

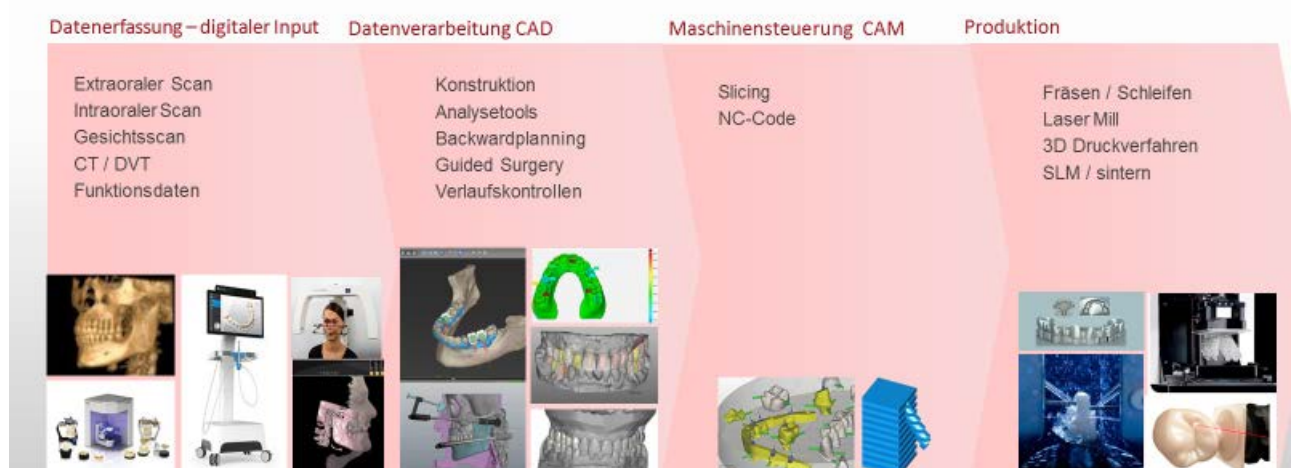
Was bedeutet digitale Zahnmedizin - Zahntechnik? – digitaler Workflow

Die Digitale Zahnmedizin beschäftigt sich rund um das Digitalisieren von zahnärztlichen und zahntechnischen Arbeitsschritten. Ziel der digitalen Zahnmedizin ist es von Behandlungsbeginn bis Behandlungsabschluss komplett digital zu arbeiten. Dabei werden herkömmliche Methoden ersetzt, wie beispielsweise eine Abdrucknahme für die Provisorienherstellung oder eine Abdrucknahme für zahntechnisch hergestellte prothetische Versorgungen. Aktuell arbeiten viele Zahnärzte auch nur teilweise digital: beispielsweise wird eine herkömmliche Abdrucknahme genommen und ein Gipsmodell hergestellt. Dieses Modell wird dann digitalisiert mittels Scan - vom Zahnarzt oder Zahntechniker - und anschließend an ein Fräszentrum zur Herstellung von CAD/CAM-Versorgungen geschickt. Aber auch in der Diagnostik (3D-Röntgen), Erkennung und Überwachung von interproximalen Kariesläsionen über der Gingiva – ohne den Einsatz von schädlicher Strahlung, bei Verlaufskontrollen kommen immer wieder neue digitale Geräte zum Einsatz.

Es kann auch komplett digital gearbeitet werden, dazu wird ein Intraoralscan anstelle einer herkömmlichen Abdrucknahme genommen und anschließend die prothetische Versorgung digital erstellt und hergestellt. In unseren klinischen Kursen macht fast jeder Student zur Übung mal einen Intraoralscan zusätzlich zur herkömmlichen Abdrucknahme. Eigentlich müsste man vom digitalen Workflow in der Zahntechnik sprechen. Der digitale Workflow bezeichnet in der Zahnmedizin die digitalen Prozessabläufe während der Produktion des Zahnersatzes. „Somit ist der digitale Workflow in den meisten Praxen und Laboren strenggenommen in Form von papierloser Kommunikation, Patientenverwaltungsprogrammen und Digitalfotografie bereits etabliert. Zum Prozess gehören die Komponenten wie die Erfassung der Daten, die für die Fertigung des Produktes notwendig sind, wie Kunden- bzw. Patientendaten und die dazugehörigen Scandaten, ebenso der CAD- und CAM-Prozess bzw. die Software und die Bearbeitung für die Konstruktion und Herstellung des Zahnersatzes sowie der Fertigungsprozess (siehe Abbildung 1). Der digitale Workflow setzt sich aus vier Komponenten zusammen:

