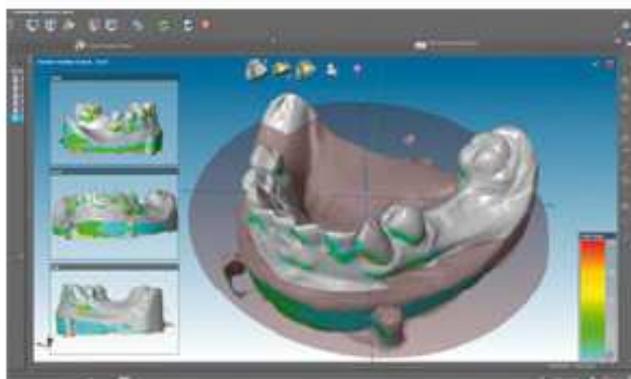
Quelle: <http://www.laserdenta.com/de/opencad-opencadsoftware>

Mit der Software-Erweiterung OpenCAD Implants können auch CT-Daten verwendet werden. Hier kann höchste Sicherheit durch genauere Planung mit Nerv-Kollisionserkennung gewährleistet werden.

Die Kosten für die Software betragen 3.200 €.

### 3.3.3.4 Wieland - Zenotec CAD

Der Anwender kommt durch eine intuitive Menüführung leicht und schnell zu einem optimalen Resultat. Die 3D-CAD-Dentalsoftware ist flexibel und einfach zu bedienen.



Quelle: <http://blog.wieland-dental.de/index.php/category/cadcam/>

Mit dem Zenotec CAD ImplantDesigner stehen Modellationswerkzeuge zur Verfügung. Die Software steht in Kombination mit Scanner und Fräse, aber auch einzeln zum Verkauf.

### 3.3.3.5 Amann Girrbach - Ceramill Mind

Mit Ceramill Mind können Präparationsgrenzen erkannt werden. Ebenso ist die offene Systemarchitektur (Dateityp: STL) von Vorteil.



Quelle: <http://www.amangirrbach.com/de/produkte/ceramill-cadcam-geruestherstellung/ceramill-mind/>

### 3.3.3.6 Renishaw - incise™-CAD-Software

Mit der incise™-CAD-Software können anspruchsvolle Restaurationen verwirklicht werden. Durch intelligente Platzierung der Präparationsgrenze ist eine optionale manuelle Anpassung möglich.

Die Software verfügt über zahlreiche Werkzeuge wodurch Festigkeitsberechnungen zur Ermittlung von problematischen Bereichen durchgeführt werden können und ebenso verfügt sie über Schneid- und Messwerkzeuge.

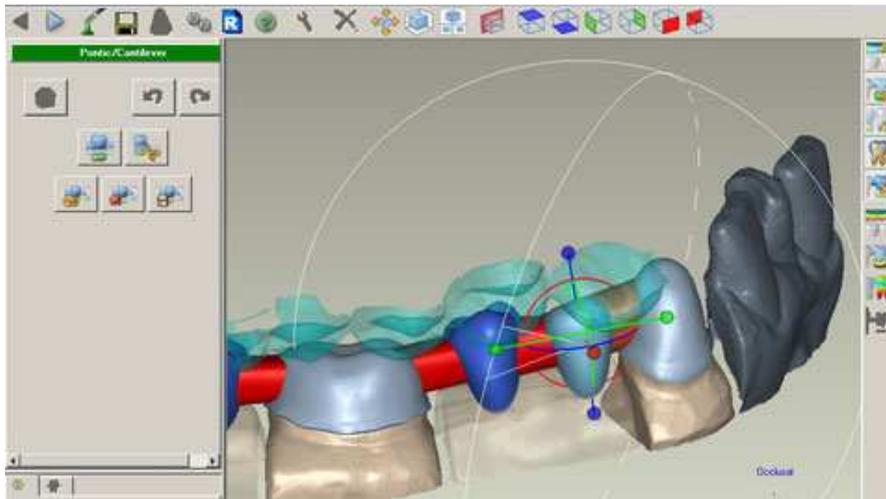


Quelle: <http://www.renishaw.de/de/was-spricht-fuer-das-dentale-incise-cad-cam-system-von-renishaw--11455>

### 3.3.3.7 KaVo - Energy CAD-Software

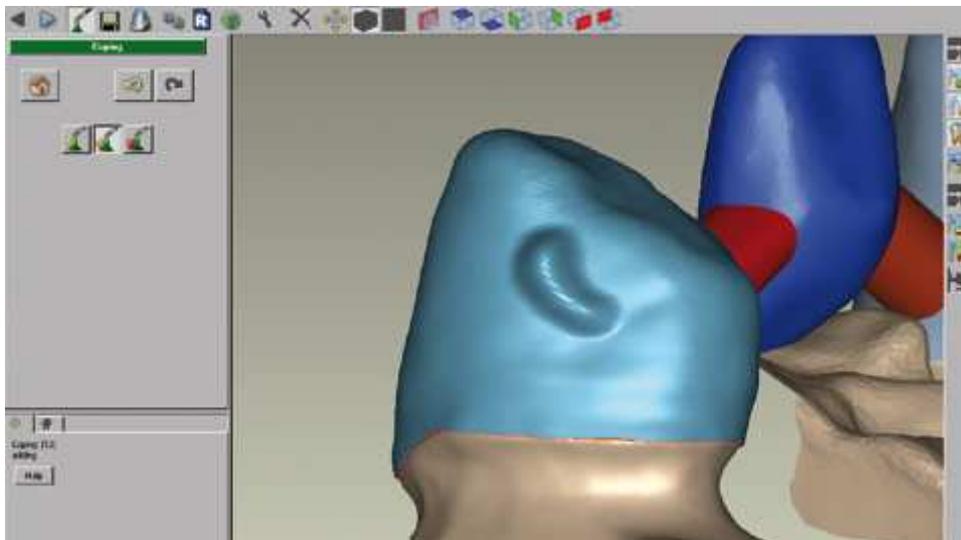
Die Bedienung ist besonders einfach und anwendungsfreundlich durch die klar strukturierte Benutzeroberfläche. Die Software kann um einzelne Module wie z.B. das „Implantat-Abutment“ jederzeit erweitert werden.

Schnelligkeit und eine klar strukturierte Oberfläche erleichtern das Arbeiten mit der Energy CAD-Software.



