



Ostbayerische Technische Hochschule
Amberg-Weiden

Trends in der Dentaltechnik

Tagungsband zum Kongress vom 10.06.2016



**Organisiert durch
die Masterstudierenden
der OTH Amberg-Weiden**

Hetzenrichter Weg 15
92637 Weiden

Institut für Medizintechnik

Kongress Dentaltechnik

Sehr geehrte Studierende, liebe Kolleginnen und Kollegen,
sehr geehrte Kongressteilnehmerinnen und -teilnehmer!

Im Namen der **Master der Dentaltechnik Weiden** darf ich mich für Ihr Interesse an der Dentaltechnik der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden bedanken.

Am 10. Juni wurde der zweite Kongress der **Master der Dentaltechnik Weiden** an unserer Hochschule durchgeführt und damit didaktische, öffentliche und kooperative Zielsetzungen erfolgreich verfolgt.

Das **didaktische Ziel** bestand in der Vorbereitung der Studierenden auf das Umfeld der Medizintechnik. Im Bachelor- und Master-Studium erwerben sie technisches Wissen und in diesem Projekt sollten sie ihre Kenntnisse darstellen und mit den Erfahrungen der zukünftigen Partner ihres Berufslebens austauschen.

Das Ergebnis des Austausches zeigt deutlich: **die technologische Sicht muss sich im Berufsleben noch deutlich stärker an der Berufspraxis der Partner ausrichten**. Das Thema TRENDS IN DER DENTALTECHNIK wurde aus Sicht der Studierenden dargestellt. In diesem Tagungsband finden sich auch aus meiner Sicht eine sehr starke – wenn nicht zu starke Orientierung an der Vorstellung, dass Digitalisierung die fachliche Kompetenz ersetzen kann. Dass Digitalisierung bzw. Automatisierung Fachkompetenzen nicht ersetzen kann, haben wir in der Medizintechnik beispielsweise in der Navigation und Robotik erlebt – es sind zusätzliche Werkzeuge die in ihren Bereichen Berechtigungen und auch Vorteile haben. Die OTH Amberg Weiden pflegt als Hochschule der angewandten Forschung und Entwicklung Praxis-Partnerschaften und garantiert damit den direkten Wissens- und Erfahrungstransfer zwischen Lehre und Praxis, Wissenschaft und Wirtschaft – und das ist Ihnen und uns gemeinsam gelungen.

Das **öffentliche Ziel** war und ist es sichtbar zu werden in der Region – sowohl in der Wahrnehmung der Fachgruppen, als auch in der Bevölkerung. Die Bevölkerung stellt das Patientenklientel der Dentalberufe dar und soll deshalb über die Dentaltechnik in der Region informiert werden und sie möglichst positiv sehen.

Das **kooperative Ziel** besteht im Aufbau eines Netzwerkes in unserer Region. Wir möchten für Zahnärzte, Dentallabore und Unternehmen der Region als Partner der angewandten Forschung bekannt und präferiert werden.

Angewandte Forschung bedeutet:

- Studierende an die Praxis heranzuführen, ihnen Prozesse, Produkte und Leistungen in Zahnarztpraxen, in Dentallaboren und Medizintechnikunternehmen nahe zu bringen
- Bachelor- und Masterarbeiten durchzuführen, bei denen unsere Studierenden ein für sich und die Wirtschaftspartner wichtiges Thema erarbeiten
- Mitarbeiter für die Belange der Dentaltechnik auszubilden
- Eine Austauschplattform in der Region zur Dentaltechnik anzubieten
- Technologische Entwicklungen aufzuzeigen, die das Arbeitsfeld der Dentaltechnik berühren
- Bei Bedarf Projektarbeiten mit Ihnen und für die Region durchzuführen
- Und über die Möglichkeit von Förderungen im Gesundheitswesen auch zu helfen, die Zukunft Ihres Unternehmens technologisch mit zu gestalten

Zum Tagungsband

Dieser Kongress wurde durch die 12 Studierenden des Master-Studiengangs Medizintechnik organisiert. Sie haben den Kongress projektiert, angefangen bei der Terminplanung und der Inhaltsgestaltung, über die Information der Medien, die Flyergestaltung und Einladung an Sie. In der Vorarbeit dürfen wir uns auch bei Frau Obendorfer, Frau Wiesel, Herrn Seidl, Herrn Bühner und Kollegen Hartleben bedanken, sie haben die Master bei der Außendarstellung tatkräftig unterstützt.

Bitte erkennen Sie die Leistungen der Studierenden an, sie haben, ohne wissenschaftliche Projektierung und ohne berufliche Erfahrung, Themen der Dentaltechnik eigenmotiviert ausgewählt und sich über die Partnerschaften zu Ihnen, über Besuche in Zahnarztpraxen und Dentallaboren, über Literaturrecherche, Nutzerbefragungen und Telefonaten erarbeitet. Learning-by-doing also.

Der Blickwinkel der Master bringt der anwendungsorientierten Praxis die Perspektiven der Technik und Techniker näher und sorgt so für ein gesamtheitliches Verständnis der Themen. Dies verdeutlicht den Nutzen von Partnerschaften für beide Seiten bereits in der Ausbildung.

Danke für Ihr sehr geschätztes Interesse am ***Master der Dentaltechnik Weiden***

Prof. Dr.-Ing. Michael Wehmöller

Produktentwicklung in der Medizintechnik

Inhaltsverzeichnis

eHealth / mHealth	S. 1
Röntgen in der Arztpraxis	S. 8
Das Chairside-System	S. 16
Rapid Prototyping: 3D-Druck in der Dentaltechnik	S. 23
Datenschutz in der Arztpraxis	S. 31
Digitalisierung in der MKG-Chirurgie	S. 39
Die abdruckfreie Praxis – Abformung mit dem Intraoralscanner	S. 46
Das anatomische Sofortimplantat	S. 53
Ultraschallzahnpflege	S. 59
Werkstoffe in der Dentaltechnik	S. 67
Fräsen von Zahnersatz	S. 75
Digitale Dentaltechnik	S. 81

Zusammenfassung

Als 1975/1976 die ersten Projekte für eine computergestützte Anamnese durch die Herren Schuman und Lucas beschrieben wurde, konnte sich noch niemand vorstellen, wie lange es dauern würde, bis es zu einer konkreten Umsetzung kommen würde. Erst nach 30 Jahren kam es in Deutschland zu einem ersten großen Schritt in Form eines Modernisierungsgesetzes. Die Auswirkungen wie Praxisgebühr, Hausarzt-System sowie dem Versandhandel für Arzneimittel sind den meisten noch bekannt. 10 Jahre weiter, im Jahre 2016 sind deutschlandweit im Fachbereich Medizintechnik 78 Bachelor- und 46 Masterstudiengänge etabliert und es wird gespannt auf die Meilensteine „Big-Data“ und „eHealth-Gesetz“ gesetzt. Im nachfolgenden Artikel wird Ihnen der aktuelle Stand der Dinge erläutert sowie zukünftige Umsetzungen und Erwartungen beschrieben. [1] [2] [3]

Einleitung

Für eine vollständige und systematische Effizienz- und Qualitätssteigerung innerhalb des gesamten Gesundheitssystems fehlt nach wie vor der über-

greifende Rahmen. Stattdessen vollzieht sich die Digitalisierung der Bran-



Abbildung 1: Wortwolke eHealth / mHealth [A]

che augenblicklich „Bottom-Up“. eHealth-Angebote setzen sich vornehmlich auf der Konsumenten-Ebene durch. Eine steigende Zahl von Nutzern verwendet mobile Endgeräte als Fitness-Tools oder zur Messung von Vitaldaten. „Mobile Devices“ werden so zum Motor für innovative Gesundheitsdienste.

eHealth als Sammelbegriff beschreibt das Aufeinandertreffen von Internet und Medizin und ist Ausdruck der Digitalisierung in der Medizin. [4]

mHealth sind Anwendungen, welche eHealth-Lösungen auf mobilen Geräten bereitstellen. Der wichtigste Faktor von mHealth ist eine Reihe von neuen Kommunikationsmethoden für das moderne Gesundheitswesen. [5]

Meilensteine

Im Verlauf der vergangenen Jahre entwickelten sich unterschiedlichste Meilensteine im Fachbereich Medizin. Nachfolgend wird auf einzelne dieser Neuerungen eingegangen.

Big Data in der Medizin

Big Data befasst sich damit, um eine Vielzahl (**Volume**) von unterschiedlichen Datentypen (**Variety**) in einer hohen Geschwindigkeit (**Velocity**) verarbeiten zu können und dem Ergebnis eine gewisse Wertigkeit (**Veracity**) zuweisen zu können. Vertraut man den Daten und den Ergebnissen oder muss man weitere Filter oder sogar weitere / andere Daten hinzufügen, um einen Nutzen zu generieren. [6]

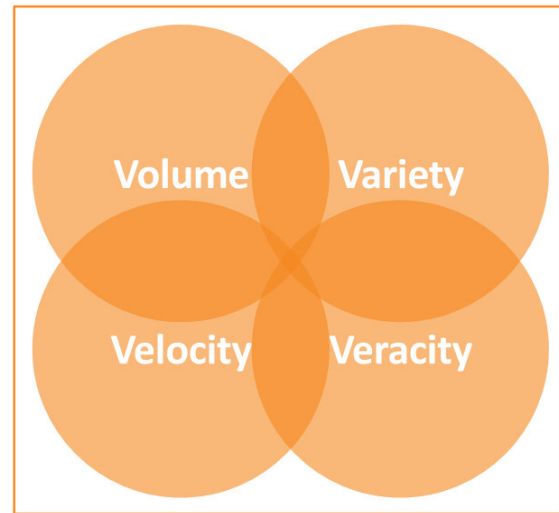


Abbildung 2: 4 V der Big Data [B]

Bereits jetzt befindet sich Big-Data im Einsatz am und um den Patienten. Beispiele hierzu sind unter anderem:

- **Erzeugen von Wissenbasierten Programmen**

Software im Bereich Krebs-Screening (dient als digitale Unterstützung). [7]

- **Big-Data-Analysen als Alternative zu klinischen Studien**

Die benötigten Informationen liegen bereits schon gesammelt (u.a. durch Mobile-Devices) auf Servern und warten nur noch auf ihre Abholung und Auswertung. [8]

Will man eine Infrastruktur im Gesundheitswesen eröffnen und aufbauen, müssen mindestens folgende Daten erhoben werden, um eine ganzheitliche Verarbeitung zu ermöglichen: [9]

- **Medizinische Daten**

Laborbefunde, Bilddaten

- **Öffentliche Daten**

von Ämtern, Gemeinden, WHO

- **Versicherungsdaten**

von Krankenkassen, Versicherungen

- **erzeugte Patientendaten**

über Fitness, Ernährung

- **Freie Daten**

aus sozialen Netzwerken

Die derzeit weltweit jährlich generierte digitale Datenmenge beläuft sich auf **8.600 Exabyte** (10^{18} Byte; 2015) und wird sich im Laufe der nächsten Jahre bis 2020 auf **40.000 Exabyte = 40 Zettabyte** (10^{21} Byte) steigern. Alleine an dieser kommenden Entwicklung lässt sich ableiten, dass immer mehr und mehr Informationen abgespeichert werden. [10]

Jedoch müssen wie bei allen Prozessen – ob mit IT oder ohne – die Themen Datenschutz und Persönlichkeitsrechte gewahrt bleiben. Wenn der Datenschutz jedoch zu einem Vorwand wird und wichtige Entscheidungen verhindert, um Patienten besser behandeln zu können, dann steht er selbst auf dem Prüfstand.

mHealth

Der Marktsektor mHealth wird derzeit von unterschiedlichsten Hardware und Software-Entwicklungen erschlagen. Jedoch dürfen folgende wichtige Eigenschaften dabei nicht vernachlässigt werden: [11]

- Kompatibilität
- Reibungsloser Ablauf zwischen Ärzten, Patienten, Krankenkassen, uvm.
- Möglichkeit der Mitarbeit des Patienten

Zahlen im mHealth-Sektor: [12]

- Absatz von Fitness-Wearables

2015 79,6 Mio. €

- Applikationen auf dem mHealth-Markt:

2014 97.000 Apps

- Als Medizinprodukt zugelassene Fitness-Wearables:

2016 5 %

eHealth-Gesetz (aktueller Stand)

Durch die Einführung der neuen elektronischen Gesundheitskarte (eGK) wurde ein Bild des Versicherten auf der Karte hinterlegt (Kosten: 728 Mio. € an Beitragsgeldern der Versicherungen – umgerechnet 14€ pro Versicherten). [13]

Datenschutz wird durch das Zwei-Schlüssel-Prinzip umgesetzt. Als Patient muss die Versichertenkarte mitgeführt werden. Um die Daten auslesen zu können benötigt man ein Lesegerät, einen Heilberufsausweis des Arztes und die PIN-Eingabe des Patienten. Somit werden die Daten der Gesundheitskarte freigeschaltet und die Daten können ausgelesen werden. Es können die letzten 50 Zugriffe auf der Karte nachträglich abgerufen werden. [14]



Abbildung 3: Zwei-Schlüssel-Prinzip (Datenschutz) [C]

Fazit

Agenda eHealth

Im Zeitraum von Oktober 2016 bis 2018 werden weitere Inhalte des am 04.12.2016 verabschiedeten eHealth-Gesetzes umgesetzt. In der nachfolgenden Auflistung soll ersichtlich werden, welche Auswirkungen und Möglichkeiten dies auf die Versicherten hat: [15]

mehr Medikationssicherheit	Oktober 2016
mehr Nutzerfreundlichkeit	2016
Telemedizin Röntgenaufnahme	April 2017
Online-Videosprechstunde	Juli 2017
Patientenfach	2018
elektronische Patientenakte	2018
lebensrettende Notfalldaten	2018

Abbildung 4: Fahrplan zur digitalen Vernetzung

- **mehr Medikationssicherheit**

Jeder Versicherte mit mehr als 3 Arzneimitteln hat einen Anspruch auf einen Medikationsplan. Dadurch sollen gefährliche Wechselwirkungen vermieden werden. Eine Erweiterung erfolgt 2018, dann soll der Medikationsplan auch elektronisch von der eGK abrufbar sein.

- **mehr Nutzerfreundlichkeit**

Bis Ende 2016 soll geprüft werden, inwiefern mobile stationäre Endgeräte der Versicherten für den Zugriff auf elektronische Patientenakten und für die Kommunikation im Gesundheitswesen eingesetzt werden können.

- **Telemedizin Röntgen / Online-Videosprechstunde**

Ab April stehen telekonsiliarische Befundbeurteilung von Röntgenaufnahmen in der vertragsärztlichen Versorgung und ab Juli 2017 erfolgt zudem die Aufnahme von Online-Videosprechstunden.

- **Patientenfach**

Patienten erhalten einen Anspruch darauf, dass ihre auf der eGK gespeicherten Daten in ein Patientenfach aufgenommen werden. Man kann als Patient selbst Daten hinzufügen (z.B. Tagebücher über anfallende Messungen, wie Blutzucker, Blutdruck, uvm.) aber auch ihre Daten außerhalb der Arztpraxis eigenständig einsehen.

- **Elektronische Patientenakte**

Versicherte können in diesen Daten wichtige Informationen über bestehende Allergien oder Vorerkrankungen speichern lassen, die dann im Ernstfall schnell zur Verfügung stehen.

- **Lebensrettende Notfalldaten**

Notfalldaten oder der erstellte Medikationsplan werden in elektronischen Patientenakten (ePAs) abgespeichert und können so in digitaler Version den jeweiligen Behandlern zur Verfügung gestellt werden.

Zahlen [16]

- Fitness Wearables (Umsatz)

2016 110 Mio. € 6,1 Mio. Nutzer

2020 237 Mio. € 10,8 Mio. Nutzer

- mHealth-Applikationen (Umsatz)

2013 2,2 Mio. €

2017 23,3 Mio. €

monatlicher Zuwachs von 1.000 Apps

- eHealth (Umsatz)

2015 224 Mio. €

2020 662 Mio. €

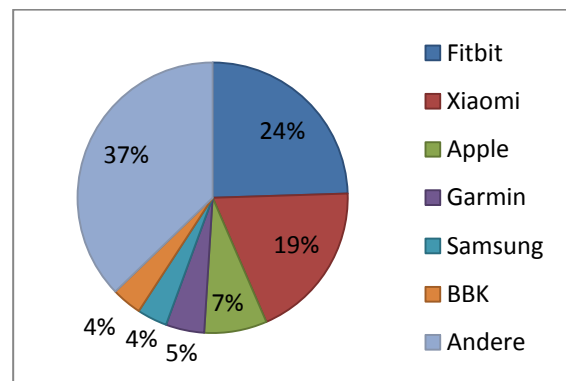


Abbildung 5: Marktanteil Hersteller von Fitness-Wearables Q1 2016 [D]

Literaturverzeichnis

- [1] SCHUMAN Stanley H. (1975): J Fam Pract.: A computer-administered interview on life events: improving patient-doctor communication, online unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1185132> [Zugriff am 24.05.2016]
- [2] Bundesgesetzblatt Jahrgang 2003 Teil I Nr. 55 (19.11.2003): Gesetz zur Modernisierung der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV-Modernisierungsgesetz - GMG), online unter: <http://www.bgbl.de> [Zugriff am 24.05.2016]
- [3] Medizintechnik-Studiengänge in Deutschland: Auflistung über Bachelor- und Masterstudiengänge online unter: <http://www.studieren-studium.com> [Zugriff am 24.05.2016]
- [4] eHealth-Definition, online unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/E-Health> [Zugriff am 24.05.2016]
- [5] mHealth-Definition, online unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/MHealth> [Zugriff am 24.05.2016]
- [6] JBT Studentische Unternehmensberatung (2015): Die neue Währung Bit und Byte, online unter: <https://www.studentische-beratung.de/jbt-bulletin> [Zugriff am 24.05.2016]
- [7] eHealth.com Newsletter (2015-7): Big Data - Deutschland sucht, andere finden, online unter: <http://www.e-health-com.eu/newsletter-2015-7/big-data> [Zugriff am: 24.05.2016]
- [8] Handelsblatt, Ralf Grötzer (2014): Der gläserne Patient, online unter: <http://www.handelsblatt.com/technik/medizin/der-glaeserne-patient-big-data-ersetzt-klinische-studien/11030186-2.html> [Zugriff am: 24.05.2016]
- [9] Bundeszentrale für politische Bildung - bpb (2015): Auf dem Weg zum Dr. Algorithmus? Potentiale von Big Data in der Medizin, online unter: <http://www.bpb.de/apuz/202246/dr-algorithmus-big-data-in-der-medizin?p=all> [Zugriff am: 24.05.2016]
- [10] Statistik und Prognose zum Volumen der jährlich generierten digitalen Datenmengen (weltweit), online unter: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/267974/umfrage/prognose-zum-weltweit-generierten-datenvolumen> [Zugriff am: 24.05.2016]

- [11] PWC (2015): Studie mHealth: Der Gesundheitsmarkt wird mobiler, schneller und flexibler, online unter: <http://www.pwc.de/de/gesundheitswesen-und-pharma/studie-mhealth-der-gesundheitsmarkt-wird-mobiler--schneller-und-flexibler.html> [Zugriff am: 24.05.2016]
- [12] Statistik zum Absatz von Wearables von 2014 bis 2020, online unter: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/417580/umfrage/prognose-zum-absatz-von-wearables> [Zugriff am: 24.05.2016]
- [13] Welt.de (2013): 728 Millionen Euro Kosten – und bislang kein Nutzen, online unter: <http://www.welt.de/wirtschaft/article117511392/728-Millionen-Euro-Kosten-und-bislang-kein-Nutzen.html> [Zugriff am: 24.05.2016]
- [14] Bundesministerium für Gesundheit (2015): Wie wird der Datenschutz bei der Gesundheitskarte sichergestellt?, online unter: <http://www.bmg.bund.de/themen/krankenversicherung/e-health-gesetz/faq-e-health-gesetz.html> [Zugriff am: 24.05.2016]
- [15] Bundesministerium für Gesundheit (2015): Was bringt das Gesetz für die Versicherten?, online unter: <http://www.bmg.bund.de/themen/krankenversicherung/e-health-gesetz/faq-e-health-gesetz.html> [Zugriff am: 24.05.2016]
- [16] Statistik zum Umsatz im Sektor eHealth von 2014 bis 2020, online unter: <https://de.statista.com/outlook/312/137/ehealth/deutschland> [Zugriff am: 24.05.2016]

Abbildungsverzeichnis

- [A] Wortwolke aller bedeutsamen Schlagwörter; erstellt online unter: <http://www.wortwolken.com> [Zugriff am: 24.05.2016]
- [B] Quelle: <https://www.studentische-beratung.de/jbt-bulletin/> : Die neue Währung Bit und Byte [Zugriff am: 24.05.2016]
- [C] Quelle: <http://www.bmg.bund.de/themen/krankenversicherung/e-health-gesetz/e-health.html> [Zugriff am: 24.05.2016]
- [D] Quelle: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/432983/umfrage/marktanteile-der-hersteller-am-absatz-von-wearables-weltweit-nach-quartal> [Zugriff am: 24.05.2016]

Röntgen in der Arztpraxis

Alexander Stich

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Zusammenfassung

Röntgen ist ein wichtiger Bestandteil für die Behandlungen in der Zahnmedizin. In der Zahnarztpraxis verwendet man neben dem analogen Röntgen vor allem das digitale Röntgen, um äußerlich nicht sichtbare Strukturen, Erkrankungen oder problematische Wurzelverläufe feststellen zu können. Die daraus entstehenden Röntgenbilder kann der Zahnarzt nutzen, um notwendige Behandlungsschritte einzuleiten.

Einleitung

1895 entdeckte der Würzburger Physiker Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) eine neue Art von Strahlung, die er als X-Rays bezeichnete und die wir noch heute für das Röntgen einsetzen. Der in Abbildung 1 porträtierte Wilhelm Conrad Röntgen untersuchte damals die Elektrizitätsleitung in Gasen. Dabei arbeitete er mit einer Kathodenstrahlröhre, die aus einem luftleeren Glaszylinder besteht. In diesen Glaszylinder sind zwei Metallelektroden eingebaut. Ein spiralgewundener Wolframdraht dient als Kathode bzw. Elektronenquelle und eine Anode, die die beschleunigten Elektronen abbremst. Durch das Anlegen von Heizstrom an der Kathode werden freie Elektronen erzeugt,

die durch die Anodenspannung be-



Abbildung 1: Wilhelm Conrad Röntgen [1]

schleunigt und anschließend durch die Ablenkplatte abgebremst und nach oben abgelenkt werden. Dort treffen die hochenergetischen Elektronen auf

den Leuchtschirm, der mit einem fluoreszierenden Material wie z.B. Zinksulfid beschichtet ist. Dieses Material nimmt die Energie der Elektronen auf und strahlt sie als Lichtwelle, zeitverzögert, wieder aus.

Röntgenstrahlung besitzt die Eigenschaft Materie zu durchdringen und dadurch die lichtempfindliche Filmschicht zu beeinflussen bzw. unterschiedlich zu schwärzen.

Das Durchdringungsvermögen ist abhängig von:

- Wellenlänge der Röntgenstrahlung
- Ordnungszahl der Elemente, die durchdrungen werden
- Dichte der Materie [2]

Digitales Röntgen

Digitales Röntgen ist heutzutage einer der wichtigsten Elemente einer moder-

nen und minimalinvasiv betriebenen Zahnarztpraxis. „Unter dem Begriff „digitales Röntgen“ versteht man eine Technik zur Akquisition, Bearbeitung und Darstellung von Röntgenbildern mit Hilfe der Computertechnologie.“ [3] 1987 präsentierte Moyon bzw. die Firma Trophy die ersten digitalen Röntgenbilder unter dem Begriff der „Radiovisiographie“. [4]

Möchte der Zahnarzt den Zustand der Zähne seiner Patienten feststellen, stehen ihm verschiedene Mittel zur Verfügung. Jedoch kann er nicht alle Bereiche im Mund durch einen Sichttest untersuchen. So kann der Zahnarzt weder in die Zahnzwischenräume noch in einen Zahn selbst oder in den Kieferknochen, in dem die Zahnwurzeln stehen, schauen. Um hier abschließende Gewissheit über den Gesundheitszustand dieser Bereiche zu bekommen, steht dem Dentisten die Möglichkeit offen, seine Patienten mit Hilfe digitaler Röntgentechnik auf schonendste Art und Weise umfassend zu untersuchen.