Digitaler Input – Datenverarbeitung CAD – CAM Prozessplanen – Fertigung

Teilprozesse des digitalen Workflow



Eigene Darstellung

1. Datenerfassung - Digitaler Input:

Die Digitalisierung ist in allen Bereichen der Industrie der erste Schritt des Digitalen Workflows. In diesem Prozessschritt werden die analogen Geometrien mit unterschiedlichen Methoden eingescannt und zu digitalen Datensätzen umgewandelt. Hierzu zählen insbesondere der intraorale Scan, der extraorale Scan von Modellen, der Gesichtsscan, die Erfassung von Funktionsdaten und die Bereiche 3D-Röntgen. Durch die Darstellung eines virtuellen Modells auf einen Monitor ist es wesentlich einfacher, Fehlerquellen zu erkennen. Diese Bereiche können sofort mit Hilfe des Intraoral-Scanners erneut eingescannt und Fehler somit behoben werden. Im Gegensatz dazu erfordert die konventionelle Abformung einen höheren Arbeitsaufwand, da dort ein neuer Abdruck des Patienten genommen werden muss. Als Folge des höheren Zeitaufwandes für Behandler und Patienten entstehen höhere Kosten für den Behandler. Ebenso zeigen Studien, dass nicht nur bei der konventionellen Abformung und Modellherstellung im Gegensatz zur digitalen viele Fehlerquellen existieren.

2. Datenverarbeitung – CAD „Computer Aided Design“

Der zweite Prozess im Digitalen Workflow, ist der CAD-Prozess. Er bezeichnet die Herstellung eines virtuellen dreidimensionalen Modells oder Produktes, in diesem Fall den Zahnersatz, auf die vorher gefertigten digitalisierten Modelle mit Hilfe eines Computers. Der Umfang der Herstellung kann von einer Einzelkrone über eine komplexe große Implantatversorgung bis hin zu herausnehmbarem Zahnersatz gehen. Die CAD-Software ist so konzipiert, dass sie es ermöglicht, weitere Daten, wie z.B. 3D-Röntgendaten, digitale Axiografie, Farbdarstellungen oder auch Gesichtsscans in die Software zu laden und zu kombinieren, das sogenannte Matchingverfahren. Vor allem bei vollanatomischen Monoblockrestorationen könnten die elektronische Farbbestimmung wie auch die Information über Kieferbewegungen und deren Integration in einen virtuellen Artikulator die Fertigung von Zahnersatz deutlich effizienter gestalten. Dadurch lässt sich eine optimale Versorgung digital erstellen. Dazu kommt die Möglichkeit patientenindividuelle Kieferrelationsbestimmung, bzw. Kieferbewegung in die Software zu laden. Dieses ermöglicht eine passgenaue Fertigung von Zahnersatz in Form und Funktion. Diese digitale Dateifusion bringt somit einen starken Vorteil im Vergleich zur analogen Fertigung. CAD ist nicht nur die Unterstützung des Anwenders bei der Erstellung und Gestaltung von Produkten, sondern auch eine Hilfestellung bei Analysen und Synthesen zur Fertigung. Es können mit diesen Analysetools Verlaufskontrollen durchgeführt werden. OP's können virtuell geplant werden. Unter Backward-Planning wird ein Konzept für eine Implantatversorgung verstanden, bei dem ein Team aus Chirurg / Zahnarzt und Zahntechniker bereits im Vorfeld auf Basis einer digitalen, 3-D Volumentomographie, der intraoralen Scandaten, Funktionsdaten und des Gesichtsscans einen individuellen Zahnersatz plant und dann die optimale Position der Implantate festlegen kann. Beim Backward-Planning wird auf Grundlage der angestrebten prothetischen Versorgung rückwärts geplant. Die Implantate werden genau da inseriert, wo die Planung des Zahnersatzes sie zur optimalen Befestigung und für eine ansprechende Ästhetik benötigt. Der Chirurg kann dann eine perfekte Bohrschablone zur voll gesteuerten Implantation erhalten.