Quelle: <http://www.kavo-everest.com/DE/Software.aspx>

Mithilfe des virtuellen Wachsmessers kann das virtuelle Modell dreidimensional am Bildschirm bearbeitet werden. Durch präzise Materialauf- oder abtragungen für Höcker oder fehlende Substanz wird eine schnelle und genaue Modellation ermöglicht. Diese Wachsmodellierung in Echtzeit ermöglicht es jederzeit Schritte rückgängig zu machen bzw. zu optimieren.



Quelle: <http://www.kavo-everest.com/DE/Software/Wachsmesser.aspx>

KaVo Energy CAD ist ein offenes System (STL-Dateien). Die Kosten für die Software belaufen sich auf ca. 4.000 €.

### **3.3.3.8 Zusammenfassung - Software im Dentalbereich**

Die Auswahl der Software im Dentalbereich fällt auf die KaVo Energy CAD.

Durch das virtuelle Wachsmesser liegt diese Software klar vorne. Da der Kronenstumpf abgefräst und die Retentionen aufgebracht werden müssen ist das mit der KaVo Energy CAD-Software am einfachsten zu realisieren.

## 4 CNC-FRÄSMASCHINE

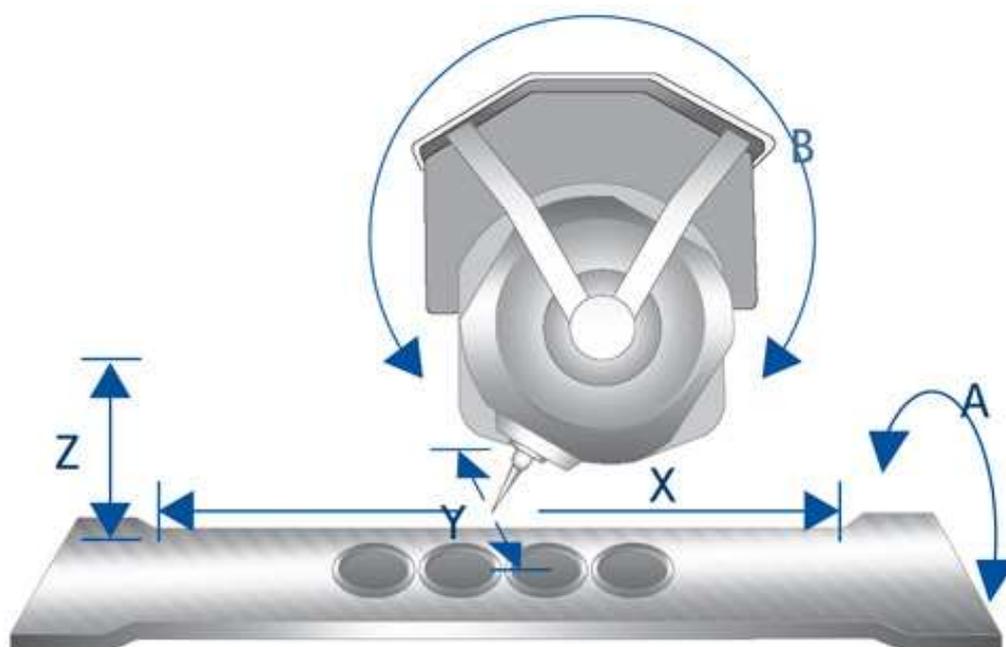
### 4.1 Einleitung - Fräsmaschinen

Die CAD/CAM Technologie hat sich in den letzten Jahren in der dentalen Welt etabliert. Durch den Einsatz von Dentalscannern und CNC-Fräsmaschinen können Effizienz und Präzision gesteigert werden.

Um die Anforderungen des individualisierten Sofortzahnimplantats zu erfüllen ist es erforderlich, dass die Fräsmaschine über 5 Achsen verfügt.

Durch die CNC-Technik wird das 3D-Fräsen ermöglicht, um komplizierte 3D-Konturen zu erzeugen. Das Werkstück wird vorwiegend in vielen kleinen nebeneinanderliegenden Zeilen abgefahren. Der Fräser der Maschine kann beim 5-Achsen Fräsen unter jedem Winkel am Werkstück positionieren, so dass komplexe 3D-Konturen gefertigt werden können.

Die folgende Grafik soll die Arbeitsweise der Achsen genauer erklären:



Quelle: [http://www.dentallabor-kampmann.de/kampmann\\_cms/innovation.php](http://www.dentallabor-kampmann.de/kampmann_cms/innovation.php)



Die X-, Y- und Z-Achsen definieren die vertikalen und horizontalen Verfahrswege im Raum.



Die A-Achse bezeichnet den Schwenkbereich der Spannbrücke, und bestimmt somit die Werkstückrotation.



Die B-Achse gibt den Rotationsbereich von Werkzeug und Spindel an.

## 4.2 Marktanalyse - Fräsmaschinen

### 4.2.1 Lycodent - Pluramill Mach5

Die Pluramill Mach5 verfügt über 5 Achsen und die CAD-Software kann frei gewählt werden. Ebenso können alle Materialien bearbeitet werden.

Neben den üblichen Fräsarbeiten im vier- oder fünf-Achs Simultanbetrieb können hier zusätzliche Funktionen wie Bohren, Gewindefräse usw. ausgeführt werden.

Die Pluramill Mach5 wird in Zahnarztpraxen, Dentallaboratorien, Praxislaboratorien und professionellen Fräszentren eingesetzt.



Quelle: <http://www.lycodent.de/produkte.html>

### 4.2.2 Roland DG - DWX-50

Mit dieser modernen und fortschrittlichen 5-Achsen-Fräsmaschine können hochwertige Zahnprothesen, wie Kronen, Brücken und Implantate kostengünstig angefertigt werden.

Zusätzlich zu den X-, Y- und Z-Achsen (zum Fräsen) rotiert die DWX-50 Blöcke und Scheiben aus Zirkonoxid um 360 Grad in beiden Richtungen und neigt diese um 20 Grad nach

vorne und hinten, um sogenannte Unterschnitte zu unterstützen.



Quelle: <http://www.horbach-giesstechnik.de/shop/CNC-Scannen-und-Fraesen/Dental-CNC-Fraesmaschinen/5-Achsen-Dental-Fraesmaschine-DWX-50::2835.html>

Diese Maschine hat einen automatischen Werkzeugwechsler, der bis zu fünf verschiedene Fräswerkzeuge bereit hält, wodurch sich ein einfacher Produktionsprozess ergibt.