Röntgentechniken

Die Zahnheilkunde verwendete verschiedenste Röntgentechniken, um Bilder aufzunehmen. Der Zahnarzt unterscheidet bei der Zahnaufzeichnung die zweidimensionale und dreidimensionale Röntgentechnik. Die 2D-Aufnahme unterteilt man in die intrao-

rale Tubusaufnahme, die die Halbwinkel-, Rechtwinkel-, Bissflügel- und Aufbisstechnik umfasst, sowie die extraorale Röntgenbildaufnahme, die außerhalb des Mundbereiches aufgenommen wird. Beispiel für die extraorale Technik sind die Panoramaschichtaufnahme und Fernröntgen-Seitenaufnahme. Abbildung 2 zeigt ein Panoramaschichtbild aufgenommen durch einen Orthopantomographen. [5,6]

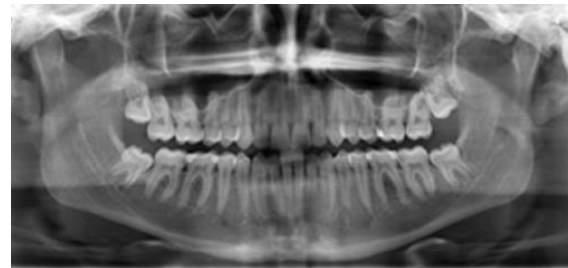


Abbildung 2: Panoramaschichtaufnahme eines Gebisses [7]

Bei der dreidimensionalen Aufnahme liegt ein Bilddetektor einer drehbar gelagerten Röntgenröhre gegenüber. Diese Einheit rotiert einmal um den Kopf und nimmt im Abstand von 1° Röntgenbilder auf. Nach der Aufnahme besitzt man somit 360 2D-Datenbilder, die der Computer zu einem 3D-Datensatz zusammenfügt und dreidimensional am Computer anzeigt. Dieses Verfahren bezeichnet man als dentale digitale Volumentomographie. [6]

Röntgenabläufe

Beim Ablauf unterscheidet man zwei Systeme, die indirekte digitale Radio-

graphie (IDR) und die direkt digitale Röntgenaufnahme. Bei der IDR verwendet man Speicherfolien, die zunächst frei belichtet und anschließend in einem Laserscanner ausgelesen werden. Mit Hilfe eines Speicherfolienhalters kann man das Speichermedium an die gewünschte Stelle positionieren und die Aufnahme kann gestartet werden. Anschließend liest der Scanner die Speicherfolie aus, verschickt das digitale Röntgenbild zur Befundung an den Computer und die jeweilige Patientenkartei weiter. Die bei der IDR benutzten Folien werden nach dem Scan zwecks der Wiederverwendung gelöscht und sind bei richtiger Behandlungsweise mehrere Hundert Mal verwendbar. [8]

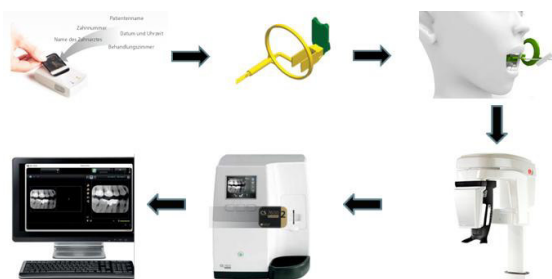


Abbildung 3: Ablauf IDR [8,9]

Bei der DDR benutzt man an der Stelle der Filmkassette einen Sensor. Das Röntgenbild wird mit Halbleitersensoren (CCD-Sensoren), die in direkter Kabelverbindung mit einem Computer stehen, aufgezeichnet. Der Zahnarzt wählt das benötigte Programm aus, passt Belichtungseinstellungen an und gibt die Daten des Patienten ein. Nach

der Positionierung von Patient und Sensor, kann der Dentist die Röntgenaufnahme starten. Nach circa 10 Sekunden erscheint das Bild am verbundenen Monitor. Aufgrund der geringen Aufnahmezeit und der daraus folgenden geringen Anzahl an Bewegungsartefakten bzw. der Möglichkeit der Nachbearbeitung sind erneute Aufnahmen eher selten. [10]

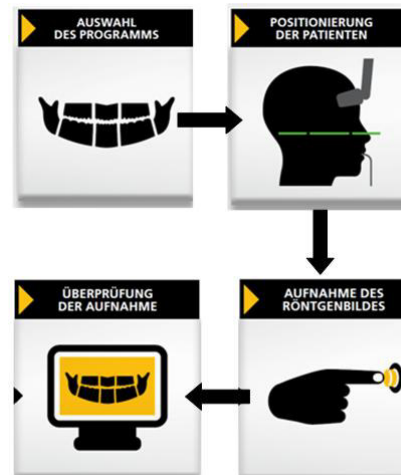


Abbildung 4: Ablauf DDR [10]

Den Ablauf der IDR bzw. DDR kann man in der Abbildung 3 bzw. Abbildung 4 bildlich nachvollziehen.

Vor- und Nachteile

Das digitale Röntgen besitzt gegenüber dem analogen Röntgen einige Vor- und Nachteile.

Der größte Pluspunkt des digitalen Röntgen ist die in der Verringerung der Strahlenbelastung. Durch geringere Aufnahmezeit bzw. der empfindlicheren Speicherfolien/Sensoren minimiert

man die Strahlenexposition um bis zu 90%.

Weitere Vorteile, die durch das digitale System entstehen, sind:

- Zeitersparnis für den Zahnarzt, da z.B. die analoge Filmentwicklung entfällt
- Zeitersparnis für den Patienten, da Digitalbilder nach wenigen Sekunden am Bildschirm erscheinen
- Weitergabe der Digitalbilder an Patienten, Mitbehandler und Nachbehandler
- Nachbehandlung der Digitalbilder (Helligkeit, Kontrast, Schärfe, ...)
- umweltschonend, da Chemikalien für die analoge Entwicklung bzw. Bleifolien in den Speicherfolien nicht notwendig sind
- Verminderung der Fehlerquote, da die Technologie die Arbeit des Menschen übernimmt
- geringere Zusatzkosten und variablen Kosten
- Verbesserung des Praxisworkflows

Den oben genannten Vorteilen stehen jedoch auch Nachteile gegenüber. Die hohe finanzielle Anfangsinvestition ist der Hauptgrund, wieso die Zahnärzte den Wechsel vom analogem zum digitalen Röntgen noch nicht vollzogen haben. Die Kosten für ein digitales

Panoramaröntgengerät erstreckt sich von 25000 € - 45000 € und besitzt zudem einen langen Amortisationszyklus. Ein weiterer Nachteil der Umstellung bzw. der Neuanschaffung des digitalen Systems ist das veränderte Handling. [5,8,11]

Qualitätssicherung

Der Betreiber zahnmedizinischer Röntgeneinrichtungen ist aufgrund des technischen Fortschritts sowie des Anspruchs auf immer besser werdende medizinische Versorgung dazu verpflichtet, eine optimierte Gerätetechnik, mit einer daraus verbundenen minimierten Dosis, sicherzustellen.

Die Abnahmeprüfung, die regelmäßigen Konstanzprüfungen, die Aufbewahrung der Aufzeichnungen und die Kontrolle der Qualitätssicherung beschreiben das Konzept, die die Röntgenverordnung (RöV) vorsieht, um eine optimale Gerätetechnik zu erlangen.

Bei der Abnahmeprüfung (§ 16 Abs.2 RöV) werden die dosisbestimmenden Kenngrößen der Röntgeneinrichtung so eingestellt, dass die benötigte Bildqualität, bei möglichst geringer Strahlenexposition des Patienten, erreicht wird. Die Abnahmeprüfung, die vom Hersteller oder Lieferanten durchgeführt wird, ist vor der Inbetriebnahme von Neugeräten, vor der Wiederinbetriebnahme und nach Reparaturen

oder Änderungen von Komponenten durchzuführen und bestätigt die einwandfreie technische Funktion der Röntgeneinrichtung inklusive des Bildwiedergabesystems.

Sie beinhaltet die Kontrolle des bildgebenden Systems, des Röntgengerätes und der abschließenden Ermittlung und Dokumentation der Einstell- und Bezugswerte für die später durchzuführenden Konstanzprüfungen. Die für die Konstanzprüfung benötigten Prüfmittel müssen bei der Abnahmeprüfung bereits zur Verfügung stehen. Das Ergebnis muss von einem Gutachter nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 RÖV kontrolliert und bescheinigt werden. [12]

Verschiedene Konstanzprüfungen in unterschiedlichen Intervallen sind durchzuführen, um das mit der Abnahmeprüfung erreichte hohe technische Qualitätsniveau über die Betriebsdauer zu erhalten und um mögliche Veränderungen rechtzeitig zu erkennen. Bei dieser Prüfung werden die Bildqualität und die dosisbestimmenden Parameter, mit den festgelegten Werten aus der Abnahmeprüfung, verglichen. Werden toleranzüberschreitende Abweichungen von den Bezugswerten festgestellt, müssen die Ursache ermittelt und geeignete Abhilfemaßnahmen getroffen werden.

Die Qualität eines digitalen Bildes ist abhängig von der Auflösung, von dem

Mindestkontrast und von den Grauwerten. Der Prüfungsablauf im Einzelnen hängt sehr stark von den Vorgaben des jeweiligen Computerprogramms ab, so dass im Folgenden nur die wesentlichen Schritte dargestellt werden. Bei den Befundungsmonitoren muss die Grauwertwiedergabe arbeitstäglich geprüft werden. Die Qualitätskennzeichen des Monitors werden mit Hilfe eines Testbildes, wie in Abbildung 5 zu sehen ist, auf ihre Konstanz geprüft. „Der Monitor und die Betrachtungsbedingungen (Umgebungslicht) sind richtig eingestellt, wenn das nicht ganz schwarze Feld (5%) im vollkommen schwarzen Feld (0%) und das nicht ganz weiße Feld (95%) im vollkommen weißen Bereich (100%) zu erkennen sind.“ [12]

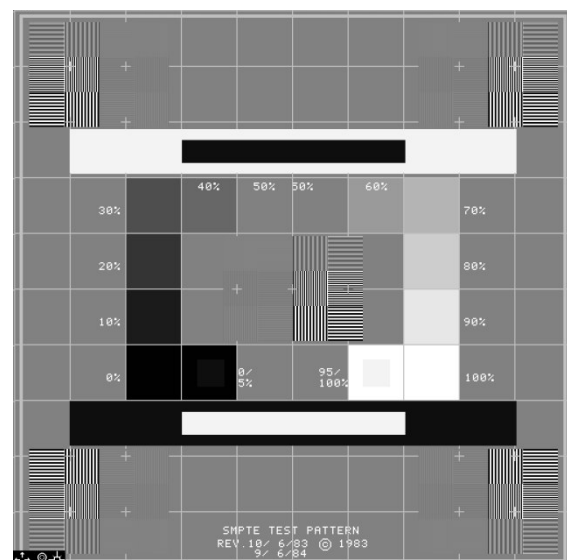


Abbildung 5: SMPTE-Testbild [13]

Monatlich müssen folgende Größen am Befundungsmonitor überprüft und

im Protokollblatt sorgfältig dokumentiert werden:

- **Farbfehler:** Es liegen Farbfehler vor, sobald der Bildhintergrund nicht gleichmäßig grau erscheint
- **Bildgeometrie:** Die horizontalen und vertikalen weißen Linien im Testbild müssen verzerrungsfrei sein und gleichmäßige Quadrate bilden
- **Orts- & Kontrastauflösung:** Die Streifenmuster bzw. Linienraster in beiden Modulationen müssen in allen vier Ecken, als auch im Zentrum des Bildschirms ohne Vergrößerung, unterscheidbar sein

Neben dem Befundungsbildschirm muss das Röntgengerät monatlich, gemäß § 16 Abs.3 der RÖV, geprüft werden.

Ein besonderer Wert wird, wie bei jeder Art von Konstanzprüfung, auf eine ordnungsgemäße Dokumentation und die eindeutige Zuordenbarkeit der Bilder gelegt.

Die Aufzeichnungen der Abnahmeprüfung sind zum Nachweis und zur vergleichenden Prüfung im Rahmen der Konstanzprüfung (Bezugswerte) für die Betriebsdauer aufzubewahren. Bei der Durchführung einer weiteren, vollständigen Abnahmeprüfung müssen die Aufzeichnungen der vorherigen Ab-

nahmeprüfung noch mindestens zwei Jahre aufbewahrt werden. Dies dient insbesondere dem Nachweis der Funktionsfähigkeit der Röntgeneinrichtung.

Die Röntgenstelle fordert in regelmäßigen Abständen Aufzeichnungen der Qualitätssicherung, insbesondere die Prüfkörperaufnahmen der Abnahmeprüfung und der Konstanzprüfung, sowie Patientenaufnahmen von jeder Röntgeneinrichtung an und wertet sie aus. Bei Mängeln unterbreitet die Röntgenstelle Optimierungsvorschläge, stellt nach angemessener Frist im Rahmen einer Nachprüfung die Mängelbeseitigung fest oder setzt das zuständige Gewerbeaufsichtsamt der Regierung über den Sachverhalt in Kenntnis. [12]

Fazit

Bereits zu Beginn der 1990er Jahre bekam die analoge Technik Konkurrenz durch die digitale Röntgenaufnahme. In den letzten Jahren gewann das Sensorsystem bzw. das Folien-Scanner-System mit der digitalen Archivierung gegenüber der klassischen chemischen Filmentwicklung und der Aufbewahrung von Röntgenfilmmaterial an Bedeutung. Dies wird sich in den kommenden Jahren noch weiter ausbreiten, so dass nur noch vereinzelt analog geröntgt wird. Gründe hierfür sind die ständige Verbesserung der digitalen Systeme. Hardwareseitig wird

bereits an einer Verbesserung der Detektortechnologie, softwareseitig an einer besseren Informationsverarbeitung entwickelt.

Eine Revolution in der Röntgentechnik bringt das Phasenkontrast-Röntgensystem mit sich, denn dieses System ermöglicht zusätzliche Funktionen. Zusätzlich zum Signal der Absorption kann damit ein weiteres Signal, die Phasenverschiebung, verarbeitet werden. Damit wird z.B. der Weichteilkontrast, bei gleicher Strahlenexposition, stark verbessert.

Man darf also gespannt sein, wie sich die das Röntgen in der Zahnarztpraxis weiterentwickelt. Vermutlich kann man

sich auf ein verbessertes System freuen. [5]

Glossar

DDR direkt digitale Radiographie

IDR indirekt digitale Radiographie

RöV Röntgenverordnung

Literatur

- [1] <http://www.drg.de/media/image/1736/100p/Roentgen-W-C.jpg>
[Stand: 18.06.2016]
- [2] Grimm G., Klammt J., Lentrodt J., Müller W., Ritter W., Schilli W., Schneider W., Schmelzle R., Schwenzer N., Vontin H. (1981): „Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde: Allgemeine Chirurgie, Entzündungen und Röntgenologie“; 1. Auflage, Tübingen/ Halle/Saale
- [3] http://ganymed.imib.rwth-aachen.de/deserno/ps-pdf/Quintessenz_2003-54%285%29503-513.pdf
[Stand: 18.06.2016]
- [4] Benz, C., Künzel, A., Sonnabend, E. (1993): Neue Systeme zur elektronischen Anfertigung und Archivierung von Zahnrontgenaufnahmen
- [5] Interessengemeinschaft Zahnärztlicher Verbände in Deutschland IGZ e.V. (Nr.3/2015): „Das zahnärztliche Röntgen“
- [6] Fuhrmann Andreas (2013): „Zahnärztliche Radiologie“; 1.Auflage, Hamburg

- [7] http://www.dentalprax.com/uploads/pics/dp_bha_roentgen_OPG.jpg
[Stand: 15.06.2016]
- [8] Carestream Dental (2012): „Das erst intelligente Speicherfoliensystem der Welt“
- [9] https://i.ytimg.com/vi/_FI-iK3Slcg/maxresdefault.jpg
[Stand: 11.06.2016]
- [10] Carestream Dental (2012): „Rundum einfach: Das neue kompakte CS 8100 Panoramasystem“
- [11] <http://www.jameda.de/gesundheit/zaehne-mund/weniger-strahlenbelastung-digitales-roentgen-zahnarzt/>
[Stand: 18.06.2016]
- [12] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2007): „Qualitätssicherung in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik: Eine Anleitung für die Praxis“; 4. vollständig überarbeitete Auflage, München
- [13] <http://www.3d-roentgen.ch/images/SMPTE1024x1024.bmp>
[Stand: 17.06.2016]

Das Chairside-System

Sebastian Käs

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Zusammenfassung

Neben der Herstellung von Zahnersatz im Dentallabor bieten immer mehr Zahnärzte ihren Patienten die Möglichkeit einer sogenannten chairside Behandlung, d.h. einer Versorgung mit keramischen Zahnersatz, der direkt in der Zahnarztpraxis und in der Regel in der gleichen Behandlungssitzung mittels CAD/CAM-Methoden konstruiert, hergestellt und eingesetzt wird.

Was bedeutet chairside?

Hinter dem Chairside- System, das auch unter dem Begriff CEREC[®] bekannt ist, verbirgt sich eine CAD/CAM-Methode die die Konstruktion und Anfertigung von hochwertigem Zahnersatz aus Keramik wie z.B. Veneers, Kronen, Onlays und Inlays direkt am Zahnarztstuhl (chairside) erlaubt. Ebenfalls möglich sind Brückenprovisorien bis drei Glieder und Implantate inkl. passender Bohrschablonen.

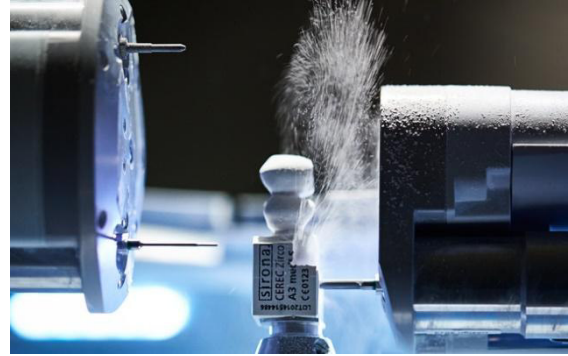


Abbildung 1: Fräsen von Zahnersatz aus Keramik-Rohling [1]

Labside vs. Chairside-System

Bei der klassischen Zahnersatz-Herstellung wird in der Zahnarztpraxis der betroffene Zahn präpariert, abgeformt und im Anschluss meist mit einem Provisorium versorgt. Die Abdrücke des Zahnes werden an ein Dentallabor weitergeleitet und auf Basis dieser Modelle der patientenindividuelle Zahnersatz erstellt. Dieser wird in einer weiteren Behandlungssitzung dem Patienten dann eingesetzt.

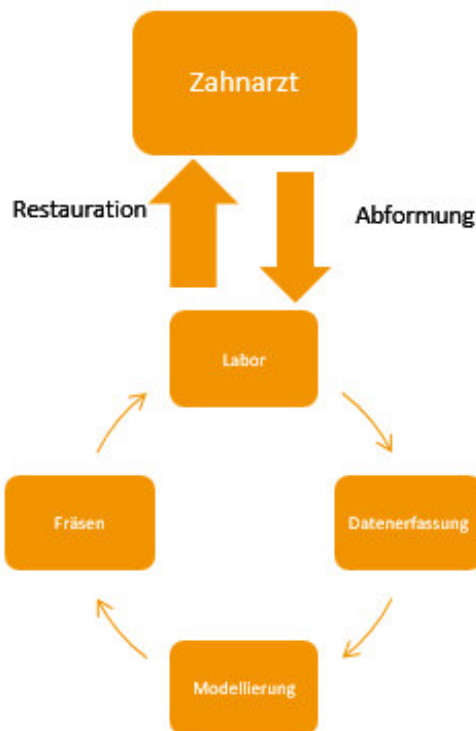


Abbildung 2: Ablauf Labside-Fertigung

Bei der Chairside-Behandlung hingegen wird der gesamte Fertigungsprozess des keramischen Zahnersatzes in der Praxis des Zahnarztes durchgeführt. Hierdurch entfällt die Weiterleitung an ein Dentallabor. Ebenso gehört die provisorische Versorgung des Zahnes der Vergangenheit an, da der patientenindividuelle Zahnersatz in derselben Behandlungssitzung produziert und gleich eingesetzt wird.

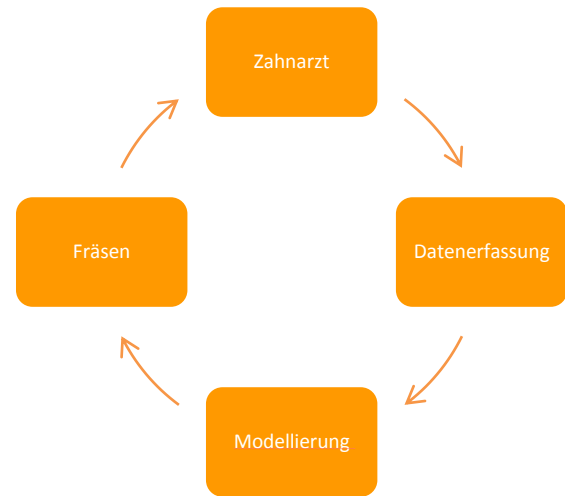


Abbildung 3: Ablauf einer Chairside-Behandlung

Ablauf einer Chairside-Behandlung:

Nach erfolgter Aufklärung ist der erste Behandlungsschritt das Vorbereiten des Zahnes. Hierzu werden die erkrankten Zahnanteile oder alten Füllungen entfernt. So vorbereitet kann nun mittels Intraoral-Kamera eine digitale 3D-Abformung des Zahnes als Grundlage für die Erstellung des Zahnersatzes vorgenommen werden. [2]



Abbildung 4: Intraoralkamera [1]

Die digitale Abformung stellt somit die Kernkomponente des chairside-Verfahrens dar. Bei der Erfassung kommt beispielsweise das Verfahren der Streifenlichtprojektion mit aktiver Triangulation zum Einsatz.



Abbildung 5: Streifenlichtprojektion [4]

Hierbei wird ein Muster aus parallelen Linien auf die Zahnoberfläche projiziert, die sich in Abhängigkeit des Höhenprofils verzerrt wird. Aus dieser Linienverzerrung kann durch Betrachtung aus verschiedenen Winkeln die Höheninformation des Zahnes abgele-

sen werden sowie durch verschieben des Gitters eine eindeutige Zuordnung der Messpunkte erreicht werden. Bei der Aufnahme kommt blaues Licht zum Einsatz, da dieses infolge seiner kürzeren Wellenlänge im Vergleich zu rotem oder infrarotem Licht genauere Ergebnisse ermöglicht. Mit Hilfe automatischer Aufnahmeauslösung können verwackelte Aufnahmen vermieden und eine Aufnahmegenaugigkeit von $19\mu\text{m}$ erreicht werden. [4]

Auf Grundlage der digitalen Daten kann nun am Computer mittels spezieller Software ein 3D-Modell des späteren Zahnersatzes erstellt werden. Um eine korrekte physiologische Okklusion zu gewährleisten, wird auch die gegenüberliegende Kieferseite eingeschannt und in die Berechnung einbezogen, wodurch zeitaufwendige Okklusionsanpassungen sowie das nachträgliche Einschleifen vermieden werden. [3] Das zum Einsatz kommende biogenerische Berechnungsverfahren nutzt den wissenschaftlich nachgewiesenen morphologischen Zusammenhang zwischen den Zähnen, der sich auch mittels einer mathematischen Formel ausdrücken lässt. [4]

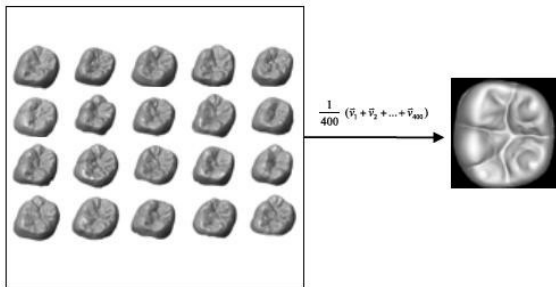


Abbildung 6: Berechnungsformel für die Kaufläche [4]

Die auf Grundlage dieses Modells berechnete Zahnmorphologie liefert zum einen eine genaue Anpassung der Restauration an die bestehende Zahnsubstanz, zum anderen beschleunigt und vereinfacht sie die CAD-Konstruktion des Zahnersatzes. [4]

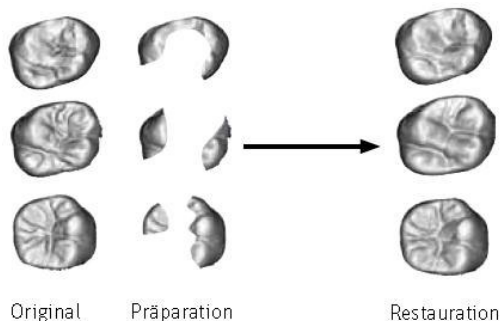


Abbildung 7 Konstruktion des Zahnersatzes [4]

Dieses Modell wird direkt im Anschluss in der Fräs- und Schleifeinheit mittels Kopier-Schleifverfahren aus einem Keramik-Rohling gefertigt.



Abbildung 8: Schleifeinheit [1]

Hierzu steht eine breite Werkstoffpalette an keramischer Werkstoffe von Feldspat- und Glaskeramiken bis hin zu Zirkonium bereit.

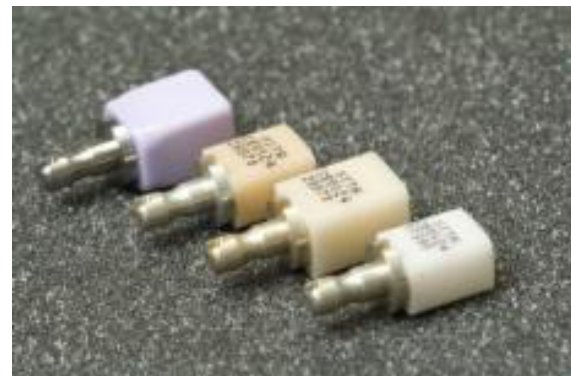


Abbildung 9 Rohlinge für Schleifeinheit [5]

Diese können entweder fertig eingefärbt bezogen werden oder mittels Glasur an die bestehende Zahnfärbung angepasst werden, sodass eine Unterscheidung des Zahnersatzes vom natürlichen Zahn kaum möglich ist. Der fertige Zahnersatz kann direkt im Anschluss dem Patienten mittels Adhäsiv-Technik eingesetzt werden und ist sofort voll belastbar. [3]

Vorteile und Nachteile

Der Hauptvorteil des Chairside-Systems liegt für den Patienten vor allem darin, dass die gesamte Versorgung in nur einer Behandlungssitzung innerhalb weniger Stunden erfolgt. Dies macht Provisorien überflüssig. Von Vorteil ist neben der Zeitersparnis für den Patienten ebenso, dass der unangenehme Abdruck mittels Abdruckmasse durch die digitale Abformung mittels Intraoral-Kamera ersetzt wird, was einen höheren Patientenkomfort zur Folge hat. Weiterhin wirkt sich das breite Einsatzspektrum in Verbindung mit einem dem natürlichen Zahn sehr ähnlichem Aussehen und Eigenschaften in Verbindung mit nicht metallischen sowie biokompatiblen Materialien positiv aus. Ebenso ist das Allergiepotezial der keramischen Werkstoffe im Vergleich zu metallischen Werkstoffen deutlich geringer und auch andere typische Beeinträchtigungen durch künstlichen Zahnersatz wie z.B. Empfindungsstörungen oder Zahnfleischreizungen sind seltener. [2] Studien zufolge übertreffen im Chairside-Verfahren gefertigte Inlays die 10-Jahre-Überlebensrate von Gold-Inlays ebenso wie die von im Labor gefertigten Inlays aus Keramik. [3] Im Vergleich zu manuell hergestelltem Zahnersatz bietet mittel CAD/CAM-Verfahren maschinell hergestellter

Zahnersatz noch den Vorteil, dass er z.B. infolge von Beschädigung beim Einsetzen leicht, kostengünstig und zeitnah ersetzt, bzw. ein weiteres Exemplar hergestellt werden kann, da die Patientendaten digital vorliegen.

Für den Anwender ist die Unabhängigkeit und Wirtschaftlichkeit des Systems von Vorteil. Dadurch, dass durch die inhouse-Fertigung kein Zahnlabor mehr nötig ist entfallen Unannehmlichkeiten wie z.B. Terminverschiebungen, fehlende Unterlagen, Verlust oder Beschädigung des Zahnersatzes auf dem Postweg, falsche Materialien bzw. Zahnfarben oder Urlaubszeiten des Zahnlabors. Wirtschaftlich von Vorteil für den Anwender ist v.a. dass der gesamte Laborumsatz nun in der eigenen Praxis bleibt. [6] Die reinen Herstellkosten inklusive Strom, Wasser, Abnutzung, Keramikrohling, Schleif- und Glanzmittel betragen unabhängig vom Produkt circa 25,50€ für eine Einzelzahnversorgung, was bei circa 230€ Laborpreis für eine Keramikkrone 200€ Umsatz für den Zahnarzt bedeutet. Zwar ist es infolge der geringen Zuschüsse der Krankenkassen schwierig Patienten für In- und Onlays zu begeistern, aber aufgrund des Festzuschusses für Kronen, kann der Zahnarzt hier abhängig vom Kunden-Clientel den Preis differenzieren. [8]

Eingabewerte (pro Monat)	
Praxisstundensatz <i>(Durchschnittswert Westdeutschland laut KZBV)</i>	129 €
Kosten Zeitaufwand des Behandlers für die Konstruktion einer Krone/Teilkrone <i>(im Durchschnitt 7 Minuten, multipliziert mit dem Praxisstundensatz)</i>	15,05 €
Kosten Zeitaufwand des Behandlers für die Konstruktion eines Inlays/Onlays <i>(im Durchschnitt 4 Minuten, multipliziert mit dem Praxisstundensatz)</i>	8,60 €
Herstellkosten einer Einzelzahnversorgung <i>(inkl. Keramikblock, Wasser- und Stromverbrauch, Schleiferabnutzung und Politur/Glanzbrandmittel)</i>	25,50 €
Listenpreis des CEREC-Gerätes	74.000 €
Rabatt des Dental Depots <i>(Abweichung möglich, aber realistischer Wert)</i>	10 %
Aktueller Darlehenszins der Bank <i>(Abweichung möglich, aber realistischer Wert)</i>	5 %
Finanzierungsrate CEREC-Gerät pro Monat <i>(ohne Anzahlung und Restwert bei Tilgung in 60 Monaten; Leasingrate liegt darunter)</i>	1.263,94 €
Software Wartungsvertrag „CEREC Service Club“ pro Monat <i>(optional, von Sirona empfohlen)</i>	99 €
Rücklage für Hardware-Upgrade pro Monat <i>(optional, von Sirona empfohlen)</i>	50 €
Anzahl der Kronen/Teilkronen, die durch CEREC gefertigt werden <i>(Durchschnittswert laut Umfrage)</i>	8
Anzahl der Inlays/Onlays, die durch CEREC gefertigt werden <i>(Durchschnittswert laut Umfrage)</i>	3
Verkaufspreis Krone/Teilkrone (Laboranteil ohne Honorar) in der Praxis <i>(Durchschnittspreis laut Umfrage)</i>	230 €
Verkaufspreis Inlay/Onlay (Laboranteil ohne Honorar) in der Praxis <i>(Durchschnittspreis laut Umfrage)</i>	210 €
Wirtschaftlichkeit für die Praxis	
Gerätekosten pro Monat inklusive Hard- und Softwarerücklage	1.412,94 €
Mehrerlös aus CEREC-Eigenlaborfertigung pro Monat	630,36 €
Mehrerlös aus CEREC-Eigenlaborfertigung pro Jahr	7.564,35 €
Mehrerlös aus CEREC-Eigenlaborfertigung im üblichen Abschreibungszeitraum von 5 Jahren	37.821,75 €
Mehrerlös aus CEREC-Eigenlaborfertigung im üblichen Nutzungszeitraum des Gerätes über 7 Jahre	86.860,95 €
Rendite der „Geldanlage“ in ein CEREC-Gerät pro Jahr	14,6 %

Abbildung 10:
Wirtschaftlichkeitsberechnung am Beispiel einer CEREC-Einheit mit 11 Patienten pro Monat [8]

Nachteilig für den Anwender können sich v.a. die Kosten für Anschaffung und Betrieb der notwendigen Geräte auswirken. Insbesondere sind dies der nötige Platzbedarf sowie die zusätzli-

chen zur Bedienung notwendigen Fachkompetenzen. Ebenso können mittels des Chairside-Systems aktuell nicht alle Versorgungen wie z.B. größere Brücken realisiert werden. Ein weiterer Nachteil ist das fehlende zahntechnische Fachwissen des Zahnarztes bzw. seiner Mitarbeiter im Vergleich zu einem ausgebildeten Zahntechniker.

Fazit

Das Chairside-Verfahren bietet eine gute und wirtschaftliche Alternative zu im Zahnlabor gefertigtem keramischem Zahnersatz. Gerade der bessere Patientenkomfort durch digitale Abformung und nur eine Behandlungssitzung in Verbindung mit einem breiten Einsatzspektrum sprechen für das System. Eine Umfrage vom November 2015 zeigt, dass die Patienten eine Behandlung, die nur eine Sitzung dauert nicht nur bevorzugen, sondern auch bereit sind mehr zu zahlen, ihren Zahnarzt zu wechseln bzw. weitere Anfahrtswege in Kauf zu nehmen. [6] Neben der Chairside-Behandlung lassen sich manche Komponenten wie z.B. die Intraoral-Kamera auch für andere Anwendungen, wie z.B. Abformung für kieferorthopädische Zwecke oder laborgefertigten Zahnersatz nutzen. [7]

Quellen

- [1] <http://www.sirona.com/de/produkte/digitale-zahnheilkunde/implantologie-mit-cerec/?tab=3605> (15.05.2016)
- [2] http://www.dr-voepel.de/downloads/CEREC_Patienteninfo_de_2010-12.pdf (15.05.2016)
- [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/CEREC> (20.05.2016)
- [4] CEREC Basiswissen 4.0 Ein Klinischer Leitfaden; Dr. Andreas Ender
- [5] <http://www.dr-woest.de/10.html> (18.05.2016)
- [6] http://www.zwp-online.info/sites/default/files/produktbroschueren/310_342_hajto...erec_ak_umgeb.pdf
- [7] SINGLE VISIT DENTISTRY- Nur CEREC macht es möglich; Produktbroschüre SIRONA
- [8] http://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/digitale-praxis/story/wirtschaftlichkeitsberechnungen-fuer-cerec-in-der-praxis__563.html (20.05.2016)

Rapid Prototyping: 3D-Druck in der Dentaltechnik

Fabian Riedl

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Zusammenfassung

Der digitale Workflow in der Dentaltechnik vereinfacht Arbeitsabläufe und bildet die Grundlage für reproduzierbare Ergebnisse. Durch den Einsatz von 3D-Druckern lassen sich bereits viele zahntechnische Produkte präzise fertigen. Dem Verfahren liegen verschiedene Technologien zugrunde und es ermöglicht die Verwendung eines breiten Materialspektrums. Wenn das Materialverhalten verstanden wird und die Prozesse beherrscht werden, kann der 3D-Druck letztlich zu Kosten-, Effizienz- und Qualitätsvorteilen führen.

Einleitung

In der Medizintechnik hält der Trend des 3D-Drucks mit all seinen Vorteilen Einzug. Dabei kann besonders die Dentaltechnik vom digitalen Fertigungsverfahren profitieren. Auf dem hart umkämpften Markt versuchen zukunftsorientierte Dentallabore durch die Etablierung digitaler Verfahren und dem Einsatz moderner Herstellverfahren Wettbewerbsvorteile zu sichern. Eine attraktive Lösung kann hierbei der 3D-Druck bieten. Hierbei handelt es sich um ein additives Verfahren des

Rapid Prototypings. Die Konstruktion wird dabei ausgehend von einem CAD-Datensatz schichtweise aufgebaut.

Digitale Prozesskette

Die Grundlage des digitalen Workflows (Abb. 1) bildet die Generierung des Datensatzes. Wurde die orale Patientensituation auf klassische Weise mit Abdruckmasse und Löffel abgeformt, muss das resultierende Gipsmodell mittels einem 3D-Scanner zunächst digitalisiert werden. Weniger aufwendig und für den Patienten angenehmer ist hingegen die digitale Erfassung mithilfe eines Intraoralscanners. Durch das Zusammenführen und Überlagern vieler Bilder aus der Mundhöhle wird mit hoher Genauigkeit ein 3D-Volumenmodell mit allen geometrischen Informationen rekonstruiert. [1]

Nach der Berechnung lässt sich das aus einzelnen Schichtinformationen aufgebaute Modell im CAD / CAM-Programm visualisieren. Mit einem virtuellen Artikulator kann die dynamische Okklusion beim Erstellen von Kronen und Brücken dargestellt werden. Dafür vorgesehene Scanner ermöglichen zudem die Datenintegration von einem

physischen Artikulator in die Software. [2]

Der Zahntechniker kann unter Berücksichtigung aller Daten das in der Therapieplanung vorgesehene Endprodukt konstruieren, eine notwendige Optimierung vornehmen und geeignete Werkstoffe wählen. Die speziellen Tools besitzen hierfür Materialdatenbanken, in der bereits wichtige Datensätze hinterlegt sind. Die für den 3D-Druck notwendigen Daten werden schließlich als STL-Dateien aus der Software exportiert. Bei diesem Dateityp handelt es sich um den Industriestandard für die additive Fertigung von Volumenmodellen. Nach dem Einstellen maschinenabhängiger Parameter wie z.B. die Wiederbeschichtungszeit beginnt der Bauprozess und läuft automatisch bis zur Fertigstellung des Bauteils. Gegebenenfalls sind noch Abkühlvorgänge oder anschließende additive Prozessschritte wie Sintern erforderlich. [3]

In der Regel werden die Objekte nach der Herstellung gereinigt. Dieser Vorgang kann z.B. mit Ethylalkohol in einem Ultraschallgerät erfolgen. Material- und objektabhängig kann eine Nachbehandlung mit einem Lichthärtegerät sinnvoll sein, um durch das Auspolymerisieren von Restmonomeren die Körperverschleißbarkeit und Objektfestigkeit zu optimieren. Gegebenenfalls

bilden das Polieren und die Endreinigung die Abschlusstätigkeiten. [4]

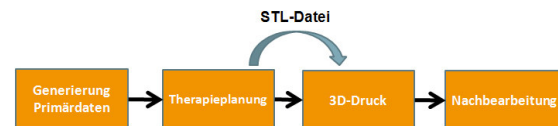


Abbildung 1: Digitale Prozesskette

Technologien

Der Oberbegriff des 3D-Drucks umfasst eine Vielzahl von unterschiedlichen Fertigungsverfahren. Im Folgenden sollen die bedeutendsten Methoden kurz erläutert werden:

3D-Pulverdruck

Das Verfahren ist dem des bekannten Tintendrucks sehr ähnlich (Abb. 2). Eingesetzt werden vorwiegend Kunststoff-, Kalk- oder Gipspulver. Aus mehreren Druckköpfen werden ortsspezifisch kleine Mengen Bindemittel (Klebstoff) geschossen, woraufhin schichtweise Pulver aufgetragen wird. Dies bewirkt ein Verkleben bzw. Kristallisieren der Pulverkörner. Das Pulverbett wird beim Drucken Schicht für Schicht nach unten gefahren, sodass das Objekt nach oben hin erstellt werden kann. Mit dieser Methode lassen sich auch mehrfarbige Modelle ausdrucken. [5]

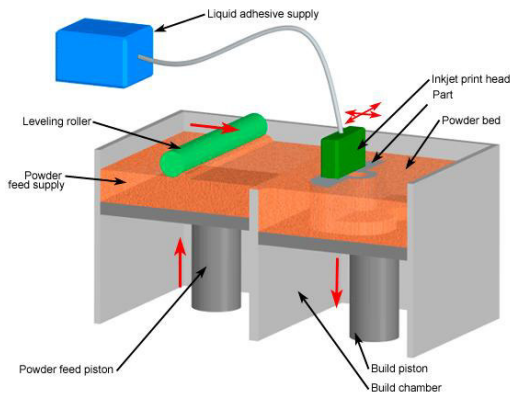


Abbildung 2: 3D-Pulverdruck [10]

Fused Deposition Modeling (FDM)

Hierbei kommen thermoplastische Kunststoffe (PP, PLA und ABS in Form von Filamenten) oder Wachs zur Anwendung. Ähnlich einer Heißklebepistole wird das Material knapp über seinen Schmelzpunkt erhitzt. Mit Hilfe eines Extruders gelangt der Stoff zu einer heißen und beweglichen Düse, wovon er schichtweise auf das schon erstarrte Material aufgebracht wird (Abb. 3). Eine Kühlvorrichtung sorgt dabei für die Stabilisierung des applizierten Kunststoffs. [5]

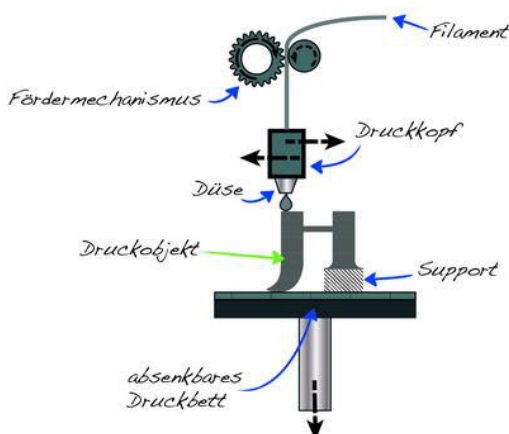


Abbildung 3: Fused Deposition Modeling [11]

Selektives Lasersintern / -schmelzen

Neben Kunststoffen kommen auch Metalle wie pulverförmiges Titan zum Einsatz. Der Schichtaufbau erfolgt hierbei durch das lokale Aufschmelzen der Materialien mithilfe eines Lasers (Abb. 4). Durch das Erkalten des Materials verfestigt sich der Werkstoff. Indem die Bauplatte abgesenkt wird und eine neue Schicht Pulver aufgetragen und geschmolzen wird, entsteht nach und nach die gewünschte Kontur. Der Temperatureinfluss führt zu Schrumpfungsprozessen beim Abkühlen, die jedoch zuvor berechnet und berücksichtigt werden. [5]

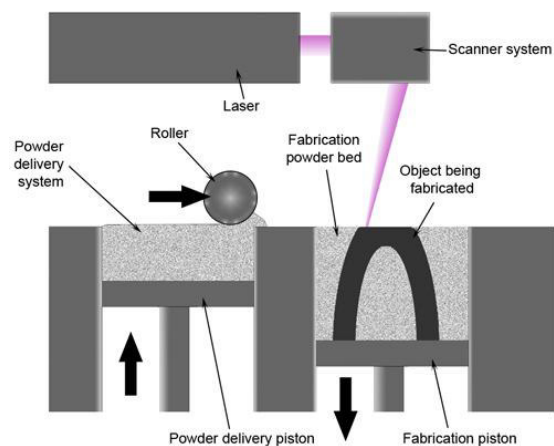


Abbildung 4: Selektives Laserschmelzen [10]

Stereolithographie

Es wird eine dünne Schicht aus photosensitiven Kunst- oder Epoxidharz in ein Becken gegossen. Aufgrund der Belichtung mit einem UV-Laser beginnt

das Harz zu polymerisieren (auszuhärten), während bereits die nächste Schicht aufgetragen wird. Beim Verfahren kann entweder ein Beamer die gesamte Schicht des Objektes auf die Kunstharzoberfläche projizieren oder ein im Druckkopf befindlicher Laser die Formen nachzeichnen. [5]

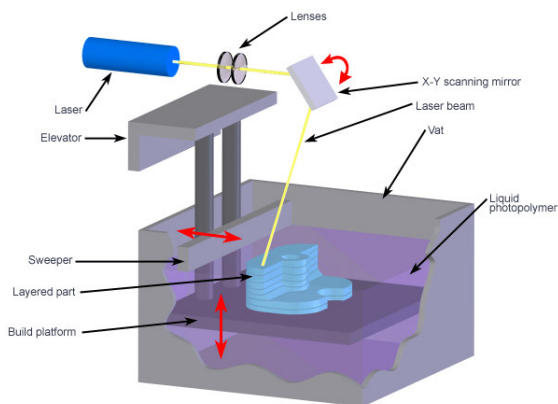


Abbildung 5: Stereolithographie [10]

Abhängig von zu druckender Form und Methodik können Stützstrukturen erforderlich sein, die im Nachgang entfernt werden müssen. [5]

Materialien und Produkte

Unabhängig vom 3D-Druckverfahren stellt der Werkstoff einen zentralen Parameter dar. Gedruckt werden können Metalle, Kunststoffe und Keramiken. Für die Qualität, Präzision und Eigenschaften der Endprodukte sind u.a. Zusammensetzung der Pulverlegierungen, Korngröße, Pulverform und -reinheit von elementarer Bedeutung.

Selbst wenn Werkstoffe verwendet werden, die aus konventionellen Herstellungsverfahren geläufig sind, ist eine Qualifizierung des Materials unabdingbar, da sich Dichte und mechanische Eigenschaften beim 3D-Druck verändern. Je nach Anwendungsfall wird die Stoffzusammensetzung variiert, um Steifigkeit, Dichte, Elastizität, Bioverträglichkeit oder Farbe zu verändern. [6, 7]

Insgesamt geht der Trend hin zu „flexibel einsetzbaren, transparenten und zahnfarbenen Materialien“ [7].

Beispiele für in der Dentaltechnik verwendete Materialien sind Titan und innovative Kobalt-Chrom-Legierungen bei den Metallen, Polyamid und flüssige Photopolymere (Epoxy) im Bereich der Kunststoffe und Zirkoniumoxid bei den Keramiken. [8]

Bereits heute können nahezu alle zahntechnischen Produkte mit dem 3D-Druck hergestellt werden. Die Produktpalette reicht dabei beispielsweise von Abformlöffeln, Bohrschablonen und Schienen bis hin zu Brücken, Kronen oder Modellen. Das breiteste Anwendungsfeld bieten zweifellos die Kunststoffe, aber auch die zuvor genannten Werkstoffe weisen eine Vielzahl an Indikationen auf. [4]

Vorteile des digitalen Workflows mit 3D-Druck

Beim digitalen Prozess entfallen gegenüber der konventionellen Methodik zeit- und arbeitsintensive Tätigkeiten wie das klassische Abformen mit dem Löffelabdruck oder die manuelle Fertigung eines Gips- und Wachsmodells. Dadurch kann der Zahntechniker jederzeit Anpassungen am digitalen Modell vornehmen ohne physische Objekte anfertigen zu müssen, wodurch sich neben Zeit auch Material einsparen lässt. Zusätzlich erhöht sich der Patientenkomfort, da die unangenehme Abdruckmasse dank des Intraoralscanners nicht mehr benötigt wird. [7]

Der Maschinenhersteller EOS macht sogar konkrete Angaben zur Produktivitätssteigerung. Demnach könnte die Herstellung von Kronen und Brücken mit einem solchen System im Vergleich zur herkömmlichen Produktion um den Faktor zehn angehoben werden. [6]

Im Gegensatz zum konventionellen Prozess liefert die automatisierte Fertigung mit dem 3D-Drucker reproduzierbare Ergebnisse. Es lassen sich komplexe Geometrien schichtweise und ohne Werkzeug mit hoher Präzision in einem Fertigungsschritt realisieren. Während beim Fräsen von Zahnersatz

Material abgetragen wird, ist die additive Fertigung deutlich ressourcenschonender, weshalb die Materialkosten geringer ausfallen. [4]

Darüber hinaus können gewünschte Elastizitäten und Steifigkeiten individuell nach Patientenbedürfnis eingestellt werden. [9]

Durch die verschiedenen Verfahren des 3D-Drucks steigt die Anzahl verwendbarer Werkstoffe zunehmend an. Dabei lassen sich auch die Vorteile anderer Materialien nutzen, die in herkömmlichen Herstellungsverfahren nicht eingesetzt werden können. Dies ermöglicht vollkommen neue Restaurationsoptionen. [4]

Durch die schnelle Herstellung mit dem 3D-Drucker kann der Patient bei nur einem Arztbesuch diagnostiziert und gleich mit dem notwendigen Zahnersatz versorgt werden. Denn durch die kompakte Bauweise der Drucker und keinerlei Anforderungen an die Umgebung ermöglicht das Fertigungsverfahren auch Chairside-Behandlungen, also die Herstellung der Produkte direkt beim Zahnarzt. Der Arzt kann seinen Auftrag aber natürlich auch an einen externen Dienstleister vergeben und bekommt die Produkte in der Regel spätestens am nächsten Tag.

Es zeigt sich, dass gerade auch der Patient vom digitalen Prozess und dem 3D-Druckverfahren profitiert. Für den Zahnarzt und das Dentallabor resultieren alle Vorteile letztlich in einer Qualitätssteigerung, da der gesamte Prozess von der Datenerfassung bis zum präzisen Druck deutlich weniger anfällig für Fehler ist. Zudem führen die Prozessoptimierung sowie die Material- und Zeitersparnis zu Kostenreduktion und Effizienzsteigerung.

Herausforderungen

Für Zahnarzt und Zahntechniker bestehen die größten Herausforderungen in der Umstellung der konventionellen hin zu den digitalen Prozessen und deren Beherrschung. Das notwendige Know-how, beispielsweise für den Umgang mit der CAD / CAM-Technologie, muss sich zunächst erst angeeignet werden. Alle Arbeitsabläufe im Labor oder Praxis werden sich grundlegend ändern. Gegebenfalls kann die Einstellung von qualifiziertem Personal dabei behilflich sein. [6]

Darüber hinaus müssen z.B. Werkstoffeigenschaften der benötigten Materialien und die Einstellung der korrekten Maschinenparameter verstanden werden. Da sich die eingesetzten Werkstoffe in den verschiedenen 3D-Druckverfahren anders verhalten als in

den klassischen Verfahren, muss zudem eine Material-Qualifizierung stattfinden. [6]

Eine andere Hürde stellen die Anschaffungskosten des 3D-Druckers dar. Professionelle Maschinen sind ab 10.000 Euro erhältlich. Nach oben hin sind dabei keine Grenzen gesetzt. Die Entwicklungen auf dem Markt zeigen jedoch, dass sie in Zukunft insgesamt günstiger werden. Außerdem muss sich das Dentallabor ohnehin mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse überlegen, ob sich eine derartige Investition lohnt oder ob die Herstellung besser extern durchgeführt werden sollte. [5]

Die Anschaffung eines Intraoral- oder 3D-Scanners zur Unterstützung des digitalen Prozesses wird sich aufgrund der genannten Vorteile jedoch im Allgemeinen als sinnvoll herausstellen.

Fazit und Ausblick

3D-Drucker halten sowohl im industriellen Umfeld als auch im Consumer-Bereich vermehrt Einzug. Die Entwicklungen in der Industrie werden daher auch in der Medizintechnik, in der es eine hohe Nachfrage nach patientenindividuell gefertigten Produkten gibt, für Impulse sorgen. Aufgrund der sich ähnelnden Produktgeometrien und dem bereits aufgebauten Prozesswis-

sen ist die Dentaltechnik dabei in der Vorreiterrolle. [6]

Dort wird der 3D-Druck durch die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung der Akteure unterstützt. Es ist deshalb zu erwarten, dass der Dentalbranche ein wesentlicher Wandel bevorsteht. Der digitale Workflow in Verbindung mit dem 3D-Druck ermöglicht es, mehr Produkte bei weniger Zeit- und Personalaufwand herzustellen und sichert dadurch klare Wettbewerbsvorteile. Der Fokus bei Forschung und Entwicklung liegt eindeutig auf der Erprobung innovativer Materialien mit speziellen Eigenschaften. Während diese Entwicklungen noch abzuwarten sind, steht jedoch schon fest, dass in Zukunft viele zahntechnischen Produkte aus dem 3D-Drucker kommen werden.

Literatur

- [1] <http://www.rapidreview.de/3d-druck/zahntechnik/> (18.05.2016)
- [2] <http://exocad.com/de/unsere-produkte/dental-cad/add-on-module/virtueller-artikulator/> (18.05.2016)
- [3] Gebhardt, Andreas: *3D-Drucken: Grundlagen und Anwendungen des Additive Manufacturing (AM)*. München: Hanser, 2014
- [4] http://www.ztm-aktuell.de/technik/werkstoffe/story/3d-druck--trend-mit-potenzial-__3765.html (20.05.2016)
- [5] Fastermann, Petra: *3D-Drucken: Wie die generative Fertigungstechnik funktioniert*. Berlin [u.a.]: Springer, 2014
- [6] http://www.medizin-und-technik.de/onlineweiterlesen/-/article/33568401/39414484/Drucker-statt-Werkzeuge/art_co_INSTANCE_0000/maximized/ (18.05.2016)
- [7] <http://www.3d-drucken.de/2015/01/concept-laser-und-fresdental-digitalisierung-in-der-zahntechnik/> (21.05.2016)
- [8] <http://www.3d-activation.de/material/keramik/> (21.05.2016)
- [9] <http://www.marc-hinze.de/blog/gesundheit-und-zaehne/total-digital-implantat-und-zahnersatz-aus-dem-3d-drucker-fraestechnik-digitaler-workflow-und-cadcam-fuer-absolute-praezision/> (18.05.2016)
- [10] <http://www.prirevo.at/info/was-ist-3d-druck/> (25.05.2016)
- [11] <http://update.hanser-fachbuch.de/2013/12/3d-druck-fuer-wirklich-alle-inklusive-gewinnspiel/> (25.05.2016)

Andreas Mohr

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Zusammenfassung

Datenschutz ist eine der wichtigsten Aufgaben in der Arztpraxis. Dabei ist es nicht nur wichtig den Schutz der Daten von Patienten in der Arztpraxis zu schützen, sondern sich auch auf die immer stärker auftretende Digitalisierung vorzubereiten.

Einleitung

Der Datenschutz hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Durch Ereignisse wie die NSA-Affäre und andere Spionage-Affären, wird das Interesse der Bevölkerung an den Datenschutz immer mehr geweckt. Dabei ist der Datenschutz nicht nur für das private Leben von besonderer Bedeutung, sondern vor allem auch im Bereich der Arztpraxen.

Datenschutz und Datensicherheit

Datenschutz soll die personenbezogenen Daten vor unbefugtem Zugriff schützen. Für Arztpraxis wird dies speziell im Strafgesetzbuch durch die ärztliche Schweigepflicht zwischen Arzt und Patient gefordert.

Datensicherheit bezeichnet den Schutz von Daten vor Verlust oder Fälschung. Weiter soll die Verfügbarkeit

sichergestellt werden. In der Arztpraxis wird die Datensicherheit durch die Patientenakte gewährleistet. [1]

Gesetzliches für den Datenschutz

Der Datenschutz ist in der Arztpraxis durch mehrere Gesetze gefordert.