Die DWX-50 verfügt ebenso über eine integrierte Staubfangkapsel mit Absaugvorrichtung und Druckluftzuführung, womit der anfallende Frässtaub vollständig aufgefangen werden kann.

Da die DWX-50 eine offene Schnittstellenarchitektur unterstützt können gängigste 3D-Scanner und CAD Softwareprogramme integriert werden.

Die Kosten der DWX-50 liegen bei 23.000 €.

#### **4.2.3 Laserdenta - OpenMill 500**

Die OpenMill 500 verfügt über fünf Achsen und ist dadurch vielseitig einsetzbar und ermöglicht einfaches, präzises Herstellen von Zahnersatz und vielem mehr. Da Hardware durch einfache Änderung und Ergänzung von Software für zukünftige Entwicklungen im Dentalbereich einsetzbar sein muss ist es von Vorteil ein offenes System zu verwenden, da hier der Import von STL Dateien möglich ist.

Die Laserdenta OpenMill 500 verfügt auch über eine „Ist-Position-Steuerung“, wodurch eine hohe Genauigkeit erzielt werden kann.



Quelle: <http://www.laserdenta.com/de/openmill-openmill500>

Außerdem können bei dieser Fräsmaschine alle Materialien verwendet werden und sie verfügt auch über einen automatischen Werkzeugwechsler (11 Werkzeuge).

#### 4.2.4 KaVo - Everest Engine

Die Everest Engine ermöglicht geometrisch anspruchsvolle Konstruktionen mit unter sich gehen Stellen, sogenannten Unterschnitten.



Quelle: <http://www.kavo-everest.com/DE/Everest/Everest-Engine.aspx>

Besonders große Reichweiten und breite Bewegungswinkel sorgen auf den fünf Achsen X, Y, Z, A und B für höchstmögliche Vielfalt und Präzision. Spezialbeschichtungen und spezielle Fräsgeometrien sorgen für hohe Standfestigkeit und Lebensdauer.

#### 4.2.5 DATRON D5

Die DATRON D5 ist eine 5-Achsen Fräsmaschine und verfügt über eine offene Schnittstelle, mit der alle marktgängigen CAD-Softwarelösungen verwendet werden können. Das modulare Konzept und der hochpräzise Aufbau sind für die steigenden Anforderungen der dentalen CAD-Technologie ausgelegt.



Quelle: <http://www.datron.de/?id=819&gclid=COTXyNuzwawCFakumAod6301qw>

#### 4.2.6 Wieland Dental - Zenotec 6200 L5

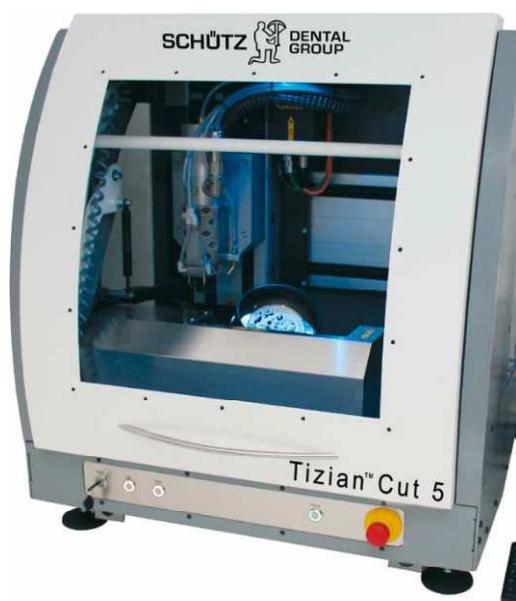


Quelle: [http://www.wieland-dental.de/produkte/zenotec/fraesmaschinen/zenotec-6200-l5/page.html?no\\_cache=1&L=0](http://www.wieland-dental.de/produkte/zenotec/fraesmaschinen/zenotec-6200-l5/page.html?no_cache=1&L=0)

Die Zenotec 6200 L5 ist eine hochdynamische Präzisionsmaschine mit 5 Achsen, mit einer Bearbeitungsgenauigkeit von ca. 5 $\mu$ .

Der Preis der Zenotec 6200 L5 liegt bei 134.500 €.

#### 4.2.7 Tizian Cut5



Quelle: <http://www.schuetz-dental.de/index.php?id=130&L=0>

Die Tizian Cut5 hat 5 Achsen und verfügt über 250 Frässtrategien welche individuell erweiterbar sind.

Diese Maschine verfügt auch über eine offene Schnittstelle und ebenso über einen 8-fach Werkzeugwechsler.

### 4.3 Auswahl einer CNC-Fräsmaschine

Da die vorgestellten Fräsmaschinen dieselben Grundvoraussetzungen (wie zB das Fräsen von Zirkonoxid und das Fräsen mit 5 Achsen) aufweisen, wird die Wahl der Fräsmaschine hier vor allem durch eine kostengünstige Lösung entschieden.

Die Roland DG - DWX-50 ist hier klar im Vorteil mit einem Preis von 23.000 €, da die meisten Mitbewerber Fräsmaschinen lediglich ab ca. 80.000 € anbieten.



Quelle: <http://www.horbach-giesstechnik.de/shop/CNC-Scannen-und-Fraesen/Dental-CNC-Fraesmaschinen/5-Achsen-Dental-Fraesmaschine-DWX-50::2835.html>

## 5 KOSTENSCHÄTZUNG

Durch die Auswahl der einzelnen Produkte der Prozesskette kann folgende Kostenschätzung abgegeben werden.

Scanner:

Heimerle & Meule: Open Scan HM5 € 13.990,-

Software:

KaVo - Energy CAD-Software € 4.000,-

CNC-Fräsmaschine:

Roland DG - DWX-50 € 23.000,-

Das ergäbe insgesamt: € 40.990,-

Eine Alternative zur Finanzierung dieser Systeme wäre es die Daten an ein Fräszentrum zu schicken und dort fräsen zu lassen. Allerdings ist hier die Frage, ob das gewünschte Implantat rechtzeitig hergestellt werden kann. Ebenso sind die Kosten auf Dauer höher als wenn man in die einzelnen Systeme investiert.

## 6 ZUSÄTZLICHE INFORMATIONEN

### 6.1 Medizinproduktegesetz

Als Medizinprodukte gelten gemäß Instrumente, Vorrichtungen, Substanzen, die zur Diagnostik, Therapie, Überwachung und Verhütung eingesetzt werden. Ausgenommen hiervon sind kosmetische Produkte, Arzneimittel und menschliche Transplantate.