Der §203 des Strafgesetzbuches behandelt dabei die Verletzung von Privatgeheimnissen. In diesem wird beschrieben, mit welchen juristischen Konsequenzen Ärzte und andere Berufsträger, die mit Privatgeheimnissen zu tun haben, zu rechnen haben, wenn diese unerlaubt private Geheimnisse ohne Erlaubnis der betreffenden Person preisgeben. [2]

Der §9 der Berufsordnung der Ärzte behandelt das Thema der Schweigepflicht. Darin werden die Pflichten des Arztes geklärt, über persönliche Daten des Patienten zu schweigen. Unter anderem wird auch die Belehrung der Mitarbeiter über die Verschwiegenheit geklärt. [3]

Im Bundesdatenschutzgesetz wird der Umgang mit personenbezogenen Daten umgegangen werden muss. Es geht dabei auf die Informations- und Kommunikationssystemen oder manuelle Verarbeitung dieser Daten ein. [4]

Seit dem Jahr 2013 ist das Patientenrechtegesetz in Kraft getreten. Dieses verfolgt das Ziel mehr Transparenz und Rechtssicherheit für den Patienten zu gewähren. Es soll dabei den Patienten im Fall eines Behandlungsfehlers stärker zu unterstützen. [5]

Datenschutz in der Arztpraxis

In der Arztpraxis können vier für den Datenschutz relevante Bereiche identifiziert werden. In Diesen muss der Datenschutz permanent gewährleistet werden.

Empfangsbereich



Abbildung 1: Empfangsbereich einer Arztpraxis

Der Zutritt zur Praxis sollte nie unbeaufsichtigt sein. Das heißt, während des gesamten Praxisalltags sollen alle Personen zur Kenntnis genommen werden, welche die Praxis betreten oder verlassen. Dies soll gewährleisten, dass fremde Personen unerlaubt Dokumente entwenden können.

Dies kann am besten dadurch gewährleistet werden, dass der Empfangsbe-

reich im vorderen Bereich der Arztpraxis sich befindet.

Auch sollte das Personal der Arztpraxis patientenbezogene Daten nie unbeaufsichtigt im Empfangsbereich liegen lassen. Nach Bearbeitung von personenbezogenen Dokumenten sollten diese umgehend in den Aktenschrank zurückgebracht werden.

Wartebereich



Abbildung 2: Wartebereich

Bei der Erhebung von vertraulichen Patientendaten muss darauf geachtet werden, dass andere Patienten Abstand halten, um die Diskretion zu gewährleisten. Am besten werden Patienten, deren Daten nicht gerade aufgenommen werden, gebeten im Wartebereich (siehe Abbildung 2) Platz zu nehmen.

Es kann dabei jedoch sein, dass der Wartebereich nicht ausreichend akustisch entkoppelt ist und somit Gespräche in der Anmeldung im Wartebereich mitgehört werden können. Es ist somit wichtig bei der Anmeldung nur die nö-

tigste personenbezogenen Daten auszutauschen.

Behandlungsbereich



Abbildung 3: Behandlungsbereich

Vertrauliche Gespräche sollten immer in geschlossenen Räumen abgehalten werden. Es sollte immer darauf geachtet werden, dass unbefugte Personen bei Patientengesprächen nicht teilnehmen.

Praxisverwaltung



Abbildung 4: Patientenakten

Die Praxisverwaltung muss vor Einbruch und Diebstahl geschützt werden. Es ist dabei zu beachten, dass alle Räumlichkeiten am Ende jedes Praxistages abgeschlossen werden. Patientenakten müssen unbedingt extra in

einem Schrank gesichert werden. Bei der Entsorgung von Patientendaten muss gewährleistet werden, dass alle Informationen über Patienten ordnungsmäßig vernichtet werden. [6], [7], [8]

Empfehlungen für den Datenschutz bei der Digitalisierung

Bei der Digitalisierung der Arztpraxis sollten zunächst geeignete Berechtigungen bezüglich der Patientendaten vergeben werden. Dabei sollte geprüft werden, welches Personal Patientendaten betrachten darf. Weiter sollte auch die Bearbeitung, sowie die Löschung von Daten nur für Ärzte oder Personen mit Genehmigung freigegeben werden. [9]

Jeder Mitarbeiter der Arztpraxis sollte seinen eigenen Zugang mit seinen eigenen Rechten erhalten. Eine Zusammenfassung von Zugangsdaten sollte vermieden werden. Bei Mitarbeitern mit gleichen Rechten kann ein gemeinsamer Zugang eingerichtet werden. [10]

Ein sicheres Passwort ist für den Schutz von Patientendaten entscheidend. Ein sicheres Passwort sollte aus einer Kombination von Groß- und Kleinbuchstaben, sowie Zahlen und Sonderzeichen verwendet werden. Passwörter, welche aus Wörterbüchern entnommen werden, sind ungeeignet.

Ein sicheres Passwort lässt sich am besten durch einen Merksatz erstellen:

Beispiel: Id80-JnmMj2.S(!)K-Rg = In den 80er-Jahren hat meine Mutter jeden 2.Sonntag (!) Kohl-Roulade gemacht

Dabei wird von jedem Wort der erste Buchstabe verwendet und somit ein sicheres Passwort erstellt.

Das US Sicherheitsunternehmen Splashdata veröffentlicht jährlich eine Statistik mit den unsichersten Passwörtern des letzten Jahres. Für die Statistik 2015 (siehe Tabelle 1) wurden mehrere Millionen Passwörter ausgewertet. [11]

Rang	Passwort 2015
1	123456
2	Password
3	12345678
4	Qwerty
5	12345
6	123456789
7	football

Tabelle 1: Unsicherste Passwörter 2015

Bei externer Kommunikation sollten Computer mit Patientendaten keine Verbindung zum Internet besitzen. Da hierbei die größte Gefahr besteht, Schadsoftware auf den Computer zu laden oder Hacker Zugriff auf Patientendaten bekommen. Sollte eine Trennung nicht möglich ist, müssen Patientendaten ausreichend verschlüsselt

werden und die Firewall regelmäßig aktualisiert werden. Bei Praxisverbänden/Praxisnetzen empfiehlt es sich ein eigenständiges Datennetz aufzubauen um den sicheren Austausch von Daten zu gewährleisten.



Abbildung 5: Physische Zerstörung von Datenträgern

Die Entsorgung von IT-Systemen und Datenträgern kann durch einen externen Dienstleister durchgeführt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass alle gesetzlichen und datenschutzrechtlichen Auflagen beachtet werden. Bei Eigenständiger Löschung von Daten empfiehlt es sich, die Daten vor physischer Zerstörung durch Spezialsoftware zu überschreiben. Einfaches Löschen von Daten gewährleistet nicht, dass personenbezogene Daten nicht wiederhergestellt werden können. Durch Spezialsoftware werden Datenträger mehrmals mit leeren Dokumenten überschrieben, um eine Wiederherstellung von Patientendaten zu verhindern.



Abbildung 6: Fernwartung der IT

Bei der Digitalisierung wird zunehmend die Wartung des Datennetzwerkes durch einen externen Wartungsservice über Fernwartung durchgeführt. Hierbei ist zu beachten, dass alle Maßnahmen der Wartung genau protokolliert werden. Dies soll sicherstellen, dass keine schädliche Software auf dem Computer installiert wird. Auch sollten die Zugriffsrechte des Technikers begrenzt werden, um einen Zugriff auf Patientendaten zu verhindern.

Ausblick in die Zukunft – Die elektronische Patientenakte

Elektronische Patientenakte

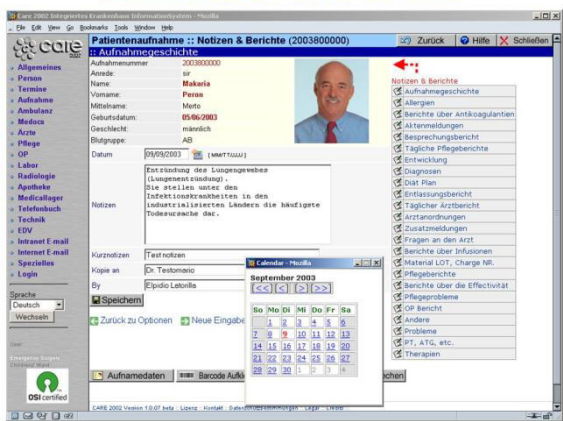


Abbildung 7: Elektronische Patientenakte

In Deutschland wird seit 2011 die elektronische Patientenakte mit regionalen Modellversuchen erforscht und soll in den nächsten Jahren bundesweit eingesetzt werden. Patienten sollen selbst entscheiden, welche Daten in dieser gespeichert werden. Zugriff auf die Daten soll nur erfolgen, wenn elektronischer Arztausweis und die elektronische Gesundheitskarte in dafür geeignetes Lesegerät gesteckt werden und der Patient anschließend einen PIN eingibt. [12]



Abbildung 8: Zugriff auf elektronische Patientenakte über PIN-Eingabe

Erst im Anfang Mai 2016 wurde auf einer Versammlung der Ärztekammer darüber diskutiert, ob die Verwendung von biometrischen Verfahren einen sicheren Zugriff auf die elektronische Patientenakte gewährleisten.

Vor der Verwendung der elektronischen Patientenakte muss der Patient mit einem Arzt klären, welche Daten gespeichert werden sollten. Auch kann der Patient verschiedene Zugriffsrechte festlegen, so dass nicht jeder Arzt Zugriff auf alle Daten erhält, sondern nur für ihn relevante Daten Einsicht

erhält. Auch kann der Zugriff kompletter Abteilungen des Gesundheitswesens gesperrt werden.

Durch die elektronische Patientenakte wird der Patient für seinen eigenen Datenschutz mit in die Verantwortung gezogen. Ob sich die elektronische Patientenakte durchsetzen wird und ein geeigneter Ersatz für die klassische Patientenakte herausstellt, wird man im Verlauf der nächsten Jahre sehen.
[13]

Fazit

Die Digitalisierung kommt immer mehr in den Fokus. Dadurch wird auch ein zuverlässiger Datenschutz immer wichtiger. Um nicht von den immer größer werden Anforderungen des Datenschutzes überfordert zu werden, sollte der Datenschutz möglichst konsequent gelebt werden und immer auf dem neusten Stand gehalten werden. Es steht dabei jedoch nicht nur die Arztpraxen in der Verantwortung, einen sicheren Umgang mit Patientendaten zu gewährleisten, sondern auch die Industrie muss sich dem Datenschutz in Zukunft immer mehr widmen.

Literatur

[1] Datenschutz und Datensicherheit in der Arztpraxis, online unter:
https://www.kvberlin.de/20praxis/80service/05fortbildungswoche/datenschutz_080625.pdf [Zugriff am 21.05.2016]

[2] Schweigepflicht, online unter:
<http://www.bundesaerztekammer.de/patienten/patientenrechte/musterberufsordnung/> [Zugriff am 21.05.2016]

[3] Schweigepflicht, online unter:
<http://www.bundesaerztekammer.de/patienten/patientenrechte/musterberufsordnung/> [Zugriff am 21.05.2016]

[4] Bundesdatenschutzgesetz, online unter:
http://www.gesetze-im-internet.de/bdsg_1990/ [Zugriff am 21.05.2016]

- [5] Patientenrechtegesetz, online unter:
<http://www.bundesaerztekammer.de/recht/gesetze-und-verordnungen/patientenrechtegesetz/> [Zugriff am 21.05.2016]
- [6] Datenschutz in der Arztpraxis online unter:
<http://www.iww.de/ppa/archiv/qualitaetsmanagement-datenschutz-in-der-arztpraxis-f32322> [Zugriff am 21.05.2016]
- [7] Datenschutz in der Arztpraxis – Selbstcheck, online unter:
<http://www.kvn.de/icc/internet/med/62b/62b7012a-a9fd-4821-48ae-85b06fa453d5,11111111-1111-1111-1111-111111111111,isDownload.pdf> [Zugriff am 21.05.2016]
- [8] Aktion Datenschutz in meiner Arztpraxis, online unter:
https://www.datenschutzzentrum.de/download/arztpr_pl.pdf [Zugriff am 21.05.2016]
- [9] Praxisgemeinschaft: Zugriff auf Patientendaten muss streng geregelt sein, online unter: www.kbv.de/html/1150_15632.php [Zugriff am 22.05.2016]
- [10] Aktion Datenschutz in meiner Arztpraxis, online unter:
https://www.datenschutzzentrum.de/download/arztpr_pl.pdf [Zugriff am 21.05.2016]
- [11] Schlechteste Passörter 2015, online unter:
<http://www.pcwelt.de/news/123456-Die-25-schlechtesten-Passwoerter-des-Jahres-2015-9914239.html#> [Zugriff am 23.05.2016]
- [12] Die elektronische Patientenakte, online unter:
https://de.wikipedia.org/wiki/Elektronische_Gesundheitsakte [Zugriff 22.05.2016]
- [13] Elektronische Patientenakte: Schlüsselrolle für den Datenschutz: online unter:
<http://www.aerzteblatt.de/archiv/59362/Elektronische-Patientenakte-Schluessselrolle-fuer-den-Datenschutz> [Zugriff am 25:05.2016]

Abbildungsverzeichnis

[Abbildung 1] Empfangsbereich; online unter: <http://www.gemeinschaftspraxis-kwp.de/bilder/Galerie/Arztpraxis-Berlin-Anmeldung.jpg> [Zugriff am: 23.05.2016]

[Abbildung 2] Wartebereich online unter: <http://www.gemeinschaftspraxis-kwp.de/bilder/Galerie/Arztpraxis-Berlin-Hausarzt-Wartebereich.jpg> [Zugriff am: 23.05.2016]

[Abbildung 3] Behandlungsbereich; online unter:

<http://www.bmg.bund.de/themen/krankenversicherung/e-healthgesetz/e-health.html>

[Zugriff am: 24.05.2016]

[Abbildung 4] Patientenakte: online unter:

<http://www.medical-tribune.de/typo3temp/pics/dd7a4b9de4.jpg> [Zugriff: 24.05.2016]

[Abbildung 5] Physische Zerstörung von Datenträgern; online unter:

<http://www.datenretter-koeln.de/blog/wp-content/uploads/Scheiben-mit-Hammer-Vernichten2.jpg> [Zugriff am 25.5.2016]

[Abbildung 6] Fernwartung der IT; online unter:

<http://www.systech-it.de/typo3temp/pics/a9595e79d7.png> [Zugriff am 25.5.2016]

[Abbildung 7] Elektronische Patientenakte; online unter:

http://images.slideplayer.org/3/1322966/slides/slide_17.jpg [Zugriff am 25.5.2016]

[Abbildung 8] Zugriff auf die elektronische Patientenakte über PIN-Eingabe; online unter: <http://www.heise.de/imgs/18/1/8/1/9/5/7/2/egk-e18b0c9d54e2ecf2.png> [Zugriff am 25.5.2016]

Digitalisierung in der MKG-Chirurgie

Computergestützte Operationsplanung

Antonia Götz

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Zusammenfassung

In der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie (MKG-Chirurgie) müssen Chirurgen häufig Fehlbildungen oder zerstörte Knochenstrukturen korrigieren. Aufgrund der Komplexität und Individualität der Strukturen müssen alle zur Verfügung stehende Mittel verwendet werden, um die Behandlungskonzepte einfach, verlässlich und kostengünstig planen und veranschaulichen zu können. Die computergestützte 3D-Operationsplanung, entwickelt vom Zuse-Institut Berlin (ZIB), ermöglicht eine simulierte Operationsplanungsumgebung, bei der an einem virtuellen Patientenmodell hinsichtlich der funktionellen Rehabilitation die Umstellungsplanung durchgeführt und bewertet werden kann. Durch eine Weichgewebesimulation können die Behandlungsmethoden aus einem ästhetischen Blickwinkel betrachtet werden. Diese 3D-Operationsplanung dient nicht nur einer verbesserten Operationsvorbereitung, sondern erleichtert die Patientenaufklärung und erhöht die Patientenmotivation.

Motivation

Die MKG- oder auch Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie umfasst Erkrankungen, Verletzungen und Fehlbildungen des Kiefers, des Gesichts und der Mund- und Rachenhöhle. Behandelt werden unter anderem Gesichts- und Kieferfehlbildungen, aber auch Frakturen und Tumore. Ziel der Chirurgen ist es, das äußere Erscheinungsbild zu korrigieren oder zu rekonstruieren.

In der Regel wird für die Wiederherstellung des äußeren Erscheinungsbildes, beispielsweise nach Frakturen, auf Fotografien oder ähnliches zurückgegriffen. Bei komplex angeborenen Fehlbildungen des Gesichts oder des Kiefers liegen solche Vorlagen jedoch nicht vor, sodass funktionelle Störung in Zusammenhang mit einer harmonischen Gesichtsform aufgehoben werden muss.

Für die Korrektur solcher Fehlbildungen muss mit allen zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln ein individuelles Behandlungskonzept erarbeitet werden, wobei alle funktionellen und äs-

thetischen Aspekte berücksichtigt werden müssen [1, 2].

Die individuelle Konzeption der Behandlungsvorgehensweise bei solchen chirurgischen Eingriffen kann mit Hilfe von computergestützten Verfahren anhand realer aber auch virtueller Modelle simuliert werden [3].

Modellgestützte Operationsplanung

Für die präoperative Erstellung einer Behandlungsstrategie wurden zu Beginn Studien durchgeführt, die Erkenntnisse über die normale Gesichtsproportionen und deren individuelle Variabilität lieferten [1, 4]. Darauf aufbauend kann bei der funktionellen Rehabilitation die harmonische Gesichtsform unter Erhaltung individueller Merkmale berücksichtigt werden [5, 6].

Die Anfänge der Therapieplanung in der MKG-Chirurgie liegen in der Analyse von Fernröntgenseitenaufnahmen. Bereits in den 1970er Jahren konnten erste Knochenabschnitte zweidimensional durch Heranziehen der Profilröntgenaufnahme computergestützt verlagert werden. [7] Anhand kephalometrischer Parameter konnten

die Knochenstrukturen analysiert und die Umstellung geplant werden [8].

Bei einer zweidimensionalen Operationsplanung können nicht alle komplexen Strukturen erfasst und analysiert werden. Für eine umfassende Symmetrieplanung muss neben der Profilanalyse auch die frontale Ebene, das heißt En-Face, bewertet werden. So entwickelte sich ein 3D-Planungssystem basierend auf einem maßstabsgetreuen Kunstharzmodell (Abbildung 1). Dieses wird mittels Rapid-Prototyping aus computertomographischen Untersuchungsdaten (CT-Daten) hergestellt. [1].



Abbildung 1 Maßstabsgetreues Kunstharzmodell basierend auf den computertomographischen Patientendaten [1]

Bei diesen Umstellverfahren sind jedoch sowohl der Zeit- als auch der

Kostenaufwand sehr hoch. Außerdem kann an einem Modell jeweils nur eine Behandlungsstrategie entwickelt und getestet werden. Da jeweils nur die knöchernen Strukturen abgebildet werden, können die Auswirkungen auf das umliegende Weichgewebe nicht erfasst werden [1].

Weltweit beherrschen nur sehr wenige Arbeitsgruppen die für eine 3D-Umstellplanung notwendigen Bildbearbeitungsverfahren. In Deutschland sammeln seit vielen Jahren die Forschungsgruppe ICAAS, Leipzig, und das Zuse-Institut Berlin Erfahrungen auf diesem Gebiet. Nachfolgend wird ein 3D-Planungssystem näher erläutert, das vom Zuse-Institut unter der Leitung von Herrn Stefan Zachow entwickelt wurde. [1, 6]

Computergestützte 3D-Operationsplanung

Ziel ist es, mit einer computergestützten 3D-Operationsplanung ein Planungshilfsmittel zu schaffen, bei dem sich unterschiedliche Behandlungsstrategien einfach, verlässlich und kostengünstig planen und veranschaulichen lassen. Um dabei die Funktion und die Ästhetik zu berücksichtigen soll das Planungswerkzeug knöchernen Areale mobilisieren und die

Weichgewebestruktur vorhersagen können [2].

3D-Patientenmodell

Voraussetzung für eine solche Therapieplanung ist die dreidimensionale Erschaffung der anatomischen Strukturen aus den CT-Daten, um bei der Planung das Patientenmodell interaktiv bearbeiten zu können.

Das geometrische Modell der Knochenstruktur dient als Planungsgrundlage von Schnittlinien und der Knochenumstellung. Des Weiteren wird das Weichgewebe simuliert, um Gewebedeformationen darstellen zu können [1, 5].

Statistische 3D-Formmodelle

Anhand einer großen Anzahl anatomisch normal geformter Strukturen kann durch geeignete Parameter eine gemittelte Form berechnet werden, dass in ein statistisches 3D-Formmodell generiert wird. Durch diese statistische Analyse kann die natürliche Formvariation untersucht werden und bei der Operationsplanung am Patientenmodell berücksichtigt werden [1]. Die 3D-Formmodelle für den Unterkiefer und den Gehirnschädel sind in Abbildung 2 dargestellt.

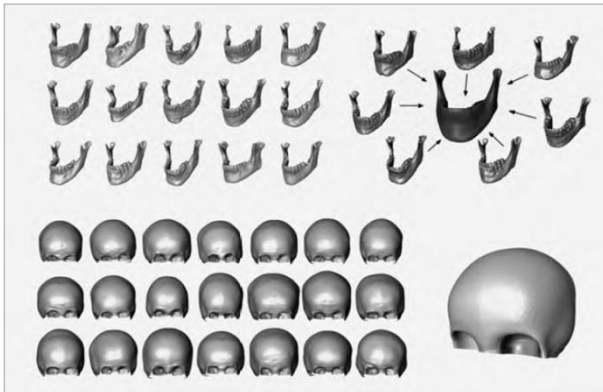


Abbildung 2 Statistische 3D-Formmodelle des Unterkiefers (oben) und des Gehirnschädels (unten) [1]

Bewertung der Knochenfehlstellung

Ausgehend vom 3D-Formmodell kann die Knochenfehlstellung des Patienten bewertet werden. Das Patientenmodell, das aus CT-Daten generiert wurde, kann sowohl qualitativ als auch quantitativ bewertet werden.

Die genaue Formanalyse wird in Profil- und En-Face-Ansicht durchgeführt, wie in Abbildung 3 dargestellt.

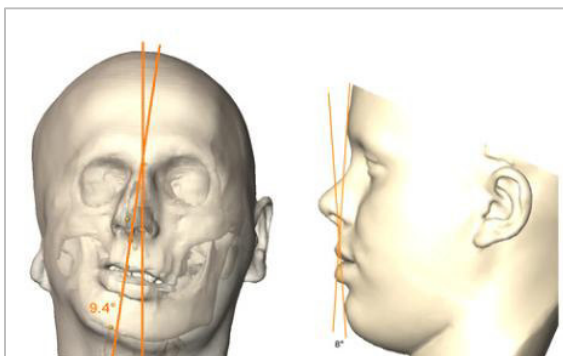


Abbildung 3 Symmetriebewertung in En-Face-Ansicht (links) und Profil-Ansicht (rechts) [1]

Qualitativ lässt sich die Abweichungen zu den Idealproportionen des Formmodells erkennen. Quantitativ können Längen- und Winkelverhältnisse vermessen und verglichen werden, wie in Abbildung 3 orange gekennzeichnet. Des Weiteren lassen sich Strukturen spiegeln und so die Gesichtssymmetrie bewerten. [1, 2]

3D-Umstellungsplanung

Wenn die Gesichts- beziehungsweise Knochenfehlstellung ausreichend bewertet wurde, kann der Chirurg mit der Umstellplanung beginnen. Diese kann er am Computer oder einem Grafiktablett direkt am Patientenmodell durchführen (Abbildung 4).



Abbildung 4 3D-Umstellungsplanung an einem Grafiktablett [1]

Die Knochenschnittlinien (Osteotomien) können am Modell für das entsprechende Planungskonzept frei definiert werden, wobei die inneren Strukturen, beispielsweise Nerven oder Ge-

fäße, bewertet und berücksichtigt werden. Mobilisierte Knochensegmente können frei oder innerhalb von Winkel- und Streckenvorgaben verschoben werden.

Diese Osteotomieplanung kann einfach und schnell unterschiedliche Behandlungsstrategien erfassen und bewerten. Falls Implantate benötigt werden, können diese im virtuellen Modell geometrisch angepasst werden und auf Grundlage dessen individuell hergestellt werden [1, 8].

3D-Weichgewebesimulation

Die Umstellungsplanung dient in erster Linie der funktionellen Rehabilitation. Daneben ist das ästhetische Ergebnis ein weiteres wichtiges Kriterium, das besonders bei mehreren möglichen Therapiestrategien entscheidend sein kann. Grundlage für diese Entscheidung ist die Weichgewebesimulation bei der computergestützten 3D-Planung.

Dafür wird ein räumliches Gitter zwischen der Haut- und Knochenrandfläche erstellt. Mit Hilfe der vom ZIB entwickelten Finite-Element-Berechnung kann so ein geometrisches Modell des Weichgewebenvolumens inklusive angrenzender Knochenstrukturen gene-

riert werden (Abbildung 5). Dieses Weichgewebemodell lässt Aussagen über die Deformation und mechanischen Eigenschaften zu [1, 6, 8].

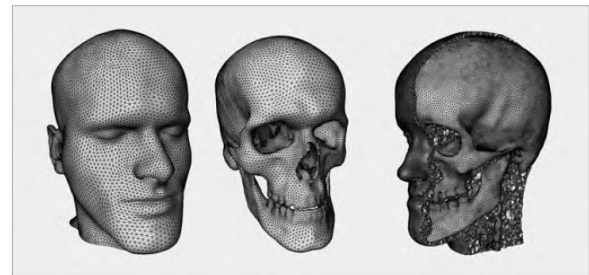


Abbildung 5 Geometrisches Modell der Knochenstruktur (Mitte) und des Weichgewebenvolumens (links), die mittels Finite-Element-Berechnung als Deformationsmodell simuliert werden (rechts) [1]

Ergebnisse

Mit dem computergestützten 3D-Planungswerkzeug des ZIB konnten bereits über 30 Patientenfälle erfolgreich durchgeführt werden. Das System wurde dabei weltweit an Kooperationskliniken eingesetzt.

Zur Überprüfung der Planungsgenauigkeit und –qualität des Systems, wird die Profillinie der Simulation mit postoperativen Fotoaufnahmen verglichen und so die Übereinstimmung bestimmt (Abbildung 6).

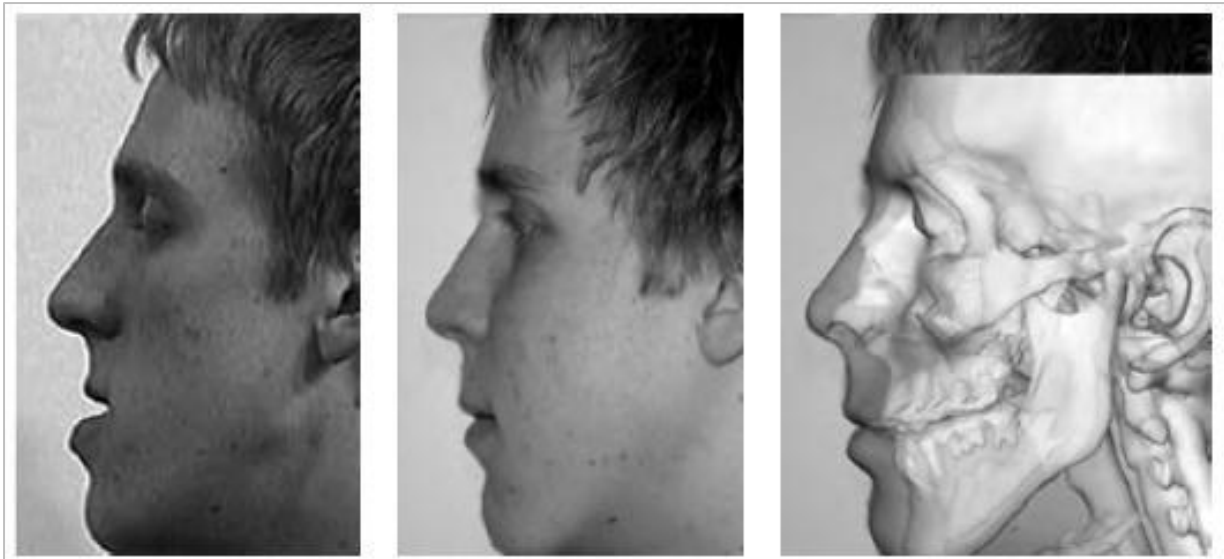


Abbildung 6 Bewertung der 3D-Simulation durch Überlagerung mit postoperativen Fotografien (rechts). Vergleich des präoperativen (links) mit dem postoperativen Profil (Mitte) [1]

Bei circa 70 % der Fälle wich die Gesichtsoberfläche von der Prognose um weniger als 1 mm vom tatsächlichen Ergebnis ab, was für eine sehr gute Übereinstimmung spricht.

Fazit

Die computergestützte 3D-Operationsplanung für die MKG-Chirurgie lässt unter anderem dank der Weichgewebesimulation eine verbesserte Operationsvorbereitung zu. So können mehrere Behandlungsvarianten einfach, verlässlich, schnell und kostengünstig bewertet und geplant werden. Die visuelle Darstellung erleichtert zusätzlich die Falldokumentation und trägt zur Qualitätssicherung bei.

Außerdem hat diese Art der Operationsvorbereitung auch Auswirkungen auf den Patienten. Durch die visuelle Darstellung der Therapieplanung und der Weichgewebesimulation wird der Patient anschaulicher über die bevorstehende Operation aufgeklärt. Diese Veranschaulichung erhöht ebenfalls die Patientenmotivation, wodurch einige Patienten die Behandlungsoptionen direkt in der Planungsumgebung beurteilten und somit erheblich zum Operationserfolg beitrugen. Durch die hohe Genauigkeit der Behandlungsplanung steigt zuletzt auch die Patientensicherheit [1, 3, 6].

Literatur

- [1] Zachow, S.; Weiser, M.; Deuffhard, P.: Modellgestützte Operationsplanung in der Kopfchirurgie. Health Academy (2008), S. 140–156.
- [2] Zachow, S.; Kubiack, K.; Malinowski, J. et al.: Modellgestützte chirurgische Rekonstruktion komplexer Mittelgesichtsfrakturen. Biomedical Technology 55 (2010), Heft 1, S. 107–108.
- [3] Juergens, P.; Zeilhofer, H.-F.: Von der Diagnostik zur intraoperativen Navigation. Der MKG-Chirurg 5 (2012), Heft 4, S. 279–288.
- [4] Powell, N.; Humphreys, B.: Proportions of the aesthetic face. Thieme Medical Pub (1984).
- [5] Weiser, M.; Zachow, S.; Deuffhard, P.: Craniofacial Surgery Planning Based on Virtual Patient Models. it - Information Technology 52 (2010), Heft 5.
- [6] Zachow, S.: Computational Planning in Facial Surgery. Facial plastic surgery : FPS 31 (2015), Heft 5, S. 446–462.
- [7] Ricketts, R. M.; Bench, R.; Hilgers, J. J. et al.: An overview of computerized methods of cephalometric analysis. American Journal of Orthodontics 61 (1972), S. 1–28.
- [8] Zachow, S.; Hege, H.-C.; Deuffhard, P.: Computergestützte Operationsplanung in der Gesichtsschirurgie. Proc. VDE Kongress (2004), S. 53–58.

Die abdruckfreie Praxis – Abformung mit dem Intraoralscanner

Isabella Jentsch

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden



Abbildung 1: Scanvorgang mit dem Intraoralscanner [1]

Zusammenfassung

Der konventionelle Zahnabdruck bringt zahlreiche Unannehmlichkeiten mit sich, sowohl für den Patienten, als auch für die Anwender. Der Intraoralscanner soll somit in der abdruckfreien Praxis Einzug halten und eine Verbesserung bezüglich des Behandlungskomforts, der Zeitersparnis und der gesteigerten Wirtschaftlichkeit erzielen, und das alles ohne Qualitätseinbußen. Der Scanner dient als zentrales Informationssystem, wodurch neue Dentalanalysen mit einer bisher unübertroffenen Genauigkeit durchgeführt und in Echtzeit verarbeitet werden können. Durch die fortgeschrittene Digitalisierung in diesem Bereich ist es bereits möglich, durch die Chairside-Option eine vollständige Restauration in einer Sitzung durchzuführen. Sowohl für die Implantatversorgung, als auch für die Kommunikation z.B. zwischen Praxis und Labor sind neue Möglichkeiten durch die Scannersysteme ent-

standen. Die präzise und fehlerfreie Anwendung lässt sich außerdem leicht kontrollieren. Im folgenden Artikel wird nun genauer auf das intraorale Abformsystem eingegangen und die Technologie ausführend erläutert.

Einleitung

Durch den analogen Zahnabdruck wird der Patient in eine Stresssituation versetzt. Schluckbeschwerden und Atemnot sind keine Seltenheit, ganz abgesehen von dem unangenehmen Geschmack. Durch ein anfälliges Fehlermanagement und viel benötigte Zeit ist die Abdrucknahme auch beim Anwender nicht sehr beliebt. Zudem können große Ungenauigkeiten am Abdruck selbst entstehen und für den Fall einer Abdruckwiederholung entstehen auch dementsprechend mehr Materialkosten. [2]

Ablauf der Behandlung mit dem Intraoralscanner

Im Gegensatz zur analogen, besteht der Vorgang bei der digitalen Abformung aus wenigen Schritten. Zu Beginn der Behandlung wird das Gebiss gescannt, kontrolliert und freigegeben.

Der Scan beinhaltet den präparierten Bereich, den Gegenkiefer und den Biss in zentrischer Okklusion.



Abbildung 2: Scanbereiche [3]

Danach erfolgen die Auftragserfassung und das Versenden. Im Auftrag selbst können Angaben zur Art der Restauration, Farbe und Material gemacht werden. Der Zahnarzt unterzeichnet diesen dann mit seiner persönlichen PIN-Nummer und versendet ihn an das Dentallabor. Dort wird der Auftrag in einem offenen Workflow durch eine STL-Schnittstelle bearbeitet und im Anschluss gefertigt. Danach kann das Ergebnis beim Zahnarzt eingesetzt und zementiert werden. [3]



Abbildung 3: gefertigtes Ergebnis [3]

Der Intraoralscanner als zentrales Informationssystem

Durch die digitale Abformung ergeben sich neue Analysemöglichkeiten wie z.B. Verschleiß- und Rezessionsmessungen. In Zukunft soll ein Praxiskonzept der „zahntechnischen Werkbank“ entstehen und dominieren, ganz nach dem Vorbild der inneren Medizin, in

der sich die Digitalisierung bereits etabliert hat. Die Genauigkeit der optoelektronischen Aufnahmesysteme (ca. 20 µm Abweichungstoleranz beim Einzelzahn) trägt bereits ihren Teil zur Realisierung dieses Konzepts bei. Ungenauigkeiten durch extraoral (meist vom Gipsmodell) gewonnene Scandaten für die CAD-Konstruktion wie z.B. Schrumpfungen, Gipsexpansion oder haptische Artefakte gehören somit der Vergangenheit an. [4]

Echtzeitverarbeitung & Analyseoptionen

Bereits während der Scanphase können Parameter wie die anatomische Situation, Präparation und Präparationsgrenzen am digitalen Modell geprüft werden. Zudem ergibt sich durch eine Re-Scan-Funktion ein vereinfachter Korrekturbedarf an selektiven Bereichen. Dies entspricht vereinfacht gesagt einer Ausschneide- und Einfügefunktion um beispielsweise durch eine Blutung gestörte Aufnahmen erneut nur partiell durchführen zu können oder bei einer Überblicksaufnahme nur behandlungswürdige Zähne darzustellen. Die Oberflächenerfassung für hochrealistische Farbmodelle gelingt zudem sehr gut über selektive Zahnfarbmessungen. Wichtige Präparationsparameter wie die Einschubachse oder der Abstand zum Antagonisten können direkt am Bildschirm

dargestellt und abgelesen werden. Durch die angelegte Datenbank im System können bei einer aufwändigen Gesamtsanierung mehrere Abschnitte eines Scans hinterlegt werden und zudem ermöglicht die Datenbank Digitalanalysen zur Feststellung von Veränderungen wie Abrasionen und Zahnwanderungen. [4]



Abbildung 4: virtuelles Modell [4]

Weitere Anwendungsmöglichkeiten der digitalen Abformung

Neben den bisher genannten Anwendungen, die sich durch die Verwendung eines Intraoralscanners ergeben gibt es noch viele weitere. Zum einen wäre das die digitale funktionelle Okklusion. Hierbei können verschiedene Artikulationsparameter eingestellt werden, um die digitale Okklusion durch einen virtuellen Artikulator zu simulieren, wobei zudem die Bisslage bestimmt werden kann. Außerdem erlaubt diese Anwendung eine umfassende Beurteilung der Funktionstüchtigkeit durch digital gesteuerte Lösun-

gen. Beispielsweise können kiefergelenkspezifische Werte aus elektronischen Registriersystemen in das digitale intraorale Modell übernommen werden. Hier kann die Kondylenbahn aus der Röntgenaufnahme über verschiedene Werte des Gesichtsbogens bestimmt werden, um dann die Bewegung des Unterkiefers relativ zum Oberkiefer zu berechnen.

Eine weitere Anwendung des Intraoralscanners ist die Chairside-Option für Standardversorgungen. Klinische Studien belegen, dass die Überlebensrate von keramischen Vollrestaurationen, welche mit dem Chairside-Verfahren gefertigt wurden, sehr hoch ist. Hier wurde mittlerweile ein Goldstandard erreicht und kann bereits als „Marketinginstrument“ für die Praxis verwendet werden.

Die intraorale Abformung kommt ebenfalls in der Implantologie zur Anwendung. Durch Scannersysteme mit einer implantologischen Planungssoftware können anatomische Strukturen präoperativ dreidimensional erfasst und die geplante prothetische Suprastruktur visualisiert werden. Dies erlaubt eine räumlich optimale, virtuelle Positionierung der Implantatpfeiler in Abstimmung mit den prothetischen Aufbauten. Eine elementare Voraussetzung für die Durchführung ist hierbei ein zur CAD-Software kompatibler und spezifi-

scher Scankörper, um sowohl die Implantatgeometrie als auch –position exakt bestimmen zu können. Die Übertragung der virtuellen Daten in den operativen Situs erfolgt dann mittels einer Führungsschablone, in welche Führungsflächen für die Implantatbohrer eingelassen sind. [4]

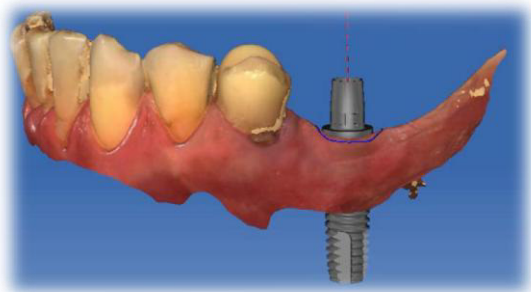


Abbildung 5: Implantat-Scankörper [4]

Kommunikation und Scanpfad des Intraoralscanners

Allgemein kann man sagen, dass durch die Kommunikation des Scanners, besonders durch den elektronischen Datenversand über eine Cloud-Plattform Zeit und Transportkosten gespart werden. Außerdem können an interdisziplinäre Arbeiten funktionelle Scans, sowie Fotos der Bezahnung oder Angaben zur Zahnfarbe angehängt werden. Eine umfangreiche Diagnose- und Planungsmöglichkeit ist durch die Verknüpfung digitaler Datensätze mit anderen Datensätzen gegeben. Oftmals werden Datensätze zuerst in einem verschlüsselten Dateiformat an eine firmeneigene Cloud-

Plattform gesendet und erst von dort aus als STL-Datei für den Datenexport bereitgestellt. Allerdings entwickelt sich der Trend hin zu offenen Systemen, wodurch der Schritt der Verschlüsselung in einer Cloud-Plattform entfällt und ein direkter STL-Datenversand ermöglicht wird.

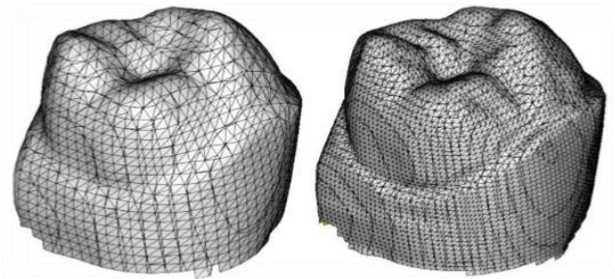


Abbildung 6: Beschreibung der Oberfläche im STL-Format [4]

Um bei der Führung der Intraoralkamera ein exaktes Bewegungsmuster über die Oberflächen einzuhalten, gibt es einen sog. Scanpfad. Durch die Einhaltung dieses Pfades kann die fehlerfreie Vermessung der Bezahnung gewährleistet werden. Zudem können auch Einzelaufnahmen präzise überlagert werden. Dieses „guided scanning“ dient dem Anwender als Instruktion und soll vor allem bei der Erfassung steil abfallender und zahnloser Areale als Unterstützung dienen. Problematisch wird der Scan somit nur noch, wenn die optische Erfassung durch Blut oder Sulcusflüssigkeit gestört wird. [4]

Vorstellung verschiedener Intraoralscanner

„Trios Color“ von der Firma 3Shape:

Bei diesem Intraoralscanner beruht das Prinzip der optischen Aufnahme auf der konfokalen Mikroskopie.

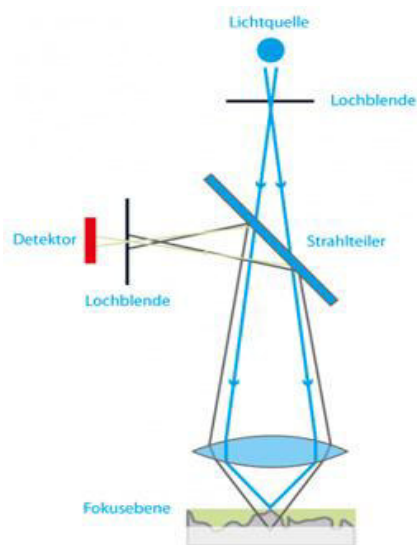


Abbildung 7: konfokales Messprinzip [5]

Es wird ein puderfreier Scan mittels einer Videosequenz erstellt. Das ist die Voraussetzung für einen farbigen Scan. Zudem besitzt dieses Scanner-system eine Sperrfunktion, welche beim Nachscannen die erneute Aufnahme von Oberflächen verhindert. Der digitale Workflow erfolgt vorzugsweise über eine firmeneigene Cloud-Plattform und eine implantologische Planungssoftware ist ebenfalls vorhanden. Der Labside-Workflow ist aufgrund der von 3Shape entwickelten CAD-Software „Dental Systems“ umfangreich etabliert. Ein Chairside-

Workflow befindet sich aktuell in Planung. [4]

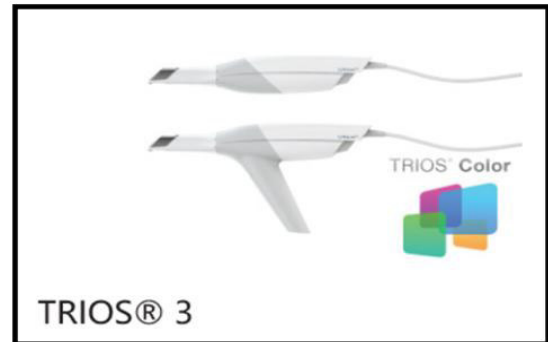


Abbildung 7: Scanner Trios Color [6]

„Dwio“ von der Firma Dental Wings:

Die lichtoptische Aufnahme erfolgt bei diesem System über die Multiscan Imaging-Technologie. Diese dient zur Aufnahme einer Videosequenz mittels Erweiterung des Triangulationsverfahrens.

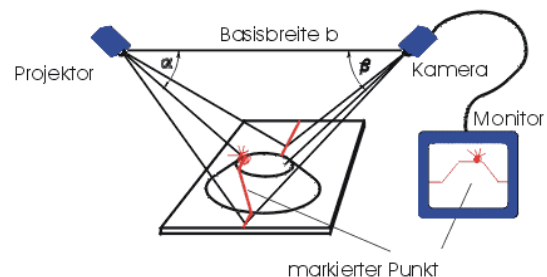


Abbildung 8: Triangulationsverfahren [7]

Durch zehn Kameras und fünf zugehörige Projektoren werden die vom System projizierten Punkte auf der Zahnoberfläche aus diversen Perspektiven aufgenommen. Bei diesem Scanner ist eine Puderung notwendig, wodurch nur monochrome Scans aufgenommen

werden können. Eine Farbversion ist geplant. Für eine präzise Aufnahme ist ein Kameraabstand von 5 – 20 mm erforderlich, welcher durch eine LED-Lampe mit Farbsignalen kontrolliert werden kann. Die Steuerung der Software ist durch eine berührungslose Gestik möglich. Auch bei diesem System wird der digitale Workflow über eine firmeneigene Cloud ausgeführt und der Datenexport im offenen STL-Modus. Der Labside-Workflow ist hier etabliert, allerdings nicht der Chairside-Workflow. Eine Implantatplanung wird bereitgestellt, eine implantologische, prothetische Rekonstruktion ist nicht verfügbar. [4]



Abbildung 8: Scanner Dwio [8]

Fazit

Neben den zahlreichen, bereits genannten Vorteilen wie u.a. der Präzision, Schnelligkeit und dem gesteigerten Patientenkomfort, liegen jedoch

auch noch verbesserungswürdige Aspekte vor. Das Scannen subgingivaler Areale ist nicht möglich, ebenso wie die genaue Erfassung komplett zahnloser Kiefer. Von Nachteil sind auch die benötigten, kompatiblen Scankörper in der Implantologie, sowie die optimierungsbedürftige Simulation. Des Weiteren birgt die Etablierung des Intraoralscanners mit einem Chairside-Workflow die Gefahr, dass das Dentallabor in Zukunft nicht mehr existieren wird. [9]

Was jedoch laut Expertenmeinungen feststeht, ist, dass sich das System der digitalen Abformung in absehbarer Zeit in jeder Praxis etablieren wird. Die Frage hierbei ist nur der Zeitpunkt der Umstellung. Durchaus vorstellbar ist, dass das digitale intraorale Abformsystem als zentrale Drehscheibe für ein komplettes Healthcare-Paket für Patienten dienen könnte. Dazu muss sich allerdings die abdruckfreie Praxis zu einem festen Bestandteil unseres Gesundheitssystems entwickeln.

Das aktuelle Angebot an Scannersystemen ist größer als je zuvor. Allerdings gibt es nicht DAS „richtige“ Produkt. Hierbei muss abgewogen werden, wie viel Geld investiert werden soll und welche Produktausstattung für die jeweilige Praxis erforderlich ist.

Doch eines steht fest: In Zukunft wird digitalen Abformung vorherrschen! [10]
definitiv eine verstärkte Integration der

Literatur

- [1] Kogle, H.: Digitale Abdrucknahme.
http://www.implantat-berater.de/grafik/digitale_abdrucknahme (13.06.16)
- [2] Michael Rusev: Digitale Revolution in der Zahnarztpraxis.
<http://www.jameda.de/gesundheit/zaehne-mund/3d-scanning-abruck-zahnarzt-cad-cad/> (07.06.16)
- [3] 3M ESPE Dentalprodukte: 3M™ True Definition Scanner.
http://solutions.3mdeutschland.de/wps/portal/3M/de_DE/3M_ESPE/Dental-Manufacturers/Products/Dental-Indirect-Restorative/Digital-Impression/True-Definition-Scanner/#tab2 (06.06.16)
- [4] M. Zimmermann, M. Kern: Intraoralscanner – ein aktueller Überblick.
http://www.ag-keramik.de/fileadmin/daten/pdf/Klinik_Expertise/00_Intraoralscanner_version_No_3.pdf (06.06.16)
- [5] Xiondental: Intraoralscanner.
<http://www.xiondental.de/intraorale-kamera.html> (13.06.16)
- [6] 3Shape A/S: Intraoral Scanners.
<http://www.3shape.com/en/new+products/trios/intraoral+scanners> (13.06.16)
- [7] Trigonart Bauer Praus GbR: Streifenlichtscanning.
<http://www.trigonart.com/glossar/streifenlichscanning> (18.06.16)
- [8] Dental Wings Inc.: Erster eigener 3D-Intraoral-Scanner.
<http://www.dentalwings.com/de/news/ersten-eigenen-3d-intraoral-scanner/>
- [9] Dr. P. Güß: Digitale Abformung und innovative CAD/CAM-Werkstoffe.
http://www.zm-online.de/hefte/Digitale-Abformung-und-innovative-CAD-CAM-Werkstoffe_198965.html#1 (18.06.16)
- [10] Dr. M. Zimmermann: Die digitale Abformung mit dem Intraoralscanner: mehr als nur eine Abformung.
http://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/digitale-praxis/story/die-digitale-abformung-mit-dem-intraoralscanner-mehr-als-nur-eine-abformung__3826.html (18.06.16)

Vision oder Utopie

Katharina Schmidt

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Summary

Dental implants are a well-established means of replacing lost teeth, with titanium being the most favored material for implantations. However, when it comes to dealing with aesthetically demanding cases, titanium reaches its limits. The reason for this consists in the fact that the form and the material of such implantations have not changed over the past 40 years. Whereas immediate implantation was introduced to overcome the disadvantages of conventional implantation, this new approach causes many problems, too. The incongruence between implants and surgical sites can be a problem. Today science proves that zirconia dental implants osseointegrate well, offering many advantages over titanium implants. Furthermore, the successful use of zirconia ceramics in orthopedic surgery led to a demand for dental zirconium-based implant systems. Due to its excellent biomechanical characteristics, biocompatibility, and bright tooth-like color, zirconia (zirconium dioxide, ZrO_2) has the potential to become a substitute for titanium as dental implant material. In addition, there are previous reports on the successful use of Zirconia as root-analogue implants by reproducing the contours of the extracted tooth. This article provides an overview of the

technique of using root-analogue zirconia dental implants as an immediate implantation material, with these replicas of the extracted tooth being truly anatomical and compatible with the socket. [1]

Zusammenfassung

Zahnimplantate sind ein gut etablierte Ansatz für den Ersatz der verlorenen Zähne. Als bevorzugtes Material für die Implantation wird hierbei Titan verwendet wird. Allerdings hat Titan seine Grenzen in ästhetisch anspruchsvollen Fällen. Problematisch in diesem Zusammenhang ist, dass bei der Form noch beim Material solcher Implantate sich in den letzten 40 Jahren etwas verändert. Sofortimplantation wurde eingeführt, um die Nachteile herkömmlicher Implantationen zu überwinden, die wiederum viele Nachteile aufgrund der Inkongruenz des Implantats an die Extraktionsalveole aufweisen. Heute gibt es wissenschaftliche Beweise dafür, dass Zirkonoxidimplantate gut osseointegrieren und viele Vorteile gegenüber Titanimplantaten bieten. Der erfolgreiche Einsatz von Zirkonoxidkeramik in der orthopädischen Chirurgie führte zu einer Nachfrage nach Zahnimplantatsystemen auf

Zirkonium-Basis. Aufgrund seiner hervorragenden biomechanischen Eigenschaften, Biokompatibilität und hellen zahnartigen Farbe, hat Zirkoniumdioxid (Zirkoniumdioxid - ZrO_2) das Potential, ein Ersatz für Titan als Implantatmaterial zu werden. Darüber hinaus gibt es frühere Berichte über den erfolgreichen Einsatz von Zirkonoxid als Wurzel-Analog-Implantate bei welchem die Konturen des extrahierten Zahnes reproduziert wurden. Dieser Artikel gibt einen Überblick über die Technik der Verwendung von Wurzel analogen Zirkoniumdioxid Zahnimplantaten als sofortiges Implantationsmaterial, wobei die Nachbildungen des extrahierten Zahnes wahrlich anatomisch wirkt und verträglich mit dem Extraktionsloch ist. [2]

Einleitung

Begonnen hat die moderne Zahnimplantologie Mitte des vorherigen Jahrhunderts mit einer einfachen, maschinieren Schraube von Per-Ingvar Brånemark im ausgeheilten Kieferknochen. Vor etwa 40 Jahren wurde das heute weitverbreitete Titanschrauben-Zahnimplantat entwickelt. Seit diesem Zeitpunkt hat sich am Prinzip nicht viel geändert. Lediglich neue Formen der Schrauben, Oberflächen der Implantate sowie Bohrschablone spiegeln den Entwicklung-trend wieder. Statt bahn-

brechenden Innovationen gab es hauptsächlich Variationen des „Grundprinzips Schraube“ und dies hat zu einer unüberschaubaren Vielfalt von Implantatherstellern und Schraubenvariationen geführt. Zahnimplantate bestehen aus einer Art Schraube die in den Kiefer gebohrt wird und der aufsitzenden Krone, die den eigentlich sichtbaren Zahn darstellt. Ziel der Schraube ist ein perfektes Einwachsen in den Knochen umso Kräfte, die beim Kauen entstehen, richtig in den Kiefer abzuleiten. Hierfür werden bei der Gestaltung drei Hauptaspekte betrachtet. Das Design des Schraubenkörpers, wie Größe und Form, die Steigung des Gewindegangs und das Material beziehungsweise die Materialbeschichtung die mit dem Gewebe in Kontakt kommt. [3] In diesem Zusammenhang werden seit Jahrzehnten enossale Spätimplantationen mit Erfolgsraten von 98% durchgeführt. [4] Problematisch wird diese bislang etablierte und in höchstem Maße reproduzierbare Implantationsmethode bei Sofortimplantationen. Für die Durchführung einer Sofortimplantation ist eine strenge Patientenselektion erforderlich, welche dennoch mit einer erheblich höheren Misserfolgsrate verbunden sind. Grund hierfür spiegelt sich in den handelsüblichen rotationssymmetrischen Implantaten wieder. Unzufriedene Ergebnisse werden erzielt, da der

Knochen häufig unkontrolliert atrophiert und somit das Emergenzprofil unnatürlich wirkt bzw. sogar der Implantatkörper sichtbar wird. Das Grundproblem stellt die knöcherne Ausgangssituation bei Sofortimplantaten. Das Knochenangebot im abgeheilten und marginal bereits reduzierten Knochen ist eine Spätimplantation problemlos möglich, da die Option ein rotationssymmetrisches Implantationsbett zu fräsen gegeben ist. Im Vergleich dazu, findet man bei der Sofortimplantation keinen vollen Knochen vor, sondern eine der extrahierten Wurzel entsprechende Alveole. Diese ist über weite Strecken größer als der Implantatdurchmesser. Aus dieser Tatsache heraus ergibt sich das Problem, dass zum aktuellen Zeitpunkt lediglich Standardimplantate angeboten werden, welche für die Anpassung an den marginalen Knochenbereich nicht geeignet sind. Folglich wird in vielen Fällen somit eine Insertion des Sofortimplantates verhindert. Oftmals werden daher zusätzliche aufwendige und den Patienten belastende Nebeneingriffe wie z.B. Augmentationen und Membrantechniken notwendig, deren Ergebnisse häufig nicht vorhersehbar sind. Diese Problematik zeigt, dass die derzeit am Markt erhältlichen Implantate für eine Sofortimplantation nur eingeschränkt anwendbar sind. Einen gänzlich neuen Ansatz, diese Probleme zu

lösen, stellt das individualisierte Zirkonium-Sofortimplantat dar.