Medizinprodukte werden in die folgenden Klassen eingeteilt:

- Aktive Medizinprodukte (elektrisch betrieben)
- Nicht aktive Medizinprodukte
- Medizinprodukte in der In-vitro Diagnose (HIV-Tests, Hepatitis-Tests)
- Implantierbare Medizinprodukte

Die Medizinproduktklasse laut Medizinproduktegesetz orientiert sich am entstehenden Risiko, durch Anwendung des Produktes.

Es gibt vier Risikoklassen:

- Klasse I: zB ärztliche Instrumente, Gehhilfen, Rollstühle, Verbandmittel usw.
- Klasse IIa: Dentalmaterialien, Hörgeräte, Kontaktlinsen, Zahnkronen usw.
- Klasse IIb: Beatmungsgeräte, Bestrahlungsgeräte, Dialysegeräte, Dentalimplantate
- Klasse III: Herzkatheter, künstliche Hüft-, Knie- oder Schultergelenke usw.

Das Medizinproduktegesetz regelt die Zulassung, Inverkehrbringung und Kontrolle von Medizinprodukten.

Wenn der begründete Verdacht besteht, dass Medizinprodukte die Sicherheit und die Gesundheit der Patienten bei sachgerechter Anwendung gefährden, ist es verboten diese in Betrieb zu nehmen oder anzuwenden.

## 6.2 CE-Zeichen (Konformitätserklärung)

Die Inverkehrbringung setzt die CE-Kennzeichnung auf dem Gerät selbst, auf der Betriebsanleitung oder bei sterilen Geräten und Instrumenten auf der Außenseite der Verpackung voraus.

Die Kennzeichnung erfolgt durch die Stelle, die das Konformitätsbewertungsverfahren durchführt. Bei Medizinprodukten der Klasse I hat der Hersteller das Konformitätsbewertungsverfahren durchzuführen und für jedes Produkt eine technische Dokumentation zu erstellen. Die CE-Kennzeichnung wird durch eine vierstellige Nummer ergänzt, die Verantwortung für das Produkt verbleibt jedoch beim Hersteller. Als Hersteller im Sinne des Medizinproduktegesetzes gilt derjenige, der das Produkt innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraumes in Verkehr bringt, unabhängig davon wer das Produkt produziert.

Der Hersteller bestätigt, durch Anbringen der CE-Kennzeichnung, dass das Produkt den produktspezifisch geltenden europäischen Richtlinien entspricht. Diese Kennzeichnung ist als Marktzulassungszeichen und nicht als Herkunfts-, Qualitäts- oder Gütekennzeichens anzusehen. Aus der Konformitätserklärung ist zu ersehen, welche EU-Richtlinie für die CE-Kennzeichnung angewandt wurde.

Grundsätzlich dürfen Medizinprodukte nur in Verkehr gebracht und in Betrieb genommen werden, wenn diese mit der CE-Kennzeichnung gemäß dem Medizinproduktegesetz versehen sind. Hiervon ausgenommen sind **Sonderanfertigungen**, Systeme sowie Medizinprodukte für klinische Prüfung und Ausstellungsstücke.

Eine Sonderanfertigung ist ein Medizinprodukt, das nach schriftlicher Verordnung eines Arztes oder einer sonst aufgrund ihrer beruflichen Qualifikation rechtlich befugten Person unter ihrer Verantwortung eigens angefertigt und ausschließlich für den namentlich genannten Patienten bestimmt ist.

Das bedeutet, dass das individualisierte Zahnimplantat keine CE-Kennzeichnung aufweisen muss, da hier eine Sonderanfertigung vorliegt.

## 6.3 Zirkonoxid

In den letzten Jahren wurde eine zunehmende Sensibilisierung der Patienten auf metallische und polymere Werkstoffe festgestellt. Die Auswirkungen werden schnell zum Problem, da die Unverträglichkeitsreaktionen die zahnärztliche Versorgung mit Ersatzmaterialien erschweren. Sensibilisierungsreaktionen auf Gold und Goldlegierungen und auch auf die in praktisch allen dentalen Legierungen vorkommenden Edelmetalle Platin und Palladium zeigen die dramatisch steigenden Unverträglichkeitsreaktionen der Patienten.

Durch diese genannten Umweltbedingungen ist es wichtig Materialien zu finden mit möglichst geringem Sensibilisierungspotential. Da keramische Werkstoffe die werkstoffkundlichen Eigenschaften von Edelmetalllegierungen oder Kunststoffen übertreffen ist der Verzicht von Metallen und Kunststoffen vorteilhaft.

### 6.3.1 Radioaktivität

Was die radioaktive Strahlung von Zirkonoxid betrifft gibt es zahlreiche Unklarheiten und Behauptungen.

In Abhängigkeit von ihrer Abbauregion sind zirkonhaltige Sande, die als natürliches Rohmaterial dienen, unterschiedlich stark mit radioaktiven Isotopen, wie Uran, Thorium und deren Zerfallprodukte belastet. Durch chemische Behandlung von Zirkonsand ( $ZrSiO_4$ ) erfolgt die Herstellung von Zirkonoxid. In mehreren Schritten werden diese Materialien chemisch aufgelöst und chemisch so gereinigt, dass daraus ein hoch reines Ausgangsprodukt entsteht, welches mit 3 Mol-% Yttriumoxid ( $Y_2O_3$ ) legiert, wärmebehandelt und gemahlen wird. Dieser daraus entstehende Rohstoff ist hoch rein und praktisch frei von allen störenden Verunreinigungen, auch von strahlenden Anteilen.

Da Zirkonoxid präzise mittels moderner CAD/CAM-Techniken bearbeitet werden kann wird die Herstellung von ausgedehntem metallfreien Zahnersatz ermöglicht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Zirkonoxid den Organismus weit weniger stark belastet als natürliche oder kosmetische Strahlungsquellen. Da die zahnärztliche Versorgung mit Zirkonoxidkeramiken dem Körper eine bestimmte Anpassungsleistung abverlangt ist diese bei chronisch stark vorbelasteten und hypersensibilisierten Patienten erschöpft und somit können diese auf Zirkonoxidkeramiken ebenfalls mit Unverträglichkeit reagieren.