Das anatomische Sofortimplantat

Das anatomische Sofortimplantat stellt im Wesentlichen einen neuen, innovativen Ansatz dar, da erstmals bei der Gestaltung der Implantatoberfläche auf die unterschiedlichen Knochenstrukturen einer Alveole Rücksicht genommen wird. Bei der Anwendung des anatomischen Sofortimplantates wird die eingesetzte Zahnwurzelform für das zu erstellende individuelle Implantat gezielt, und zwar entsprechend der angrenzenden Knochenqualität und Knochenquantität der Alveole modifiziert. Das individualisierte Zirkoniumoxid-Sofortimplantat erfordert im Gegensatz zu rotationssymmetrischen Implantaten keine Ausfräsung des gesunden Knochens zur Bildung eines Implantatbettes.



Abbildung 1: Anatomisches Sofortimplantat i.vgl. zu Schraubimplantat [2]

Klinisch kommt es bei korrekter Ausführung zu keiner unästhetischen Knochen bzw. Weichteilatrophy. Des Weiteren erfolgen durch die große Wurzeloberfläche und die exakte Passform eine wesentlich höhere Primärstabilität und eine kürzere Einheilzeit, da der Knochen keine großen Distanzen zum Implantat überwinden muss. Mit dem individualisierten anatomischen Sofortimplantat lassen sich Einzelzahn­lücken völlig metallfrei, ohne Schrauben und Aufbauteile versorgen und dadurch von Anfang an die Unzulänglichkeiten der Ästhetik und Primärstabilität konventioneller Implantate ausschalten. Die neuen Keramikimplantate bestehen aus Zirkoniumoxid-Keramik, welche nach bisherigen Erkenntnissen biologisch uneingeschränkt verträglich sind. Es gibt 2 Verfahren der Herstellung: das Yttrium-stabilisierte Zirkonoxid, was eine sehr hohe Bruchstabilität besitzt und das nach dem Sinterverfahren hergestellte Zirkonoxid, das auch bei der Kronen-Brückenprothetik verwendet wird, dessen Stabilitätswerte aber deutlich niedriger liegen. Gesinterte Zirkonoxidkeramikimplantate erscheinen daher für die Implantologie weniger geeignet zu sein. Zirkonimplantate haben den Vorteil, der natürlichen Zahnfarbe deutlich näher zu kommen, was insbesondere bei ästhetischen Versorgungen von Vorteil sein dürfte,

insbesondere wenn das bedeckende Zahnfleisch extrem dünn ist.



Abbildung 2: Anatomisch geformtes, keramisches Sofortimplantat

Routinemäßig werden die individualisierten anatomischen Sofortimplantate mit einem Kronenstumpf versehen, sodass sie einzeitig und transgingival einheilen. Dies hat zur Folge, dass eine sofortige, wenn auch reduzierte Belastung stattfinden kann. Dieser Mechanismus verhindert die bei herkömmlichen Implantaten regelmäßige beobachtete Resorption des marginalen Knochens und somit auch der Weichteile. Der Kronenstumpf kann jederzeit beschliffen werden und mit jeder am Markt erhältlichen Krone versorgt werden. Das Einsetzen des Implantats kann ohne jegliche Hilfsmittel erfolgen. Innerhalb weniger Stunden nach der Extraktion kann das anatomische Sofortimplantat mit ein wenig Druck in die Alveole eingesetzt werden. Da keinerlei Knochenfräsung notwendig ist bleibt die Alveole vollständig erhalten. [5]

Fazit

Vorteile

Einfacher „chirurgischer“ Eingriff: kein Aufklappen der Schleimhaut, kein Knochenverlust durch Knochenfräsung, keine Verletzung wichtiger anatomischer Strukturen

Kurze Behandlungszeit, keine Mehrfach- bzw. Nebeneingriffe, dadurch geringere Patientenbelastung und ökonomischere Behandlung

bei Implantatverlust keine schlechtere Ausgangssituation, da Zustand wie nach Zahnextraktion

Implantate sind übungsstabil

Keine Schraubverbindungen

Sofortige Stützung des Knochens und der Weichteile verhindert übermäßige Atrophie

Beschleifbarer Kronenstumpf, jeder herkömmliche Zahnkrone kann zementiert werden

Ästhetische Zahnfarbe durch Keramikimplantat

Keine Prothetikteile/Technikerteil, keine systemspezifische Werkzeuge

Nachteile

Derzeit nur bei unbeschädigter Alveole anwendbar

nur einzeitiges Implantat verfügbar

Verfahren steht erst am Beginn der Entwicklung, weitere Studien sind daher notwendig

Anatomische Sofortimplantate stellen eine vielversprechende Möglichkeit bei der individuellen Problemlösung für die spezifische Ausgangssituation und vor allem für die persönlichen Ansprüche des Patienten dar. In der 4. industriellen Revolution wäre somit die Chance gegeben, die Implantologie der Dentaltechnik voran zu treiben. Dadurch können Patienten geschont und Krankenkassen entlastet werden. Um das Langzeitverhalten von Zirkonoxid-Implantaten zu erforschen, wird seit Mitte 2003 eine durch die Ethikkommission der Landes Zahnärztekammer Baden-Württemberg genehmigte Studie an der Bodensee Zahnklinik durchgeführt. Die Studie ist auf 7 Jahre ausgelegt, wobei im halbjährlichen Rhythmus Recall Untersuchungen erfolgen. Die Überlebensrate der eingepflanzten Zirkonoxid-Zahnimplantate liegt bei über 98 Prozent, was bedeutet, dass das Implantat-Risiko bei guter Implantat-Planung sehr klein ist. Pilotstudien von bis zu zwei Jahren mit anatomischen Sofortimplantaten aus Zirkoniumoxid wurden bislang an 19 Patienten durchgeführt. Die Erfolgsrate lag bei 89%. Ob es sich bei dem Anatomischen Sofortimplantat um eine Utopie oder Vision handelt wird sich in den nächsten Jahren zeigen. [6]

Literatur

- [1] European Journal for Dental Implantologists ISSN 1862-2879 | Vol. 11 | Issue 1/2015
- [2] Bioimplant-Die anatomische, nicht chirurgische Zahnimplantat-Lösung; <http://bioimplant.at/de/dentists.html>; gesichtet 13.05.2016
- [3] DDr. Pirker, Wolfgang (2016): Ist das Schraubenimplantat der Königsweg der Implantologie? ; dental journal;
- [4] DDr. Pirker, Wolfgang (2007): Neues Verfahren: Das individualisierte Zirkonoxid- Sofortimplantat; Zeitschrift: Klinik&Praxis; Zahn Krone 03/07
- [5] DDr. Pirker, Wolfgang (2007): Innovative Implantationsmethode: Das individualisierte Zirkonoxid- Sofortimplantat; Zeitschrift: Implant Tribune, German Edition, Nr.19/2007
- [6] DDr. Pirker, Wolfgang (2009): Implantatinnovation: Das maßgeschneiderte Sofortimplantat; Zeitschrift: Implantologie Zeitung; Horizont Praxis 6/2009

Zusammenfassung

Ultraschall wird seit Jahrzehnten beim Zahnarzt für eine erfolgreiche Zahnreinigung eingesetzt. Diese Technik erobert nun auch den Homecare Bereich. Auch hier stellt Ultraschall eine gute Alternative zu den bereits seit Jahren am Markt etablierten Möglichkeiten für die Zahnreinigung dar.

Einleitung

Aktuelle Daten zur Epidemiologie der Parodontitis belegen einen zunehmenden Bedarf an parodontaler Therapie (König et al. 2010). Dies begründet sich zum einen aus der Tatsache, dass die Zahl von teil- bzw. vollbezahnten Patienten in den höheren Altersgruppen aufgrund verbesserter Möglichkeiten der Zahnerhaltung ansteigt. Zum anderen ist das Bewusstsein für Parodontalerkrankungen in der Bevölkerung und ebenfalls auf der zahnärztlichen Seite gestiegen. Auch deutet die Entwicklung der Demographie in Deutschland durch die Zunahme an älteren Bevölkerungsanteilen auf einen steigenden Bedarf an parodontaler Betreuung hin (Statistisches Bundesamt 2011).

Eine Möglichkeit einer effektiven Therapie stellt die Prophylaxe dar, welche verhindern soll, dass es überhaupt zu einer Parodontitis kommt. Eine ausreichende und regelmäßige Zahnpflege stellt eine solche Prophylaxe dar. Diese beinhaltet neben einer häuslichen konsequenten Zahnpflege auch regelmäßige professionelle Zahnreinigungen beim Zahnarzt.

Diese sollen nun vorgestellt werden, wie diese abzulaufen haben und wo in den jeweiligen Verfahren Ultraschall verwendet wird.

Professionelle Zahnreinigung

Die professionelle Zahnreinigung (PZR) ist eine Ergänzung zur täglichen Zahnreinigung welche von Fachpersonal durchgeführt wird. Man versteht unter ihr eine umfassende mechanische Reinigung der Zähne, welche die Defizite der täglichen Zahnreinigung beseitigen soll.

Anwendungsbereiche

Die PZR wird eingesetzt:

- zur Entfernung von supragingivalem Zahnstein (oberhalb des Zahnfleischsaums) und Konkrementen im

- klinisch erreichbaren Subgingivalbereich (im oberen Bereich der Zahnfleischtasche)
- zur Therapie einer bakteriellen Gingivitis
 - zur Entfernung aufgelagerter Zahnverfärbungen
 - bei Halitosis (Mundgeruch)
 - als Bestandteil einer parodontalen Initialbehandlung (vor weitergehenden Maßnahmen zur Behandlung einer Zahnbettentzündung)
 - zur Erhaltungstherapie nach Behandlung einer Parodontitis (Zahnbettentzündung)
 - im Rahmen eines Recalls (einer Vor- bzw. Nachsorgebehandlung)

Ablauf der PZR

Vor Beginn der PZR wird zuerst ein Mundhygienestatus erstellt, welcher mittels sogenannter Indizes den Entzündungszustand der Gingiva (Zahnfleisch) und den Plaquebefall der Zähne reproduzierbar dokumentiert. Durch die Demonstration bakterieller Plaque mittels farbiger Plaquerevelatoren, dies sind Substan-

zen, die die Plaque einfärben und so besser sichtbar machen, kann der Patient vorab motiviert und gezielt auf Hygienedefizite aufmerksam gemacht werden. Es erfolgt zum Infektionsschutz eine desinfizierende Mundspülung, um die Keimzahl im Tröpfchen-Sprühnebel, der während der Ultraschallreinigung entsteht, zu senken. Der Zahnarzt wird ggf. überschüssige Füllungsrän-der und andere Plaqueretentionsstellen, das sind Stellen an denen der mikrobielle Belag auf Grund der Morphologie besonders gut anhaften kann, vorab neu konturieren und polieren.

Zuerst werden die Zähne mithilfe von Ultraschallwellen und/oder klassischen Handscalern vom Zahnstein befreit. Eine Alternative für die Zahnsteinentfernung stellt die Verwendung von Pulverstrahlgeräten dar, diese sind besonders effektiv für die Entfernung von dunkler Verfärbungen, die vor allem durch Nahrungs- und Genussmittel wie Kaffee, Tee, Rotwein oder Nikotin entstehen. Auch der Biofilm (Plaque, mikrobielle Beläge) wird in diesem Arbeitsschritt beseitigt. Im Anschluss erfolgt die Politur aller Zahnoberflächen einschließlich der Interdental-

räume (Zahnezwischenräume). Die Politur erfolgt mit speziellen Pasten in absteigender Abrasivität (Rauigkeit). Abschließend werden die Zähne zur Kariesprophylaxe mit Flourid in Form von Spülungen, Lacken etc. behandelt.

Vorteile von Ultraschallscalern bei der PZR

Der Einsatz eines Ultraschallgerätes während der PZR hat gegenüber der Entfernung von Plaque mit der Hand viele Vorteile. Einige dieser Vorteile sind aufgelistet.

Vorteile bei der Verwendung von Ultraschall:

- geringer Kraftaufwand bei der supragingivalen Zahnreinigung
- geringer Kraftaufwand bei der subgingivalen Wurzelreinigung
- überlegene Zugänglichkeit zur Furkation
- ermüdungsfreies Arbeiten durch die nur leichte Berührung der Einsätze am Zahn
- Kühlwasser spült und reinigt die subgingivalen Taschenbereiche
- Antibakterielle Wirkung durch Kavitation
- Zeitersparnis
- Geringes Risiko, am Karpaltunnelsyndrom zu erkranken

Häusliche Zahnpflege

Die häusliche Zahnpflege ist der aktive Beitrag, den der Patient leisten muss, um seine Zahngesundheit zu erhalten. Eine regelmäßige professionelle Zahnreinigung beim Zahnarzt alleine reicht dabei nicht aus, der Patient muss sich auch selber um eine ausreichende Zahnpflege kümmern. Demnach ist die häusliche Zahnpflege die wichtigste Maßnahme zur Gesunderhaltung von Zähnen und Zahnbett, da diese vom Patienten mehrmals täglich eigenverantwortlich und selbstständig durchgeführt werden sollte.

Hierbei stehen dem Patienten eine Vielzahl von Hilfsmitteln zur Verfügung:

- Zungenreiniger
- Zahnpasten
- Mundspüllösungen
- Hilfsmittel zur Zahnraumzwischenpflege
 - Interdentalraumbürsten
 - Zahnhölzer
 - Zahnseiden
- Handzahnbürsten
- Elektrische Zahnbürsten
 - Rotierend-oszillierende Zahnbürsten
 - Schallzahnbürsten

- Ultraschallzahnbürsten

Zahnbürste

Das am weitesten verbreitete und billigste Modell ist die Handzahnbürste, welche mit der Hand geführt wird. Die Industrie bietet eine Vielzahl von Zahnbürsten-Modellen an, diese unterscheiden sich anhand der Anordnung des Bürstenfeldes, harte oder weiche Borsten, Kurzkopf oder großflächig etc. Das Modell sollte vom Patienten anhand seiner individuellen Vorlieben und Bedingungen gewählt werden.

Das Putzergebnis, also die korrekte und ausreichende Entfernung von Plaque, hängt hierbei alleine von der Fähigkeit des Patienten ab. Durch die einfachere Handhabung von elektrischen Zahnbürsten, da diese dem Patienten viele der Bewegungen hinsichtlich der richtigen Technik abnehmen, steigt die Nachfrage an elektrischen Zahnbürsten

Eine elektrische Zahnbürste setzt sich aus folgenden Hauptbestandteilen zusammen: ein Handstück, auf das der Bürstenkopf aufgesteckt wird, und eine Ladeinheit. Der im Handstück integrierte Akku treibt einen Elektromo-

tor an, welcher die Bürstenbewegungen erzeugt. Hierbei handelt es sich um kreisförmige Hin- und Herbewegungen und um Vor- und Rückwärtsbewegungen.

Das Gehäuse des Handstücks ist zur Vermeidung von Kurzschlüssen und Stromschlägen absolut wasserfest, die Aufladung des Akkus erfolgt kabellos, die Zahnbürste wird lediglich in eine Ladestation gesteckt. Die Aufladung erfolgt nach dem Prinzip der Induktion.

Am Markt haben sich zwei Konzepte von elektrischen Zahnbürsten durchgesetzt

Oszillierende Bürsten

Als Oszillation wird eine schwingende Bewegung oder ein abwechselndes Heben und Senken bezeichnet. Diese Technik haben sich zahlreiche Zahnbürstenhersteller zu Nutze gemacht und entwickelten auf dieser Grundlage die oszillierende Zahnbürste. Sie ist mit einem kleinen runden Bürstenkopf ausgestattet, der zum einen rotiert und sich zum anderen in verschiedene Richtungen bewegt. Wer etwas tiefer in den Geldbeutel greift, erhält zusätzlich Bürsten, die rück- und vorwärts pulsieren.

Als Vorteil dieser elektrischen Zahnbürsten kann die gründliche Reinigungsleistung beschrieben werden. Die kleinen Bürsten erreichen nahezu jede noch so schwer zu erreichende Stelle. Ein Nachteil daran ist jedoch, dass aufgrund der Größe der Bürstenköpfe tatsächlich jeder Zahn einzeln gereinigt werden muss. Wer sich eine oszillierende Zahnbürste kaufen möchte, sollte auf alle Fälle auf eine integrierte Anpressdruckkontrolle nicht verzichten.

Schallaktive Bürsten

Diese kann als Weiterentwicklung der oszillierenden Bürste verstanden werden. Das Funktionsprinzip basiert auf der gleichen Technik. Der Bürstenkopf wird aber mit einer wesentlich höheren Frequenz betrieben, statt eines Elektromotors wird ein Schallwandler verwendet, dieser wird entweder magnetisch oder piezo-elektrisch betrieben. Schallaktive Bürsten haben eine besonders positive Wirkung auf das Zahnfleisch, weil durch den ständigen Druckwechsel ein erhöhter Ionenaustausch im Gewebe stattfindet. Dies führt zu einer intensiveren Versorgung des Zahnfleischs. Diese Modelle sind

lauter als die oszillierenden Bürsten und kitzeln anfangs am Zahnfleisch, was der Patient als störend oder sogar unangenehm wahrnehmen kann.

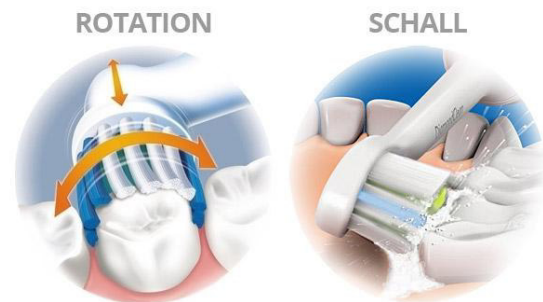


Abbildung 1: Unterschied zwischen den unterschiedlichen Reinigungskonzepten

Der RDA

Alle oben genannten Zahnbürsten brauchen zur korrekten Verwendung noch eine Zahnpasta. Selbst bei perfekter Putztechnik kann ohne eine Zahnpasta kein ausreichendes Putzergebnis erzielt werden. Hierfür spielt der RDA der Zahnpasta eine wichtige Rolle.

Der RDA-Wert ist ein Maß für die abtragende Wirkung (Abrasivität) der Putzkörper einer Zahnpasta auf das Zahnbein (Dentin). RDA-Werte von 30 gelten als gering abrasiv, solche mit Werten zwischen 70 u. 80 bezeichnet man als mittel-abrasiv und Werte über 100 gelten als stark abrasiv. Einige

Zahnweißzahncremes setzen zur Entfernung von Verfärbungen sogar auf RDA-Werte von bis zu 150. Zahnpasten mit Werten über 80 sollten keinesfalls regelmäßig gebraucht werden. Ein gewisser Abrieb ist allerdings notwendig, um Ablagerungen zu entfernen. Putzversuche haben ergeben, dass eine Zahnpasta einen RDA-Wert unter 50 haben sollte, damit es keine zu großen Abrasionen gibt. Andererseits aber ist ein RDA-Wert von mehr als 35 wünschenswert, damit überhaupt eine ausreichende Reinigung eintritt.

Durch die Verwendung eines zu hohen RDAs in der Zahnpasta werden nicht nur der Zahnschmelz und das Dentin angegriffen, sondern auch Füllungen und besonders verschiedene Versiegelungen. Besonders in Kombination mit einer falschen Putztechnik kann es zu empfindlichen Zähnen und Zahnanfälligkeit kommen.

Die Ultraschallzahnbürste

Um dem entgegenzuwirken wurde ein neues Reinigungskonzept entwickelt, welches Ultraschall für die Zahnreinigung verwendet. Dort wird auf mecha-

nischen Abrieb zur Zahnreinigung komplett verzichtet.



Abbildung 2: Funktion der Ultraschallzahnbürste

Mit einer Ultraschallzahnbürste werden die Zähne mittels Ultraschall, und nicht durch mechanische Bewegungen gereinigt. Die Ultraschallzahnbürste ist besonders schonend für das Zahnfleisch, da eine Berührung mit Zahn und Zahnfleisch weitestgehend vermieden werden. Die Reinigung erfolgt mithilfe einer speziellen Zahncreme, welcher in Verbindung mit dem Speichel überall im Mundraum verteilt wird. Durch die Schwingungen der Zahnbürste implodieren die Mikrobubbles im Creme-Speichel-Gemisch. Durch die Kraft, die durch die Implosion erzeugt wird, erfolgt nun die Reinigung der Zähne. Dieses Verfahren hat den Vorteil dass die Zahnbürste im Mund nur noch an die jeweilige Stelle, wo die

Reinigung erfolgen soll, gehalten wird und dort dann ohne weitere Bewegung erfolgt die Reinigung auch an Stellen, welche eine normale Zahnbürste aufgrund ihrer Größe etc. nicht erreichen kann. Durch die schonende Reinigung eignet sich eine Ultraschallzahnbürste für Implantat- und Zahnspangenträger sowie für Menschen mit empfindlichen Zahnfleisch und sensiblen Zähnen. Ein weiterer Vorteil ist die einfache Handhabung, da keine Putzbewegung vom Patienten durchgeführt werden muss, kommt es bei der Nutzung einer solchen Zahnbürste eben nicht auf eine korrekte Ausführung an. Demnach ist es dem Patienten auch nicht möglich diesbezüglich irgendwelche bewussten oder unbewussten Fehler zu machen

Fazit

In der Arztpraxis ist die Verwendung von Ultraschall nicht mehr wegzudenken. Dieser hat sich hier, auch aufgrund seiner vielen Vorteile, seit Jahrzehnten bewährt. Trotzdem wird diese Technik konstant weiterentwickelt zum Beispiel eine intelligente Spitze des Scalers, welche den Unterschied von gesundem Zahnschmelz und Konkrementen erkennt und diesen dann über farbige Ringe am Handstück anzeigt.

Die Verwendung von Ultraschall für die Zahnpflege im für den Hausgebrauch ist sinnvoll. Die extrem einfache Handhabung und die Möglichkeit den kom-

des Patienten verharrt. Außerdem

pletten Mundraum des Anwenders putzen zu können sind Alleinstellungsmerkmale dieser Technik. Um dieses Reinigungskonzept weiter und noch besser am Markt zu etablieren sollten aber über bessere Kontrollmöglichkeiten für Defekte oder Anwendungsfehler implementiert werden. Schlussendlich ist aber der Anwender der wichtigste Faktor für die korrekte und ausreichende durchgeführte Zahnpflege, da bei falscher oder unregelmäßiger Anwendung keines der oben genannten Konzepte ausreicht, um für dauerhaft gesunde Zähne zu sorgen.

Literatur

https://www.bzaek.de/fileadmin/PDFs/pati/bzaekdgzmk/2_03_pzr.pdf

Hellwege K.-D.: Die Praxis der professionellen Zahnreinigung und Ultraschall-Scaling: Eine Arbeitsanleitung für den Zahnarzt und sein Mitarbeiterteam. Thieme Verlag (2007)

Kaiser B.: Erfolgreiche Prophylaxe. Spitta Verlag (2003)

Bückmann B.: Gesunde Zähne: Vorsorge, Behandlung, Kosten. Stiftung Wartentest (2010)

Costa MR, et.al.: Comparison of manual versus sonic and ultrasonic toothbrushes: A review. Int J Dent Hygiene 5 (2007)

Derdilopoulou FV, et.al.: Elektrische Zahnbürsten – Ja, aber welches Modell? Dentalhygiene Journal (2006)

Dörfer C.E., Staehle H.J.: Strategien der häuslichen Plaquekontrolle. Zahnmedizin up2date, Thieme (2010)

Himmel K., Eickholz P.: Glossar der Grundbegriffe für die Praxis: Individuelle Mundhygienehilfsmittel und deren Anwendung, Parodontologie (2008)

<http://www.kzbv.de/professionelle-zahnreinigung.709.de.html>

Zusammenfassung

Gemäß der traditionellen chinesischen Heilmedizin nehmen kranke Zähne nicht nur Einfluss auf die Psyche, sondern auch auf eine ganze Reihe von Körperfunktionen. Daher spielt die Verträglichkeit von Dentalwerkstoffen eine große Rolle für das allgemeine Wohlbefinden.

Die Materialien müssen Beständigkeit gegenüber dem aggressiven Mundmilieu aufweisen und kommen dabei mit den verschiedensten intraoralen Komponenten in Kontakt. Darüber hinaus ist es notwendig, dass die Materialien Biokompatibilität beziehungsweise gute Verarbeitung aufweisen, großen mechanischen Belastungen standhalten und die optische Wirkung der Zähne nachahmen. Bei der Auswahl eines geeigneten Werkstoffes für den Zahnersatz spielen neben dem Rekonstruktionstyp und den oben genannten Kriterien Vorerkrankungen eine Rolle.

Keramiken sind unter den Aspekten Ästhetik und Biokompatibilität die erste Wahl der Zahnärzte und werden daher besonders im Frontzahnbereich verwendet. Keramiken sind im Stande den natürlichen Zahn in Form, Oberfläche, Farbe, Transparenz und Transluzenz täuschend echt nachzuahmen. Dieser Werkstoff teilt sich dabei in Sinterke-

ramiken und anorganische Komposite, Glaskeramiken und Gläser auf.

Bisher existiert noch kein idealer Zahnersatz, weshalb besonders in Bezug auf Allergien und Unverträglichkeiten weitere Forschungen notwendig sind.

Einleitung

„Der Mund ist das Tor zur Gesundheit“ [1]. Laut Traditioneller Chinesischer Medizin nimmt der Gesundheitszustand eines jeden Zahnes Einfluss auf das Wohlbefinden eines jeweils korrespondierenden Organes [2]. Kranke Zähne nehmen dadurch nicht nur Einfluss auf die Psyche, sondern auch auf eine ganze Reihe von Körperfunktionen. Jedoch sind nicht immer die Zähne direkt für die Leiden in der Mundgegend verantwortlich, Auslöser können auch Allergien gegen die verwendeten Dentalwerkstoffe in Brücken, Implantaten oder wurzelgefüllten Zähne sein. Aufgrund der Kreuzkorrelation zwischen Zähnen und Organen zeigen sich die Symptome oft nicht lokal an den Zähnen, sondern können sich auf vielfältige Weise zeigen. Beispielsweise durch Migräne oder Autoimmunerkrankungen; der Rückschluss auf eine Unverträglichkeit lässt sich über eine

Blutuntersuchung auf Zykotine (entzündliche Botenstoffe) klären [2] Dies zeigt die Bedeutung der Entwicklung und Forschung für geeignete Werkstoffe sowie die dazugehörigen Studien zur Verträglichkeit. Dieser Artikel soll einen Einblick in die gestellten Anforderungen der Werkstoffe sowie über die verwendeten Materialien geben.

Anforderungen an Zähne

Dentalwerkstoffe werden in der „Prothetik, in der konservierenden Zahnheilkunde, der Paradontologie, der Kieferchirurgie, der Kieferorthopädie und in der Kinderzahnmedizin“ [3] verwendet. Die Materialien müssen Beständigkeit gegenüber dem aggressiven Mundmilieu aufweisen und kommen dabei mit den verschiedensten intraoralen Komponenten in Kontakt [3]:

- Speichel besitzt eine vorverdauende Fähigkeit, weshalb er eine aggressive Wirkung ausübt. Er besteht aus „Wasser (99 %), organischen Bestandteilen (Proteine), anorganischen Bestandteilen (z.B. Chlorid-Ionen), gelöste Gase (z.B. O₂), Induktion von Korrosion“ [3]
- Nahrung weist unterschiedliche Wärmezustände, pH-Werte und chemische Beschaffenheit auf.
- Ebenso können Medikamente, Fluoride oder Bakterien durch die Freisetzung von Säuren die Werkstoffe angreifen.

- Mechanische Belastungen kommen beispielsweise beim Kauprozess oder Zähne putzen zum Tragen. Es müssen Beanspruchungen im Rahmen zwischen 216 und 637 Newton ausgehalten werden [3].

Darüber hinaus ist es notwendig, dass die Materialien Biokompatibilität beziehungsweise gute Verarbeitung aufweisen, großen mechanischen Belastungen standhalten und die optische Wirkung der Zähne nachahmen [4].

Biokompatibilität

Die biologische Verträglichkeit des Materials beruht auf der Art und Anzahl der freigesetzten Substanzen; ferner dürfen die Werkstoffe keine Beeinträchtigung im Mund oder dem Organismus hervorrufen. Laut EU-Richtlinie 93/42/EWG werden Dentalwerkstoffe aufgrund der langzeitigen intraoralen Anwendung in Risikoklasse IIb eingestuft und müssen daher hohen Qualitätsansprüchen genügen [5]. Wird ein Werkstoff als „mundbeständig“ eingestuft, hält er dem aggressiven Mundmilieu stand und sondert unbedenkliche Mengen an Substanzen ab. Dennoch kann diese Dosis ausreichen, um Allergien bei Patienten auszulösen. Metalle geben bei Kontakt mit Speichel elektrisch positiv geladene Metallionen ab, wodurch das Material negativ geladen ist; Zusätzlich spielt die individuel-

Die Zusammensetzung des Speichels spielt eine Rolle. Bei mehreren metallischen Werkstoffen mit unterschiedlicher Beschaffenheit kann aufgrund entgegengesetzter Aufladungen und der im Speichel gelösten Salze ein sehr schwacher Strom fließen [4]. Dieser Galvanismus liegt im Nanowattsekundenbereich und kann in Form eines metallischen Geschmacks auftreten. Verhältnismäßig starke Ströme kommen vor, wenn unedle Metalle auf edle Metalle treffen [6]. Sofern der Patient dies als störend empfindet, müssen alternative Werkstoffe gefunden werden.

Mechanische Belastungen

Werkstoffe, die für den Zahnersatz eingesetzt werden, müssen zwei Arten von mechanischen Belastungen standhalten. Beim Kauen wirken nicht nur vertikal-axiale, sondern auch horizontale Kräfte; diese liegen üblicherweise im Bereich von 50 bis 100 Newton. Gleichzeitig können Essen oder gegenüberliegende Zähne Abrieb verursachen, beim Bruxieren („Knirschen“) kann diese Kraft bei bis zu 800 Newton liegen [7]. Diese wirkenden Kräfte bergen die Notwendigkeit, dass verwendete Materialien bruchstabil, stabil und – bei Verwendung für die Kauflächen – verschleißfest sein müssen [4].

Optische Wirkung der Zähne

„Kleider machen Leute, Zähne machen Gesichter“ [8]. Dementsprechend soll das Erscheinungsbild der Ersatzzähne die optische Wirkung der Zähne in den Eigenschaften Zahnfarbe und Transluzenz (Lichtdurchlässigkeit) nachahmen. Dies stellt erschwerte Bedingungen dar, da zinnfarbene Werkstoffe nicht stabil sind. Als Kompromiss stellen Materialien aus Keramik oder Metall das Gerüst und werden durch zahnfarbene Materialien verblendet [4].

Verarbeitung der Materialien

Bei der primären Verarbeitung der Materialien werden Kunststoffe als Granulat oder Pulver in die individuell angefertigte Form gefüllt und anschließend gehärtet. Metallische Zähne entstehen durch Gießen und anschließendem Abkühlen, wohingegen bei der Herstellung von Keramik Lösslehm gebrannt wird. Temperatur, Dosierung der einzelnen Komponenten, Zeitabfolge und Technik beeinflussen den Herstellungsprozess und die Qualität des Ergebnisses [4].

Auswahl geeigneter Werkstoffe

Bei der Auswahl eines geeigneten Werkstoffes für Zähne spielen neben dem Rekonstruktionstyp und den oben genannten Kriterien Vorerkrankungen wie „allergische Sensibilisierung gegenüber Metallionen (Nickelallergie)

oder Osteoporose“ [9] eine Rolle. In nachstehender Tabelle soll ein Überblick über die verwendeten Materialien in den Bereichen Kronen und Brücken, Teilprothesen, Implantate, Künstliche Zähne, Füllungen und Wurzelstifte aufgezeigt werden.

Rekonstruktionstypen	Werkstoffe		
	Metalle	Polymere	Keramische Werkstoffe
Kronen ^a und Brücken ^b	Au-Legierungen* Pd-Legierungen* CrNi-Legierungen CoCr-Legierungen Reintitan	–	Glas Porzellan Glaskeramik Aluminiumoxid
Teilprothesen ^c	CoCr-Legierungen Reintitan	–	–
Implantate	Reintitan	–	–
Künstliche Zähne	–	Acrylate	Porzellan
Füllungen ^d	Gold Au-Legierungen Amalgam (Hg-Ag-Cu) Ga-Legierungen	Dimethacrylat-Systeme	Porzellan Glaskeramik Aluminiumoxid
Wurzelstifte ^e	Pt-Legierungen Rostfreie Stähle CoCrNi-Legierungen Reintitan Ti-Legierungen	–	Zirkonoxid

^a Kronen: Bei künstlichen Kronen handelt es sich um festsitzenden Zahnersatz, der dazu dient, natürliche Zähne (bzw. durch präparative Massnahmen entsprechend vorbereitete Zahnstümpfe) zu überdecken [6].

^b Brücken: Unter Brücken versteht man einen in der Regel festsitzenden Zahnersatz, durch den verlorengegangenen oder nicht angelegte Zähne ersetzt werden. Brücken werden an natürlichen Zähnen, den sog. Brückenpfeilern, fixiert, welche durch präparative Massnahmen für die Aufnahme der Brücke entsprechend vorbereitet sind [6].

^c Teilprothese. Partielle, abnehmbare Prothese, die bei Teilbezahnung die zahnlosen Kieferkammareale bedeckt [3].

^d Füllung. Künstlicher Ersatz der durch Karies, Kavitätengestaltung, Trauma u.a. verlorengegangenen Zahnhartsubstanz [7].

^e Wurzelstift. Genormter Stift zur Wurzelfüllung

* Auf dem dentalen Edelmetallsektor wurde gesamtschweizerisch im Jahre 1996 ca. 1500 kg umgesetzt. Nach Legierungsarten ergab dies folgende Verteilung: 65% hochgoldhaltige Legierungen, 29% goldreduzierte Legierungen, 6% Pd-Basis Legierungen.

Abbildung 1 Dentalwerkstoffe und ihre Anwendungen [3]

Knochenersatzmaterialien

Darüber hinaus besteht in der Dentaltechnik die Möglichkeit, Knochenersatzmaterialien einzusetzen. Dazu kann eine Spende vom eigenen Organismus (autolog), von einem anderen Menschen (allogen) oder von einer anderen Spezies (xenogen) herangezogen werden [10].

Abformmaterialien

Bei der konservativen Prothesenherstellung in der Dentaltechnik wird in Form eines (überwiegenden) Gips-Modells die orale Situation wiedergegeben. Die Abformmaterialien müssen biokompatibel, desinfizierbar und lagerfähig sein, wofür zumeist Alginate herangezogen werden. Deren Hauptvertreter in der Dentaltechnik sind Polyether und Silikone [10].

Keramiken sind unter den Aspekten Ästhetik und Biokompatibilität die erste Wahl der Zahnärzte und werden daher besonders im Frontzahnbereich verwendet. Keramiken sind im Stande den natürlichen Zahn in Form, Oberfläche, Farbe, Transparenz und Transluzenz täuschend echt nachzuahmen. Aufgrund seiner Wichtigkeit für die Dentaltechnik wird im Folgenden der Werkstoff Keramik näher erläutert und es

werden wichtige Kennwerte sowie Eigenschaften dargestellt.

Keramiken

Bei den Keramiken kann man zwischen Sinterkeramiken bzw. deren anorganischen Komposite, Glaskeramiken und Gläser unterscheiden. Zu einem großen Anteil werden Keramiken in Form von Kronen und Brücken durch ein Metallgerüst im Inneren verstärkt (Metallkeramiken); diese sogenannten Dentalporzellane bestehen aus den Materialien $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}$, deren Hauptkristallphase Leucit über einen hohen Ausdehnungskoeffizienten verfügt. Dies begünstigt eine optimale Anpassung an das Metallgerüst. Es gewinnen zunehmend Vollkeramiken an Bedeutung, die ohne eine Verwendung eines Metallgerüsts auskommen [3]. Die überwiegende Anwendung von Vollkeramiken geschieht in Form von Zirkoniumoxid zur ästhetischen Imitation der Lichtdurchlässigkeit des Zahnes bei gleichzeitig hoher Belastbarkeit, Stabilität und Festigkeit [11]. Einen Überblick über die verwendeten Keramiken in der Dentaltechnik zeigt die Abbildung 2 auf (Anorganische Dentalwerkstoffe).

Werkstoffgruppe	Sinterkeramik und anorganische Composite	Glaskeramik	Gläser
Werkstoffanwendung	Metallkeramiken Vollkeramik, durch Sintern erzeugt Composite aus Glas- und Sinterkeramik	Vollkeramiken	Korrekturmaterialien Glasuren tiefsinternde Gläser
Beispiele	IPS® Classic (Ivoclar AG, Schaan, FL) ZrO ₂ -Keramiken In-Ceram® Al ₂ O ₃ -glasinfiltriert (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, D)	Dicor® (Dentsply, Corning, USA) IPS Empress® (Ivoclar AG, Schaan, FL)	IPS® Classic-Korrektur Glasuren zur Beschichtung Teilkomponenten von low fusing ceramics

Abbildung 2 Anorganische Werkstoffe [3]

Glaskeramiken verfügen über wenigstens eine Glasphase und wenigstens eine Kristallisationsphase, die zusammen eine maßgeschneiderte Realisierung von bestimmten Eigenschaften ermöglicht. Werkstoffe mit mindestens einer Glasphase zeichnen sich unter anderem durch viskoses Fließverhalten und Lichtdurchlässigkeit aus, wohingegen die Kristallphasen dem Stoffsystem besondere Festigkeit verleihen kann. Wird der Werkstoff darüber hinaus mit einer Glasur beschichtet, kann die mechanische Biegebruchfestigkeit um ca. 200 MPa erhöht werden [3]. Heute verwendete Dentalgläser bestehen aus niedrig schmelzenden Gläsern mit einem niedrigen Brechungsindex ($n = 1,50 - 1,53$), wodurch sie über den Nachteil einer geringen chemischen Beständigkeit verfügen. Aktuelle Patente befassen sich mit der Entwick-

lung von Dentalgläsern mit hohem Brechungsindex, hoher Röntgenopazität bei gleichzeitiger Verwendbarkeit für den Dentalbereich [12].

Fazit

Nicht einmal ein Prozent der deutschen Erwachsenen haben keinerlei Kariesbefall. Wie in unten stehender Graphik ersichtlich, waren bei den 33-44 Jährigen durchschnittlich 14,5 Zähne im Laufe des Lebens von Karies befallen, bei den Senioren sind dies sogar durchschnittlich 21 Zähne. Bei Erwachsenen und Senioren mit hoher Schulbildung ist dies geringfügig weniger. Dies zeigt die immense Bedeutung des Zahnersatzes und dem daraus hervorgehenden kontinuierlichem Bedarf an der Weiterentwicklung der heute verfügbaren Dentalmaterialien. Denn nach wie vor ist noch kein idealer Ersatz für den natürlichen Zahn gefunden worden. Besonders in Bezug auf

Allergien und durch Unverträglichkeiten ausgelöste Erkrankungen müssen Materialien gefunden werden, die sehr gut verträglich sind.

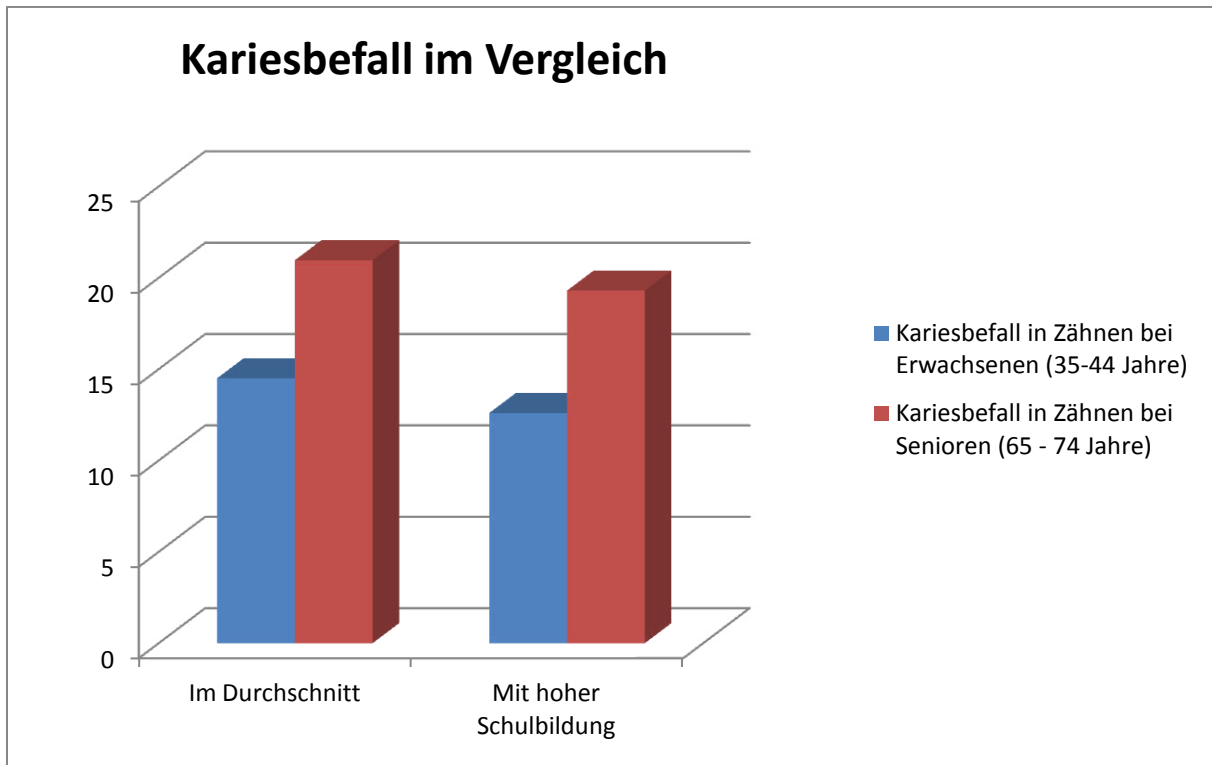


Abbildung 3 Kariesbefall im Vergleich[13]

Literatur

- [1] Boeger Hiltrud. Website der Zahnärztin Dr. med Hiltrud Boeger. [Online] 2016. [7 April 2016] <http://www.drboeger.de/de/pressebericht/erkrankungen-durch-falsche-materialien-2.html>
- [2] Nadj-PappDr.M.A. Edith www.naturheilmagazin.de. [Online] [27 Mai 2016] <http://www.naturheilmagazin.de/natuerlich-heilen/zahnmedizin/ganzheitliche-zahnmedizin/zahnschema.html>.
- [3] H. LüthyC.P.Marinello, W. Hölland Dentalwerkstoffe und Dentalimplantate. s.l., Springer, 2009.
- [4] Uphoff Dr. KarinZahnersatz-spezial. [Online] [15 April 2016] <http://www.zahnersatz-spezial.de/zahnersatz-im-ueberblick/kleinerwerkstoffkunde/anforderungen-an-dentalwerkstoffe/>.
- [5] MedCertMedCert. Certification. Medical Only.[Online] [15 April 2016] <http://www.medcert.de/ce-kennzeichnung/risikoklassen/>
- [6] Daum Dr. O.Zahnärzte in Leimen. [Online] [15 April 2016] <http://www.zahnarzt-leimen.de/zahnmedizin/gesunde-zaehne/wenn-im-mund-strom-fliesst/>
- [7] Reinberger Stefanielimmer wenn es Nacht wird...Focus Gesundheit "Die Zähne". August/Spetember, 2012, Bd. 1, 12.
- [8] Wirt Dr.med.dent. Rolf Praixs Dr. Rolf [Online] [16 April 2016] <http://biodental.info/aesthetik/>
- [9] HaS.-W- Medizintechnik - Life Science Engineering. s.l., Springer, 2009.
- [10] FaltermeierA.Medizintechnik Life Science Engineering; Dentalwerkstoffe und Dentalimplantate - Teil 2. s.l., Springer, 2009, S.S. 2031 - 2034.
- [11] Dr. Volker Anhäusser www.mybody.de. [Online] [2 Mai 2016] <https://www.mybody.de/lexikon-vollkeramikronen.html>.
- [12] Apel.et.al www.patent.de. [Online][2 Mai 2016] <http://www.patent-de.com/20070125/DE102005051387B3.html>.
- [13] Statista www.statista.de. [Online] [15 Mai 2016] <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/151898/umfrage/kariesbefall-bei-erwachsenen-nach-schulbildung/>.

Zusammenfassung

Die Herstellung von Zahnersatz mittels CAD – und CAM – gestützten Fräsmaschinen hat sich in den letzten Jahrzehnten rasant weiterentwickelt und am Markt etabliert. Durch innovative 5 – Achs – Fräsmaschinen können aus nahezu allen beim Zahnersatz vorkommenden Werkstoffen alle Produktvariationen erzeugt werden. Durch die hochautomatisierten und – präzisen Prozesse, die zudem einen enormen Zeitgewinn im Gegensatz zu der konventionellen Methode aufweisen, wird diese Technik immer beliebter und der konventionellen Variante immer mehr den Rang ablaufen.

Einleitung

Seit jeher gilt der Zahnarztbesuch in der Gesellschaft als unangenehm. Vor allem der Zahnersatz, unabhängig davon ob dieser teilweise oder vollständig nötig ist, gilt als teuer, zeitraubend und schmerzhaft.

Doch der Fortschritt der Technik geht auch an der Dentaltechnik nicht vorbei. Durch die Neu- und Weiterentwicklung von CAD- und CAM- gestützten Prozessen ist die Prozedur beim Zahnersatz wesentlich angenehmer geworden. Alle Schritte von der Datenauf-

nahme über die Bearbeitung der Daten bis hin zur Fertigung des Produktes können digital durchgeführt werden. Somit spart sich der Patient Zeit, Unannehmlichkeiten und vor allem viel Geld.

Nicht nur für die Patienten hat die Digitalisierung beim Zahnersatz Vorteile. Unternehmen, die sich auf die Fertigung digitalen Zahnersatzes spezialisiert haben, profitieren davon, denn bereits im Jahr 2010 gaben deutsche Patienten 5,5 Milliarden € in diesem Bereich aus, wobei die Tendenz stark steigt. [1]

Materialien

Als Grundmaterial, den sogenannten Fräsblanks, aus dem der Zahnersatz gefräst wird, kommen grundsätzlich folgende Werkstoffkategorien zum Einsatz: [2]

- Keramiken
- Edelmetalle
- NEM – Legierungen
- Kunststoffe

Das neueste Material im Bereich der Keramiken stellt das Zirkonoxid dar. Es kann aufgrund seiner weichen Konsistenz leicht gefräst werden und besitzt erst nach dem Sintervorgang seine endgültige Härte und Größe. Dieser

innovative Werkstoff weist hervorragende mechanische Eigenschaften auf, da es sowohl eine hohe Festigkeit, Langzeitstabilität als auch eine gute Zähigkeit verfügt. Neben den mechanischen Anforderungen erfüllt es ebenso höchste ästhetische Ansprüche. Dies ist zum einen der Tatsache zu verdanken, dass sich auf Zirkonoxid kaum Plaque ablagert, zum anderen, dass es sich um einen weißen Werkstoff handelt und somit bei zurückgehendem Zahnfleisch keine schwarzen Oberflächen zum Vorschein kommen, wie es beispielweise bei Titan der Fall ist. [3]



Abbildung 1: Fräsblank aus Zirkonoxid [4]

Biokompatible keramische Werkstoffe, die ebenso zum Einsatz kommen, sind beispielweise Feldspat, Glaskeramik und Lithiumdisilikat. [2]

Edelmetalle, die für einen Zahnersatz genutzt werden, sind Gold, Titan und

Palladium. Gold kommt hauptsächlich bei feststehendem Zahnersatz zum Einsatz. Es ist verblendbar, besitzt jedoch keine so hohe Stabilität wie gegossene Gerüste. Oft werden auch Goldlegierungen mit einem teilweisen sehr niedrigem Goldgehalt verwendet.

Titan, das in der Dentaltechnik bereits sehr lange Verwendung findet, ist ein sehr teurer, harter Werkstoff, der sich nur schwer bearbeiten lässt. Zudem ist er nicht verblendbar und nicht sehr passgenau. Trotz all dieser Nachteile wird in letzter Zeit wieder vermehrt auf Titan gesetzt, was zum einen an den steigenden Preisen für Gold und Palladium und zum anderen an einer steigenden Zahl an Allergieklienten liegt. Die Vorteile des Titans liegen bei dessen Biokompatibilität, Korrosionsstabilität und hohen mechanischen Festigkeiten bei relativ niedrigem Gewicht.

Palladium wird im Gegensatz zu Gold und Titan fast ausschließlich in Legierungen, meist mit Gold oder Silber, verwendet und ist ein sehr kostenintensiver Werkstoff. [3]

NEM – Legierungen bestehen zum Großteil aus Chrom, Kobalt und Molybdän. Nickellegierungen werden aufgrund einer hohen Sensibilisierungsphase der Bevölkerung nicht mehr verwendet. NEM – Legierungen besitzen, trotz ihres deutlich günstigeren Rohpreises, nahezu keine schlechte-

ren Materialeigenschaften als Edelmetalle. Somit sind sie preiswerte Alternativen zu Gold und Keramiken. Aus diesem Grund kommen sie schon seit längerer Zeit zum Einsatz. [5]

Die letzte Werkstoff – Kategorie stellen Kunststoffe dar. Das wichtigste Material stellt dabei PEEK (Polyetheretherketon) dar. Es besitzt ein knochenähnliches E – Modul und ist allergiefrei. Zudem ist der Werkstoff plaqueunanfällig und bioinert. Verwendet wird PEEK meistens bei herausnehmbaren Teleskopprothesen. [6]

Produkte

Nahezu alle Produkte, die für den modernen Zahnersatz nötig sind, können heutzutage mit Hilfe von Fräsmaschinen hergestellt werden.

Im Folgenden werden die wichtigsten Anwendungsformen aufgezählt: [2]

- Inlays
- (Teil-)Kronen
- Brücken
- Teleskopprothesen
- Implantat – Zubehör
- Veneers



Abbildung 2: Inlay aus Gold [7]



Abbildung 3: Zirkon- (links und Mitte) und NEM-Kronen [8]



Abbildung 4: herausnehmbare Brücke [9]

Software

Bevor der Zahnersatz gefräst werden kann, muss dieser mit Hilfe eines CAD-Programms genau erstellt werden. In das Programm wird der Abdruck des

Patienten in Form digitaler Daten eingegeben. Der Zahntechniker konstruiert das Werkstück anschließend, wobei die Präparationsgrenzen, Lagebeziehungen zu Nachbarzähnen und die Bissituation berücksichtigt werden müssen. Die Modellierungssoftware gibt zudem Vorschläge zur Kauflächengestaltung, die im Folgenden noch individualisiert werden. [2]

Die drei bedeutendsten Software-Hersteller in diesem Bereich sind Exocad, 3shape und Dental Wings.

Verfahren

Der erste Schritt eines digitalen Zahnersatzes beinhaltet die Ist – Situation des Patienten aufzunehmen. Diese Daten sind erforderlich, um den Zahnersatz anschließend passend herzustellen. Dies kann auf die konventionelle Art und Weise, mit Hilfe eines Gipsabdruckes, geschehen, oder aber anhand eines Intraoralscans. Im Falle eines Gipsabdruckes muss dieser noch digitalisiert werden, hierzu wird eine 3D – Kamera herangezogen. Besteht die Möglichkeit, einen Intraoralscanner zu nutzen, können die Daten direkt in das System eingegeben werden.

Anschließend werden die Daten, wie bereits beschrieben, von einem Zahn-

techniker mit Hilfe einer CAD – Software an den Patienten angepasst.