### **6.3.2 Einfärbung in Zahnfarbe**

Die Färbung spielt bei einer Zahnrestauration eine wichtige Rolle um ein ästhetisches Ergebnis zu erzielen. Diese Anpassung stellt jedoch eine große Herausforderung dar und setzt Kenntnisse über die physikalische Funktionsweise der Farbwahrnehmung des menschlichen Auges voraus.

#### **6.3.2.1 Farbwahrnehmung des menschlichen Auges**

Farbe wird wahrgenommen, wenn Rezeptoren auf der Netzhaut Licht einer bestimmten Wellenlänge absorbieren. Die Netzhaut ist eine lichtempfindliche Schicht auf der hinteren Innenseite des Auges, die Signale empfängt, welche dann als Nervenimpulse an das Gehirn weitergeleitet werden.

Je nach Wellenlänge wird das vorhandene Licht unterschiedlich absorbiert, reflektiert oder gestreut. Die verschiedenen Farben hängen von den unterschiedlichen Absorptionsspektren ab.

#### **6.3.2.2 Einfärben in Zahnfarbe**

Die Farbe eines Zahnes kann in einem Bereich von weiß bis beige-gelblich liegen. Dies hängt von der chemischen Zusammensetzung und der Anhaftung von Farbstoffen z.B. durch Rauchen, Kaffee oder Tee ab. Das verfügbare Licht, das auf ein Objekt fällt spielt hier ebenso eine Rolle.

Bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen, wie z.B. Sonnenlicht, künstlichem Licht oder Schwarzlicht, kann eine keramische Zahnrestauration eine leicht unterschiedliche oder auch eine komplett andere Farbe annehmen. Das kommt daher, dass sich jede dieser Lichtquellen aus einem anderen Wellenspektrum zusammensetzt und von unterschiedlicher Intensität ist.

Die bevorzugte Methode zum Einfärben von Keramik bestand in der Vergangenheit darin, vor dem Brennen Farbpigmente hinzuzufügen. Um beispielsweise Glaskeramik einzufärben wird dieses Verfahren gewählt.

Bei Zirkonoxid hingegen, bereitet das Hinzufügen von Farbe zum Grundmaterial aufgrund der hohen Brenntemperatur größere Schwierigkeiten als bei Glas- oder Verblendkeramiken. Deswegen werden stattdessen Farbionen zum Erzielen der gewünschten Farbe verwendet. Da das Material im vorgesinterten Zustand noch porös ist, wird die vorgesinterte Restauration dazu in eine Färbelösung mit verschiedenen Farbionen getaucht, wo diese die Färbelösung aufsaugen kann. Aus der unterschiedlichen Konzentration von drei verschiedenen Ionen ergibt sich die Farbe für die jeweilige Färbelösung wodurch wiederum verschiedene Absorptionsspektren der Flüssigkeit erzielt werden.

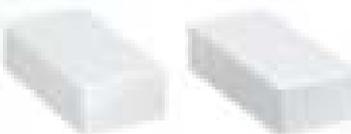
Um trotz der Kolorierung eine hohe Lichtdurchlässigkeit zu erzielen müssen die Farben so optimiert werden, dass genau die richtige Wellenlänge absorbiert werden kann. Die Lichtdurchlässigkeit kann auch durch die Stärke des Materials bestimmt werden. Durch das Einfärben des Materials lassen sich die mechanischen Eigenschaften beeinflussen und eine höhere Festigkeit erzielen.

Beim individuellen Zahnimplantat kann das Einfärben vernachlässigt werden, da auf dem Implantatstumpf ohnehin eine Krone zementiert werden muss und es daher nicht unbedingt sinnvoll ist das Implantat ebenfalls einzufärben.

### 6.3.3 Rohmaterial - Materialbeschaffung

#### 6.3.3.1 Heimerle Meule - isostatic Zirkondioxidrohlinge

<http://www.heimerle-meule.com/images/hm/pdf/de/dental/dentalerzeugnisse.pdf>  
(Seite 17)

Zirkondioxidrohlinge	
	Zirkondioxidrohling - isostatic - Größe 5/16 25 x 56 x 16 mm (5er Block)  3 Stück    7754 3 013 <b>140,00 €</b>
	Zirkondioxidrohling - isostatic - Größe 9/16 37 x 74 x 16 mm (9er Block)  2 Stück    7754 3 014 <b>160,00 €</b>
	Zirkondioxidrohling - isostatic - Größe 9/22 37 x 74 x 22 mm (9er Block)  2 Stück    7754 3 015 <b>190,00 €</b>
	Zirkondioxidrohling - isostatic - Größe 24/22 Ø 98,5 x 22 mm  1 Stück    7754 3 016 <b>298,00 €</b>

### 6.3.3.2 Amann Girrbach - Ceramill ZI Preforms

[http://www.amanngirrbach.com/uploads/media/PI\\_Ceramill\\_Preforms\\_DE.pdf](http://www.amanngirrbach.com/uploads/media/PI_Ceramill_Preforms_DE.pdf)



760101	Ceramill ZI Preforms 12 Stück (Ø 16,5) h = 16mm	159,00 €
760102	Ceramill ZI Preforms L 12 Stück (Ø 16,5) h = 20mm	169,00 €
760972	Positionierhilfe Preforms	8,00 €
760910	Halteplatte Preforms 50 Stück	23,50 €

### 6.3.3.3 Zircotec - BioZirkon

<http://www.zircotec.de/zircotec-shop/wbc.php?sid=1542d103e&tpl=produktlistegross.html&rid=61>



Material	Größe (cm)		Preis
Zirkon	Höhe 10 mm	ab 1 Stück	€ 165,00
		ab 10 Stück	€ 132,00
Zirkon	Höhe 12 mm	ab 1 Stück	€ 171,00
		ab 10 Stück	€ 137,00
Zirkon	Höhe 14 mm	ab 1 Stück	€ 177,00
		ab 10 Stück	€ 142,00

Zirkon	Höhe 16 mm	ab 1 Stück	€ 197,00
		ab 10 Stück	€ 158,00
Zirkon	Höhe 18 mm	ab 1 Stück	€ 217,00
		ab 10 Stück	€ 174,00
Zirkon	Höhe 20 mm	ab 1 Stück	€ 237,00
		ab 10 Stück	€ 190,00

### 6.3.3.4 Copran Zirkon Blanks: Zirkonzahn® Milling System

[http://www.white-peaks-dental.de/copran\\_zz.php](http://www.white-peaks-dental.de/copran_zz.php)