Danach werden die fertigen Daten an die computergestützte Fräseinheit weitergegeben, welche das Produkt vollautomatisch anhand der CAD – Daten aus dem Blank fräst. Bei diesen Maschinen handelt es sich um 5 – Achs – Fräsmaschinen. Bei bestimmten Werkstoffen, wie beispielweise bei Zirkonoxid, muss die Volumenschrumpfung, die beim darauffolgenden Prozessschritt zustande kommt, mit berücksichtigt werden.

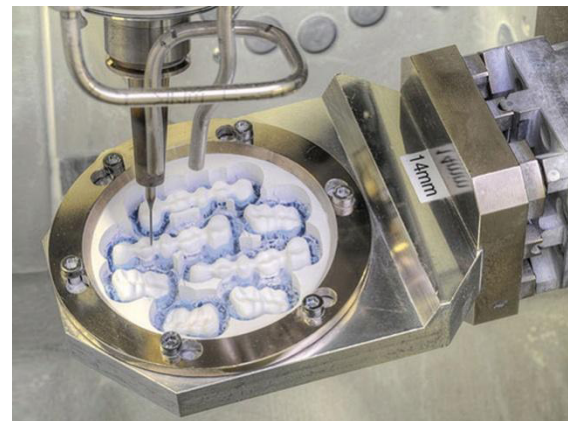


Abbildung 5: 5 - Achs – Fräsmaschine [10]

Abschließend durchlaufen die gefrästen Werkstücke noch den Sinterbrand, bei dem sich diese verfestigen und erhärten, und unter Umständen eine Farbanpassung des fertigen Produkts. [2]

Vergleich zu anderen Herstellungsverfahren

Alternative Herstellungsmethoden zum Fräsen für den Zahnersatz sind Gießen und Lasersintern.

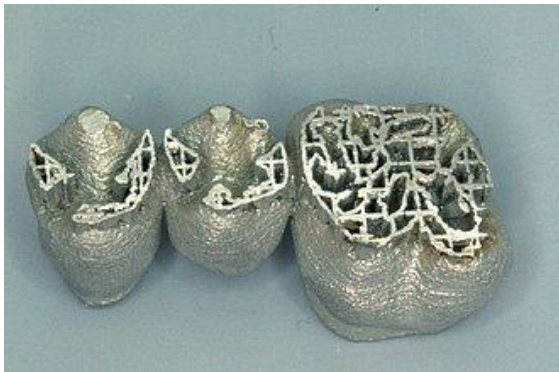


Abbildung 6: gesinterte Brücke mit Supportstruktur [11]

	Gießen	Fräsen	Lasersintern
Kronen, Brückenglieder aus NEM	ja	ja	ja
Kronen, Brückenglieder aus Edelmetall	ja	zum Teil	nein
Implantat-Überkonstruktionen	ja	zum Teil	zum Teil
Zirkonkronen, Zirkonbrückenglieder	nein	ja	nein
Titankrone, Titanbrückenglieder	ja	ja	nein
Kunststoff	nein	ja	nein

Abbildung 7: Vergleich der Einsatzgebiete [12]

	Gießen	Fräsen	Lasersintern
Kronen, Brückenglieder aus NEM	45-60	20-30	20-30
Kronen, Brückenglieder aus Edelmetall	45-60	[20-30]	[20-30]
Implantat-Überkonstruktionen	45-60	[20-30]	[20-30]
Kronen, Brückenglieder aus Zirkon	entfällt	20-30	entfällt
Kronen, Brückenglieder aus Titan	60-90	20-30	entfällt
Kronen, Brückenglieder aus Kunststoff	[45-60]	20-30	entfällt

Abbildung 8: Vergleich der Arbeitszeit für einen Zahntechniker [12]

Beim Gießen handelt es sich sowohl um die älteste als auch die arbeitsauf-

wendigste Methoden der drei genannten. Mit diesem Verfahren können jedoch nur metallische Werkstoffe verarbeitet werden. Zudem ist ein erfahrener Zahntechniker mit einer einzigen Krone in etwa eine Stunde lang beschäftigt. Die beiden digitalen Varianten nehmen den Bearbeiter hingegen nur für 20 bis 30 Minuten in Anspruch. Die für die Geräte notwendigen Investitionen halten sich in Grenzen.

Der große Nachteil des Lasersinterns besteht in den sehr begrenzten Materialmöglichkeiten, da Produkte nur NEM – Legierungen hergestellt werden können. Die Anschaffungskosten für Scanner und Lasersintermaschine sind jedoch nicht unerheblich. [12]

Das Fräsen wird nicht nur wegen der uneingeschränkten Werkstoffauswahl, sondern auch aufgrund der kurzen Produktionsdauer immer beliebter.

Fazit

Bis vor ein paar Jahrzehnten wurde der Zahnersatz nur konventionell mit der Guss – Methode hergestellt. Da allerdings immer neue, innovative Werkstoffe hergestellt werden, die nicht gegossen werden können, und die neuen Herstellungsverfahren schneller, kostengünstiger und voll digitalisiert ablaufen, werden sich im Laufe der Zeit das Fräsen und Laser-

sintern durchsetzen. Hierzu sind jedoch von den produzierenden Unternehmen Investitionen zu tätigen. Da diese nicht unerheblich sind, werden

sich in Zukunft immer mehr Fräs- beziehungsweise Lasersinterzentren bilden, die sich auf die Produktion spezialisieren.

Literatur

- [1] DONNER, Susanne (2010): Zahnersatz: Neue Beißer aus dem Automaten, online unter: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/zahnersatz-neue-beisser-aus-dem-automaten-a-671308.html> [Zugriff: 20.05.2016]
- [2] DocMedicus: CAD/CAM-Zahnersatz, online unter: <http://www.zahngesundheit-online.com/Zahnersatz-Prothetik-/CAD-CAM-Zahnersatz/> [Zugriff: 18.05.2016]
- [3] Schütz Zahntechnik (o.J.), online unter: <http://www.schuetz-zahntechnik.de/> [Zugriff: 18.05.2016]
- [4] <https://www.dentalbauer.de/labors/cad-cam/cad-cam/112307/zirkon-biostar-mit-schulter> [Zugriff: 21.05.2016]
- [5] Schwaben Dental Zahntechnik (o.J.): Kronen aus NEM, online unter: http://www.schwaben-dental.com/lexikon_zahntechnik/?type=0&uid=18&cHash=b39f046e3a7ef52fcd73d14d21b1f9f6 [Zugriff: 20.05.2016]
- [6] HERRMANN, Claudia (2014): Metallfreie Teleskopprothesen – Thermoplaste als Metall-Alternative, online unter: <http://www.zwp-online.info/de/fachgebiete/zahntechnik/werkstoffe/metallfreie-teleskopprothesen-thermoplaste-als-metall-alternative> [Zugriff: 20.05.2016]
- [7] <http://aubacke.de/inlay.htm> [Zugriff: 20.05.2016]
- [8] http://www.strickling.net/praxis_kronen.htm [Zugriff: 20.05.2016]
- [9] <http://www.berit-gliewe.de/prothetik> [Zugriff: 20.05.2016]
- [10] <http://www.dentallabor-sandmair.de/index.php?id=114> [Zugriff: 21.05.2016]
- [11] KLAR, Andreas (2010): Gießen, Fräsen und Lasersintern einer CoCrMo-Brücke, online unter: http://www.ztm-aktuell.de/technik/modellguss/story/giessen-fraesen-und-lasersintern-einer-cocromo-bruecke__1753.html [Zugriff: 20.05.2016]
- [12] NIES, Detlev (2015): Gießen, Fräsen oder Lasersintern – ein Vergleich aus wirtschaftlicher Sicht, online unter: <http://www.iww.de/pi/archiv/praxisfuehrung-giessen-fraesen-oder-lasersintern-ein-vergleich-aus-wirtschaftlicher-sicht-f82744> [Zugriff: 21.05.2016]

Michael Schöppl

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Zusammenfassung

Mit Hilfe der digitalen Prozesse im Laboralltag wird die Effizienz erhöht, die Qualität durch Reproduzierbarkeit gesteigert und sowohl Zeit als auch Kosten eingespart. Dabei gilt es zu beachten, dass sich die CAM-Technik bereits im Vormarsch befindet. Jedoch muss der Ausbau einer konkurrenzfähigen und vollständigen digitalen Prozesskette jederzeit angestrebt und vorangetrieben werden. Die erfolgreiche Umsetzung der Digitalisierung in einem Dentallabor besteht darin, dass alle Einzelprozesse in einem definierten digitalen Workflow eingebunden werden. [1] [2]

Einführung

Aktuell muss sich der Zahntechniker nicht mehr für oder gegen die Digitalisierung in der Dentaltechnik entscheiden, sondern er muss sich entscheiden, welches zahntechnische Gesamtsystem die Prozesse in seinem Laboralltag entscheidend unterstützen oder erweitern. [1]

Problematik der konventionellen Dentaltechnik

Sobald händische Prozesse in einen vordefinierten Arbeitsablauf modelliert werden, resultieren daraus im Allgemeinen Qualitätsschwankungen. Mög-

liche Gründe könnten auf personeller Ebene liegen. Genauer gesagt, der Wissensstand oder die Geschicklichkeit bei Dentaltechnikerinnen und Dentaltechnikern sind auf unterschiedlichem Niveau. [1]

Diese Schwankungen können dazu führen, dass Folgeprozesse nicht mehr durchführbar sind. Dieser Nachteil wird durch die Digitalisierung der Dentaltechnik minimiert und teilweise komplett abgestellt. Im Folgenden soll näher erläutert werden, wie die digitale Dentaltechnik in den Laboralltag integriert werden kann. [1]

Digitale Dentaltechnik

Arbeitsprozesse

Mithilfe der digitalen Dentaltechnik werden arbeitsintensive und qualitätsrelevante Arbeitsprozesse in eindeutig definierte und beschreibbare digitale Abläufe eingebettet. Unabhängig von den Verarbeitungsparametern und der ausführenden Person, werden diese Arbeitsabläufe in:

- sichere,
- zuverlässige,
- reproduzierbare,
- zeit- und kostensparende Routineprozesse

überführt [1].

Die nachfolgende Abbildung (**Abb. 1**) zeigt ein Beispiel für die Transformation eines analogen in einen digitalen qualitätsrelevanten Arbeitsprozess.

Beispiel für einen qualitätsrelevanten Arbeitsprozess

Analoger Arbeitsprozess	Digitaler Prozess
manuelle Abformung	Intraoralscan
Vorbereitung <ul style="list-style-type: none"> • Patienten vorbereiten • Abdruck vorbereiten • Anmischen der Materialien 	Vorbereitung <ul style="list-style-type: none"> • Patienten vorbereiten
Erstellung <ul style="list-style-type: none"> • analoger Abdruck wird erstellt • keine Überwachung möglich • + Wartezeit 	Durchführung <ul style="list-style-type: none"> • Gleichbleibende Scanqualität • Sichere Überwachung des Prozesses
Ergebnis <ul style="list-style-type: none"> • Qualitätsschwankungen möglich • Größere Änderungen am fertigen Modell nicht mehr durchführbar • + Wartezeit 	sichtbares Endresultat <ul style="list-style-type: none"> • Sofortige Darstellung am PC • Änderungen sofort möglich

Abbildung 1: Beispiel eines analogen / digitalen qualitätsrelevanten Arbeitsprozess (siehe Anhang 1)

Die digitale Dentaltechnik ersetzt und ergänzt handwerkliche Teilprozesse:

- durch Softwarelösungen,
- maschinelle CAD/CAM- (CAM = Computer-Aided Manufacturing) und
- Rapid Prototyping-Prozesse

Dank der digitalen Zahntechnik sind neue Versorgungsmöglichkeiten wie die Herstellung von individuellen Abutments (engl. Stützpfiler) mit hoher Präzision entstanden. Das Abutment ist das Verbindungsteil zwischen dem Zahnimplantat und der sichtbaren Zahnkrone. [1]

Die folgende Abbildung (**Abb. 2**) zeigt die genaue Lage des Abutments.

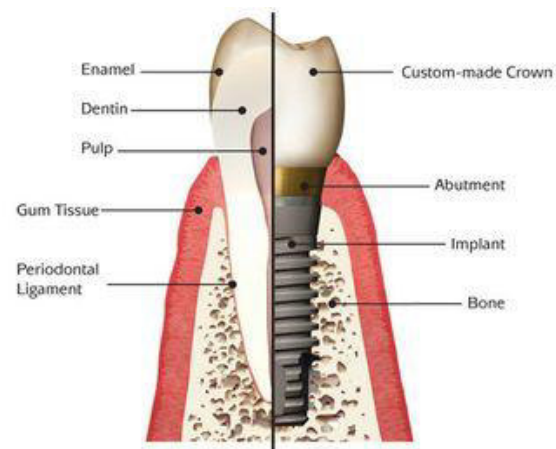


Abbildung 2: Einsatzort eines Stützpfilers [3]

Traditionelle vs. digitale Dentaltechnik

Durch den Einsatz von CAD/CAM – gestützter Zahntechnik werden konventionelle Arbeitsprozesse überflüssig. Nach der Präparation der oralen Situation (Ist-Aufnahme des Hygienestatus des Gebisses) werden durch den digitalen Intraoralscan und der Datenaufbereitung folgende Prozessschritte aus der konventionellen Zahntechnik überflüssig: [1]

- Abformung
- Modellerstellung
- Artikulation
- Wachsmodellation
- Einbetten
- Guss

Nach der virtuellen Konstruktion mit Hilfe der CAD-Software am PC, werden die Konstruktionsdaten direkt und in digitaler Form an die CNC-Maschine

oder indikationsspezifisch an den 3D-Drucker übermittelt. [1]

Nach Fertigstellung des Modells aus dem CAM-System wird das fertigestellte Produkt einer Kontrolle unterzogen. Dabei werden vordefinierte Qualitätskriterien abgefragt, um der nötigen Präzision in der Dentaltechnik gerecht zu werden. Der letzte Schritt beinhaltet lediglich die Eingliederung am Patienten.

Das untenstehende Prozessschaubild (**Abb. 3**) gibt einen Überblick darüber, inwieweit sich Arbeitsprozesse aus der klassischen Dentaltechnik von Arbeitsschritten aus der CAD/CAM-gestützten Digital-Zahntechnik unterscheiden. [1]

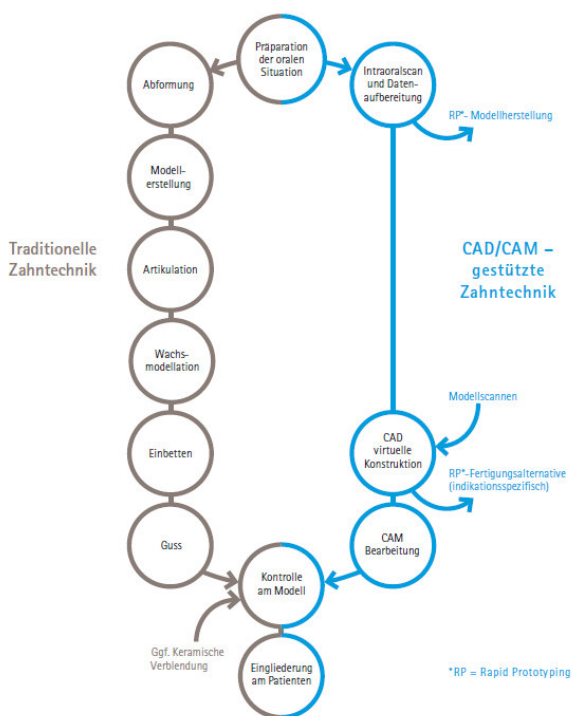


Abbildung 3: Arbeitsprozesse von konventioneller und digitaler Zahntechnik [1]

Schritte zur digitalen Dentaltechnik

Der erste Schritt in die digitale Zahn-technik erfolgt gewöhnlich durch den Kauf eines Modellscanners und einer CAD-Software, wobei anfänglich auf eine externe Fertigung gesetzt werden kann. [2]

Diese externe Fertigung wird im zweiten Schritt mit der Anschaffung einer CAM-Maschine, in eine sogenannte Inhouse-Fertigung überführt und ersetzt. CAM-Maschinen werden aktuell von Dentaltechnikfirmen in verschiedenen Ausführungen hinsichtlich Funktionalität und Preis angeboten. Neben passgenauen Ergebnissen und der exzellenten Qualität von gefrästen Oberflächen besteht der wesentliche Vorteil darin, dass die Wertschöpfung im eigenen Unternehmen bestehen bleibt. [2]

Um der digitalen Prozesskette in einem Dentallabor näher zu kommen, erfolgt im dritten Schritt die selbstständige Fertigung von Restaurationen. Hierzu gehört beispielsweise die Herstellung individueller Abutments aus Zirkoniumdioxid mit hoher Präzision. Aber auch die computergestützte Fertigung eines sogenannten „Mock-up“, zählt zu neuen Fertigungsmöglichkeiten bei der Digitalisierung in der Dentaltechnik. Als Mock-up wird in der

Zahntechnik die Attrappe eines Zahn-ersatzes bezeichnet. [2]

Warum CAD/CAM?

Der Einsatz von CAM-Systemen (Computer-Aided Manufacturing) ermöglicht eine direkte Weiterleitung der Konstruktionsdaten aus CAD (Computer-Aided Design) an die Fertigung. Alle notwendigen Daten werden digital übermittelt und müssen nicht ausgedruckt werden. [1]

Hierdurch werden Eingabefehler reduziert, da das Abtippen der Geometriedaten wegfällt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Fertigstellung des Auftrages vereinfacht und beschleunigt wird und dadurch die Effizienz erhöht wird. Da die CNC-Maschine oder der 3D-Drucker während Änderungen am CAM-System weiter läuft, steigert sich zudem die Produktivität. [1]

Überlegungen vor der Investition

Im Rahmen einer Neuanschaffung mit hohem Investitionsvolumen ist es immer von Vorteil, eine Entscheidungsmatrix vor dem Kauf mit einzubeziehen. Hieraus sollten sich Gründe für oder gegen eine Investition ableiten. Die wichtigsten Gesichtspunkte sind einerseits die „nützlichsten Investitionen“ (höchster Benefit) und andererseits die „unaufschiebbaren Investitionen“ (Ersatz fehlerhafter oder alter Ge-

rätschaften). Diese gilt es anfänglich zu definieren. Der zeitliche Aspekt ist dabei nicht zu vernachlässigen, um den optimalen Zeitpunkt für eine Neuanschaffung zu finden. In vielen Fällen werden wirtschaftliche Fragestellungen zu wenig thematisiert. Zum Beispiel: Ist es tatsächlich sinnvoll in eine Maschine zu investieren, oder soll der Fertigungsprozess extern erfolgen? Wie soll die Finanzierung ablaufen und wie erlange ich eine günstige Finanzierung? Die folgende Abbildung (**Abb. 4**) zeigt ein konkretes Kostenbeispiel eines CAD/CAM-Systems. [2]

Geräte	Netto-Listenpreise der Geräte in €
Aufnahmeeinheit (inkl. PC, Monitor und 3D-Kamera)	28.600
Schleifeinheit (mit 3D-Software für Inlays und Kronen)	31.300
Geräte-Investitionssumme gesamt	59.900
Zinskosten bei 8% Zinsen für 5 Jahre (inkl. Tilgung und Abschreibung)	11.980
Gesamtinvestitionssumme	71.880
Investitionssumme pro Jahr (5 Jahre Nutzungsdauer)	14.376
Investitionssumme pro Monat	1.198
Anteilige Investitionskosten (10 Arbeiten pro Monat)	120

Abbildung 4: Kostenbeispiel eines CAD/CAM-Systems (siehe Anhang 2) [4]

CAD/CAM-Systeme

Um von den Vorteilen der digitalen Dentaltechnik profitieren zu können, ist es enorm wichtig, sich nicht nur für ein einzelnes Gerät, sondern für ein Gesamtsystem mit mehreren digitalen Geräten zu entscheiden. In den folgenden Absätzen wird näher beschrieben welche Systeme aktuell verfügbar

sind und welche Vor- und Nachteile diese mitbringen. [1]

Offene CAD/CAM-Systeme

Hierbei handelt es sich um eine definierte Schnittstellensprache. Offene CAD/CAM-Systeme bieten bei Erfordernis von hohem Detailwissen größtmögliche Flexibilität. Sie ermöglicht eine lieferantenunabhängige Komposition aller Einzelkomponenten, wie zum Beispiel Fräs-/Schleiftechnik, Scanner und CAD-Software. Zudem erlaubt es dem Anwender mit einem neutralen Datenformat wie STL (*Standard Tessellation Language*) zu arbeiten. Diese Schnittstelle öffnet Spielraum für neue Ideen und ist oft die kostengünstigere Variante. Diese Zusammenstellung wird dann als offenes digitales zahntechnisches CAD/CAM-Gesamtsystem bezeichnet. [1] [5]

Vorteile

- Unabhängigkeit von den Innovationszyklen eines einzigen Herstellers
- hohe Individualität in der Zusammenstellung der Einzelkomponenten

Nachteile

- höchster Abstimmungsbedarf der Schnittstellen erfordert Expertenwissen
- Lokalisierung technischer Probleme erfordert durch mehrere prozessbeteiligte Lieferanten Detailkenntnisse

Die nachfolgende Abbildung (**Abb. 5**) zeigt ein leistungsfähiges, offenes CAD/CAM-System mit Computer, Monitor und CAD-Software.



Abbildung 5: Offenes CAD/CAM-System [6]

Geschlossene CAD/CAM-Systeme

In geschlossenen Prozessketten sind die Einzelkomponenten eines einzelnen Lieferanten aufeinander abgestimmt und erlauben keinen systemfremden Datenaustausch. Geschlossene Systeme bieten Anwendern die Sicherheit ausgetesteter Einzelprozesse und die Vorhersagbarkeit der Ergebnisqualität. Da bei geschlossenen Systemen die Hardware und die Software von einem Hersteller stammen, ist es demnach nicht möglich, neue innovative Arbeitsprozesse zu formen und weiterzuentwickeln. Wer auf unterschiedliche Hersteller setzen will und frei entscheiden möchte, welches Material und Fräswerkzeug er verwenden

den möchte, muss sich für ein offenes Gesamtsystem entscheiden. [1] [5]

Vorteile

- hohe Sicherheit des Datenhandlings innerhalb des geschlossenen Workflows
- Verzichtbarkeit der Auseinandersetzung mit Einzelschnittstellen

Nachteile

- Abhängigkeit von den Innovationszyklen eines einzigen Herstellers
- Datenaustausch mit Fremdanbietern nur innerhalb der „Systemwelt“ möglich

Mehrwert

Den größten Mehrwert der digitalen Dentaltechnik stellt hierbei die vereinte digitale Datenbasis dar. Die Implementierung und Modellierung von Einzelprozessen durch computergestützte Systeme und Geräte in den konventionellen Laboralltag, schafft die Grundlage für ein zukunftsorientiertes und erfolgreich operierendes Unternehmen in der Dentalbranche (siehe Kapitel Arbeitsprozesse und Anhang 1). [1] [2]

Erst die „digitale Kommunikation“ hat eine wertsteigernde Verknüpfung von CAD/CAM-, Diagnose- und funktionsdiagnostischen Daten ermöglicht. Der Zahntechniker hat damit die Möglichkeit, sich auf das Wesentliche der

zahntechnischen Arbeit zu fokussieren. Zudem bleiben mehr Zeit für Ästhetik und die so wichtige Kommunikation mit dem Zahnmediziner. [1] [2]

Durch die Digitalisierung wird heutzutage mit neuen Werkstoffen wie zum Beispiel Zirkoniumdioxid oder Hochleistungskompositen gearbeitet. Dadurch lässt sich die Materialauswahl freier gestalten, denn früher wurde hauptsächlich nur mit Gold- oder NEM-Legierungen hantiert. [1] [2]

Fazit und Ausblick

Es steht zu vermuten, dass durch neue Verknüpfungen der digitalen Datenbasis die zahnmedizinischen und zahntechnischen Möglichkeiten zukünftig weiter vorangebracht werden. Im Hinblick auf die bereits jetzt ersichtlichen Vorteile der Digitalisierung der Dentaltechnik, werden in naher Zukunft immer mehr Dentallabore auf den „*digitalen Zug*“ aufspringen. Wer jetzt nicht mitgeht, wird in naher Zukunft von der Konkurrenz eingeholt oder sogar überholt werden. Durch ausbleibende Innovationen oder durch einen schrumpfenden Kundenstamm - bedingt durch überholte Technik - werden beispielsweise die Kosten für das klassische Dentallabor zukünftig immer mehr steigen. [1] [2]

Anhang

Anhang 1: Beispiel für die Transformation eines analogen in einen digitalen qualitätsrelevanten Arbeitsprozess



Anhang 2: Kostenbeispiel eines CAD/CAM-Systems [4]

Kostenbeispiel eines CAD/CAM-Systems

Geräte	Netto-Listenpreise der Geräte in €
Aufnahmeeinheit (inkl. PC, Monitor und 3D-Kamera)	28.600
Schleifeinheit (mit 3D-Software für <u>Inlays</u> und Kronen)	31.300
Geräte-Investitionssumme gesamt	59.900
Zinskosten bei 8% Zinsen für 5 Jahre (inkl. Tilgung und Abschreibung)	11.980
Gesamtinvestitionssumme	71.880
Investitionssumme pro Jahr (5 Jahre Nutzungsdauer)	14.376
Investitionssumme pro Monat	1.198
Anteilige Investitionskosten (10 Arbeiten pro Monat)	120

Literatur

- [1] http://www.pluradent.de/fileadmin/images/Dias/Einrichtung/Erfolgskonzept_Digitale-Zahntechnik.pdf (26.05.2016)
- [2] [http://www.ztmaktuell.de/index.php?id=224&tx_spidirectory_pi1\[news\]=2497&cHash=27c2307f70f6f142dfb3387850debb76](http://www.ztmaktuell.de/index.php?id=224&tx_spidirectory_pi1[news]=2497&cHash=27c2307f70f6f142dfb3387850debb76) (08.06.2016)
- [3] <http://drramseyamin.typepad.com/.a/6a01053691a41c970c0120a54db1c1970c-320pi> (12.05.2016)
- [4] <http://www.iww.de/zp/archiv/kostenmanagement-cadcam-in-der-eigenen-zahnarztpraxis-neue-ueberlegungen-zur-wirtschaftlichkeit-f37537> (04.06.2016)
- [5] <http://www.workncdental.de/open-system> (10.06.2016)
- [6] <http://www.workncdental.de/UserFiles/270/Image/WNCD-open5-big.png> (10.06.2016)

Impressum

Prof. Dr.-Ing.
Michael Wehmöller
Hetzenrichter Weg 15
92637 Weiden

Kontakt:

Fon +49 (961) 382-1821
Fax +49 (961) 382-2617
E-Mails:
dental-kongress@oth-aw.de
m.wehmoeller@oth-aw.de