Art.-Nr.	Artikel	Einzelpreis
10500	Copran Zirkon-Blank polygonal 98 x 88 x 16 mm	159,00 €
10505	Copran Zirkon-Blank polygonal 98 x 88 x 18 mm	174,00 €
10510	Copran Zirkon-Blank polygonal 98 x 88 x 20 mm	189,00 €
10520	Copran Zirkon-Blank polygonal 98 x 44 x 16 mm (Halbform)	84,50 €
10525	Copran Zirkon-Blank polygonal 98 x 44 x 18 mm (Halbform)	92,00 €
10530	Copran Zirkon-Blank polygonal 98 x 44 x 20 mm (Halbform)	99,50 €

### 6.3.3.5 Copran Zirkon Blanks: KaVo Everest

[http://www.white-peaks-dental.de/copran\\_ka.php](http://www.white-peaks-dental.de/copran_ka.php)



Art.-Nr.	Artikel	Einzelpreis
10600	Copran Zirkon-Blank Zylinder 16 ø x 16 mm	97,00 €
10610	Copran Zirkon-Blank Zylinder 20 ø x 20 mm	110,00 €
10670	Copran Zirkon-Blank Quader 42 x 20 x 16 mm	169,00 €
10680	Copran Zirkon-Blank Quader 42 x 20 x 20 mm	189,00 €
10690	Copran Zirkon-Blank Quader 60 x 20 x 25 mm	156,00 €

### 6.3.3.6 Copran Zirkon Blanks: Wieland ZENO® Tec

[http://www.white-peaks-dental.de/copran\\_ze.php](http://www.white-peaks-dental.de/copran_ze.php)



Art.-Nr.	Artikel	Einzelpreis
10540	Copran Zirkon-Blank 98 ø x 10 mm	129,00 €
10550	Copran Zirkon-Blank 98 ø x 12 mm	149,00 €
10560	Copran Zirkon-Blank 98 ø x 14 mm	159,00 €
10570	Copran Zirkon-Blank 98 ø x 16 mm	179,00 €

10580	Copran Zirkon-Blank 98 ø x 18 mm	199,00 €
10590	Copran Zirkon-Blank 98 ø x 20 mm	209,00 €
10598	Copran Zirkon-Blank 98 ø x 25 mm	249,00 €

### 6.3.3.7 Copran Zirkon Blanks: Sirona®

[http://www.white-peaks-dental.de/copran\\_si.php](http://www.white-peaks-dental.de/copran_si.php)



Art.-Nr.	Artikel	Einzelpreis
30614	Copran Zirkon-Blank YZ-20/15	139,00 €
30615	Copran Zirkon-Blank YZ-20/19	169,00 €
30650	Copran Zirkon-Blank YZ-40/15	289,00 €
30660	Copran Zirkon-Blank YZ-40/19	299,00 €
30618	Copran Zirkon-Blank YZ-55 Flip (nicht für MC XL)	119,00 €
30619	Copran Zirkon-Blank YZ-55 (nur für MC XL)	119,00 €

## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Durch Recherche der 3D-Scanner, CAD-Software und CNC-Fräsmaschinen konnte ein umfassender Überblick über die möglichen Systeme gegeben werden.

Die Anpassung des Implantats mithilfe der CAD-Software war hier die größte Herausforderung. Aus den vier verschiedenen Files ein einziges File zu erstellen und anschließend dieses STL-File entsprechend den Anforderungen zu bearbeiten/modellieren war der aufwendigste Teil dieser Arbeit, da vor allem die Suche nach einer geeigneten Software sehr zeitintensiv war. Schlussendlich konnte das Abfräsen des Kronenstumpfs und Aufbringen der Makroretentionen problemlos mit Geomagic realisiert werden.

Die Kostenschätzung der gesamten Prozesskette zeigt, dass es sehr kostenintensiv ist, dieses Projekt umzusetzen.

Wenn die Automatisierung dieser Prozesskette realisiert wird, wäre es nicht unbedingt zu empfehlen, dass jeder Kieferchirurg sich das gesamte System anschafft, sondern sich mehrere Kieferchirurgen ein System „teilen“ und dieses gemeinsam nutzen könnten.

Alles in allem stellt die Umsetzung der Automatisierung kein Problem dar. Mit einer entsprechenden Einschulung würde die Realisierung der Prozesskette die Implantaterzeugung vereinfachen sowie ebenso zeitlich einen Vorteil bringen.

## LITERATURVERZEICHNIS

Pirker, Wolfgang (2007). WO 2007/038817 A1. Zahnimplantat. 12.04.2007.

Pirker, Kocher. Das individualisierte Zirkonoxid-Sofortimplantat. In: Dental Tribune - Implant Tribune. 2007, Heft 19, S. 9-12.

Pirker (Interview). Was gibt es Neues vom individualisierten Zirkonoxid-Sofortimplantat. In: Dental Tribune - Implants Special. 2008, Heft 10, S.10-11.

Pirker, Kocher. Individualisiertes Zirkonoxid-Sofortimplantat. In: ProDental. 2008, Heft 1, S. 30-33.

Pirker, Kocher, Müller. Analog zur Alveole. In: Rot & Weiß Zahnmedizin. 2007, Heft 4, S. 54-61.

Pirker, Kocher. Neues Verfahren - Das individualisierte Zirkonoxid-Sofortimplantat. In: Zahnkrone - Klinik & Praxis. 2007, Heft 3, S. 16-20.

Caesar, Hans H.: Die Ausbildung zum Zahntechniker. Band1. Verlag Neuer Merkur GmbH. 1. Auflage. 1996.

Hardware: Eingabe- und Aufnahmegeräte.

<http://www.dma.ufg.ac.at/app> (Stand: 13.06.2009)

ShapeGrabber-Scanner.

<http://www.shapegrabber.com/sol-products-3d-auto-inspection-Ai310.shtml> (Stand: 27.03.2009)

EScan-Scanner.

Quelle: <http://www.3ddigitalcorp.com/EScanSpecs.htm> (Stand: 27.03.2009)

ZFX-Scanner.

<http://www.zfx-zirkon.com/dental-scanner.html> (Stand: 27.03.2009)

Cyrtina-Scanner.

[http://www.oratio.nl/downloads/info/deutsch/Cyrtina\\_Scanner\\_und\\_Software.pdf](http://www.oratio.nl/downloads/info/deutsch/Cyrtina_Scanner_und_Software.pdf) (Stand: 27.03.2009)

Hint-Els - hiScan.

<http://www.hintel.de/de/produkte/index.php?main=1&sub=3> pdf (Stand: 27.03.2009)

Dedudent - Cercon eye.

[http://www.cercon-smart-ceramics.de/Zahntechniker/Cercon\\_Das\\_System/Cercon\\_eye.htm](http://www.cercon-smart-ceramics.de/Zahntechniker/Cercon_Das_System/Cercon_eye.htm)  
(Stand: 27.03.2009)

Wieland Dental - Zeno Scan.

[http://www.wieland-dental.de/index.php?id=72&tx\\_pxproducts\[id\]=15&L=0](http://www.wieland-dental.de/index.php?id=72&tx_pxproducts[id]=15&L=0) (Stand: 27.03.2009)

Heimerle & Meule - Open Scan.

<http://www.econor.de/dental/deutsch/scanner.html> (Stand: 27.03.2009)

Laserdenta - Open Scan.

[http://www.laserdenta.com/Product\\_details/Laserdenta\\_Dental\\_Scanner.html](http://www.laserdenta.com/Product_details/Laserdenta_Dental_Scanner.html) (Stand: 27.03.2009)

Dental Wings -Scanner.

<http://www.dental-wings.com/produkte/3d-scanner/spezifikationen/> (Stand: 27.03.2009)

Cynoprod - OvaScan.

<http://www.cynoprod.com/technology/equipments/scanners/ovascan.html> (Stand: 27.03.2009)

Reitel - AnyScan.

<http://www.anycad.de/scanner.html> (Stand: 27.03.2009)

3Shape - Scanner.

[http://www.3shape.com/3D\\_Scanner\\_D-640.aspx](http://www.3shape.com/3D_Scanner_D-640.aspx) (Stand: 27.03.2009)

[http://www.3shape.com/3D\\_Scanner\\_D-250.aspx](http://www.3shape.com/3D_Scanner_D-250.aspx) (Stand: 27.03.2009)

Smartoptics - Activity 101.

[http://www.smartoptics.de/activity\\_101.php](http://www.smartoptics.de/activity_101.php) (Stand: 27.03.2009)

AGE Solutions - Maestro 3D.

<http://www.maestro3d.com/index.asp?page0=container&page1=maestro3d.dental.scanner.technical&page2=@maestro3d.splash> (Stand: 27.03.2009)

3D Alliance GmbH - Dentscope.

[http://www.wegmann-schepp.de/\\_sites/3da/de/\\_pages/products/prod\\_desco\\_1.php](http://www.wegmann-schepp.de/_sites/3da/de/_pages/products/prod_desco_1.php) (Stand: 27.03.2009)

Schütz Dental GmbH - Tizian Scan.

[http://www.schuetz-dental.de/Tizian\\_CAD\\_CAM.266.0.html?&L=](http://www.schuetz-dental.de/Tizian_CAD_CAM.266.0.html?&L=) (Stand: 27.03.2009)

Simeda Medical - Scanner.

<http://simeda-medical.com/scan.php> (Stand: 27.03.2009)

ce.novation - Scanner.

[http://www.cenovation.de/de/cenoscan\\_d.html](http://www.cenovation.de/de/cenoscan_d.html) (Stand: 27.03.2009)

RSI GmbH - Scanner.

[http://www.rsi-gmbh.de/public/de/prod/hard/digiscan\\_dental\\_smallparts.html](http://www.rsi-gmbh.de/public/de/prod/hard/digiscan_dental_smallparts.html) (Stand: 27.03.2009)

ScanSystems - Scanner.

[http://www.scansystems.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=63&Itemid=81&lang=en](http://www.scansystems.it/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=81&lang=en) (Stand: 27.03.2009)

Cynoprod - Scanner.

<http://www.cynoprod.com/technology/equipments/i3-evolution.html> (Stand: 27.03.2009)

i-mes - Scanner.

<http://www.i-mes.de/produkte/produkt.php?idprodukt=55&produktname=3D-Scanner+Opti-mes>

(Stand: 27.03.2009)

Altair Consulting -Scanner.

[http://www.altair-consulting.com/jewelry\\_scan\\_a.htm](http://www.altair-consulting.com/jewelry_scan_a.htm) (Stand: 27.03.2009)

STL - Schnittstelle zwischen Digitalisierung und CAD.

[http://88366.webhosting34.1blu.de/mediawiki/index.php?title=STL\\_-\\_Schnittstelle\\_zwischen\\_Digitalisierung\\_und\\_CAD](http://88366.webhosting34.1blu.de/mediawiki/index.php?title=STL_-_Schnittstelle_zwischen_Digitalisierung_und_CAD) (Stand: 15.09.2011)

Heimerle Meule - isostatic Zirkondioxidrohlinge

<http://www.heimerle-meule.com/images/hm/pdf/de/dental/dentalerzeugnisse.pdf> (Stand: 17.06.2009)

Amann Girrbaach - Ceramill ZI Preforms

[http://www.amanngirrbach.com/uploads/media/PI\\_Ceramill\\_Preforms\\_DE.pdf](http://www.amanngirrbach.com/uploads/media/PI_Ceramill_Preforms_DE.pdf) (Stand: 17.06.2009)

Zircotec - BioZirkon

<http://www.zirkotec.de/zirkotec-shop/wbc.php?sid=1542d103e&tpl=produktlistegross.html&rid=61> (Stand: 17.06.2009)

Copran Zirkon Blanks: Zirkonzahn® Milling System

[http://www.white-peaks-dental.de/copran\\_zz.php](http://www.white-peaks-dental.de/copran_zz.php) (Stand: 17.06.2009)

Copran Zirkon Blanks: KaVo Everest

[http://www.white-peaks-dental.de/copran\\_ka.php](http://www.white-peaks-dental.de/copran_ka.php) (Stand: 17.06.2009)

Copran Zirkon Blanks: Wieland ZENO® Tec

[http://www.white-peaks-dental.de/copran\\_ze.php](http://www.white-peaks-dental.de/copran_ze.php) (Stand: 17.06.2009)

Copran Zirkon Blanks: Sirona®

[http://www.white-peaks-dental.de/copran\\_si.php](http://www.white-peaks-dental.de/copran_si.php) (Stand: 17.06.2009)

Farbe im Fokus. - Das Einfärben von Zirkonoxid.

[http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSu7zK1fslxtUnY\\_e5x2xev7qe17zHvTSevTSeSSSSSS--&fn=Lava\\_Esper\\_Einfaerb\\_Flyer\\_D.pdf](http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSu7zK1fslxtUnY_e5x2xev7qe17zHvTSevTSeSSSSSS--&fn=Lava_Esper_Einfaerb_Flyer_D.pdf) (Stand: 10.10.2011)

Keramik-Implanat aus Zirkoniumoxid.

[http://www.agz-rnk.de/agz/content/3/3\\_4/3\\_4\\_6/3\\_4\\_6\\_3/index.php](http://www.agz-rnk.de/agz/content/3/3_4/3_4_6/3_4_6_3/index.php) (Stand: 15.09.2011)

Lückenbüßer - Zahnimplantate.

[http://www.forumgesundheit.at/portal27/portal/forumgesundheitportal/channel\\_content/cmsWindow;jsessionid=FAA76BC5D56405ED974435DDDAEFE6B1.jbport\\_271\\_1a?p\\_pubid=144036&action=2&p\\_menuid=63348&p\\_tabid=4#pd911657](http://www.forumgesundheit.at/portal27/portal/forumgesundheitportal/channel_content/cmsWindow;jsessionid=FAA76BC5D56405ED974435DDDAEFE6B1.jbport_271_1a?p_pubid=144036&action=2&p_menuid=63348&p_tabid=4#pd911657) (Stand: 15.09.2011)

Was sind Zahnimplantate.

<http://www.implantate.info/was/was-sind-zahnimplantate.html> (Stand: 15.09.2011)

Was ist ein Zahnimplantat.

<http://www.implantate.com/zahnimplantat.php> (Stand: 15.09.2011)

Zahnimplantat - Geschichte.

<http://www.zahnimplantate-ratgeber.de/geschichte.php> (Stand: 15.09.2011)

Implantate.

<http://www.matthias-traub.de/implantate.html> (Stand: 15.09.2011)

3Shape - DentalDesigner.

[http://www.compartis.de/Inhalt/Scan\\_Design/3Shape\\_DentalDesigner.php?highmain=4&highsub=0&highsubsub=0](http://www.compartis.de/Inhalt/Scan_Design/3Shape_DentalDesigner.php?highmain=4&highsub=0&highsubsub=0) (Stand: 11.10.2011)

Zfx - CAD-Software.

<http://www.zfx-dental.com/technologie/cad-software/> (Stand: 11.10.2011)

Laserdenta - OpenCAD.

<http://www.laserdenta.com/de/opencad-opencadsoftware> (Stand: 11.10.2011)

Wieland Dental - Zenotec CAD.

[http://www.wieland-dental.de/produkte/zenotec/software/dental-wings/page.html?no\\_cache=1&L=0](http://www.wieland-dental.de/produkte/zenotec/software/dental-wings/page.html?no_cache=1&L=0) (Stand: 11.10.2011)

Kavo Everest - Energy CAD Software.

<http://www.kavo-everest.com/DE/Software.aspx> (Stand: 11.10.2011)

Amann Girrnbach - Ceramill Mind.

<http://www.amangirrnbach.com/de/produkte/ceramill-cadcam-geruestherstellung/ceramill-mind/> (Stand: 11.10.2011)

Renishaw - Incise - CAD/CAM-System.

<http://www.renishaw.de/de/was-spricht-fuer-das-dentale-incise-cad-cam-system-von-renishaw--11455> (Stand: 11.10.2011)

Computerzähne.

[www.tu-dresden.de/medprothetik/computerzahn/](http://www.tu-dresden.de/medprothetik/computerzahn/) (Stand: 13.06.2009)

3D-Tool.

<http://www.3d-tool.de/deutsch/cad-viewer.htm> (15.09.2011)

Geomagic.

<http://www.geomagic.com/de/> (15.09.2011)

Beschaffung von Medizinprodukten.

[http://www.medizinprodukte.at/568\\_DE.pdf](http://www.medizinprodukte.at/568_DE.pdf) (Stand: 21.09.2011)

Österreichisches Register für Medizinprodukte.

[https://medizinprodukte.goeg.at/infomp\\_e.asp](https://medizinprodukte.goeg.at/infomp_e.asp) (Stand: 21.09.2011)

Lechner, J.: Biochemisch völlig inert: Zahnersatz mit metallfreiem Gerüst aus Zirkonoxid: Zeitschr. f. Umweltmedizin 8. Jg. Heft 6/2000, S. 342-345.

Lechner, J.: Zirkonoxid. In: GZM - Praxis und Wissenschaft. 8. Jg. 2003, Heft 2, S. 22 -25.

Moritz, H.: Optische Techniken, Messen und Prüfen: Mikrometergenaues Messen grosser, komplexer Geometrien. In: Qualität und Zuverlässigkeit. 54 Jg. 2009, S 51-54.

Moritz, H.: Präzision aus der Goldstadt - Messverfahren für hochgenaue optische Messungen. In: Inspect. 2009, Heft 5, S. 38-41.

Fräsen.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Fräsen> (Stand: 23.10.2011)

Laserdenta - Fräse.

<http://www.laserdenta.com/de/openmill-openmill500> (Stand: 23.10.2011)

KaVo - Fräse.

<http://www.kavo-everest.com/DE/Everest/Everest-Engine.aspx> (Stand: 23.10.2011)

Datron - Fräse.

<http://www.datron.de/?id=819&gclid=COTXyNuzwawCFakumAod6301qw> (Stand: 23.10.2011)

Wieland Dental - Fräse.

[http://www.wieland-dental.de/produkte/zenotec/fraesmaschinen/zenotec-6200-l5/page.html?no\\_cache=1&L=0](http://www.wieland-dental.de/produkte/zenotec/fraesmaschinen/zenotec-6200-l5/page.html?no_cache=1&L=0) (Stand: 23.10.2011)

Lycodent - Fräse.

<http://www.lycodent.de/> (Stand: 23.10.2011)

Roland DG - Fräse.

<http://www.horbach-giesstechnik.de/shop/CNC-Scannen-und-Fraesen/Dental-CNC-Fraesmaschinen/5-Achsen-Dental-Fraesmaschine-DWX-50::2835.html> (Stand: 23.10.2011)