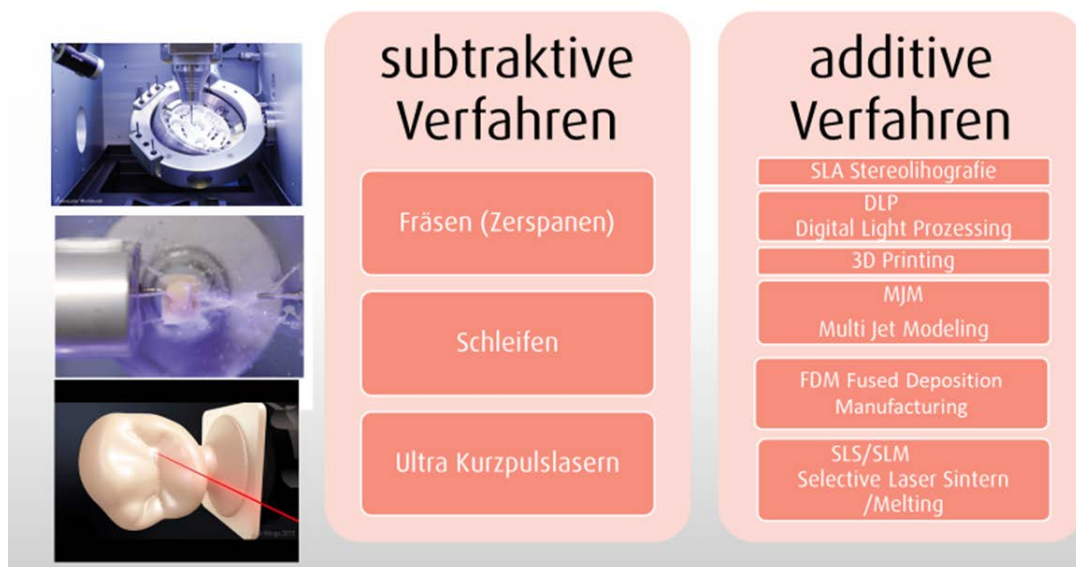
3. Maschinensteuerung – CAM

Der CAM-Prozess (rechnerunterstützte Fertigung) im digitalen Workflow ist für die Umwandlung des zuvor im CAD-Prozess konstruierten STL-Datensatz in eine für die NC-Maschine lesbare Datei zur Fertigung zuständig. Dieses wird umgangssprachlich auch als Nesting und Fräsbahnberechnung bezeichnet. Der CAM-Prozess enthält alle Fertigungsprozesse von der Eingabe über die Produktion bis hin zur Steuerung der Maschine. Es enthält die

Weginformationen und Schaltsignale für die Fertigung, diese wird über Ziffern gesteuert. Die CAM-Software erstellt die Fräsbahnen und das Postprocessing, womit das NC-Programm generiert wird. Das NC-Programm übergibt die notwendigen Instruktionen in elektronischer Form an die Fertigung. Vergleichbares gilt auch für den 3D-Druck. Durch das Slicing wird das 3D-Modell durch Einstellungen in zweidimensionale Schichten zerlegt und diese dann an den Drucker weitergeleitet. Bei diesem Verfahren wird mit einer bestimmten Software der STL-Datensatz mathematisch in Richtung der Z-Achse in Schichten zerlegt und diese werden meist in einer Datei (z.B. G-Code) gespeichert und an den Drucker weitergegeben. Der Slicer ist dafür zuständig, ein 3D-Objekt in Schichten zu schneiden und daraus die erforderlichen Befehle für die Maschinensteuerung zu generieren. Über das Host-Programm wird der Drucker selbst gesteuert - anhand der vom Slicer generierten Steuerungsbefehle.

4. Produktion

Zum letzten Arbeitsablauf des Digitalen Workflow gehört die Fertigung des Produktes, in unserem Fall des Zahnersatzes. Die in der CAM-Software berechnete maschinenspezifische Fräsdatei (NC-Datei bzw. G-Code) wird an eine CNC-Maschine oder an einen 3D-Drucker weitergegeben, um dort den vorher konstruierten Zahnersatz zu produzieren. Wie bei der Berechnung gibt es auch bei der Fertigung zwei Verfahren, um ein gewünschtes Produkt herzustellen: Das subtraktive Verfahren und das additive Verfahren.



Eigene Darstellung

Das subtraktive Verfahren hat sich mit den Jahren im Dentallabor etabliert und es gibt kaum noch Labore, die nicht selber fräsen, bzw. keine Fräsmaschine besitzen. Auch einige Zahnarztpraxen verwenden kleinere In-office-Schleifmaschinen. Neuerdings richtet sich das Augenmerk auch immer mehr auf das innovativere, additive Verfahren. Durch die hohe Anzahl von benutzbaren Materialien und dem wachsenden Indikationsspektrum wird das additive Verfahren immer attraktiver.

Wir befinden uns im Zeitalter der Digitalisierung und die Vielfalt an neuen Fertigungstechnologien nimmt immer mehr zu. Der Begriff „Industrie 4.0“ taucht immer öfter auf. Hinter diesem Begriff versteckt sich die Bewerkstelligung des Digitalen Workflows. Dies ist auch in der Dentalindustrie also ein fortlaufender Prozess. Die Qualität der Ergebnisse steigt kontinuierlich und die Material- und

Anschaffungskosten werden immer geringer. So halten neue Fertigungsverfahren wie 3D-Druck und Lasersintern, aber auch das Fräsen in den Unternehmen, mehr und mehr Einzug. Die Digitalisierung ist darauf ausgelegt, die Prozessketten unter anderem in der Dentalbranche, von der Auftragsstellung bis zur Fertigung zu automatisieren.

Digitale Zahnmedizin: Hohe Präzision, mehr Komfort und Sicherheit

Die Digitalisierung hat zum Vorteil der Patienten in Zahnarztpraxis und Dentallabor Einzug gehalten und die moderne Zahnmedizin und Zahntechnik grundlegend verändert. Die digitale Zahnheilkunde bietet für verschiedenste zahnmedizinische Indikationen umfassende Diagnosen, abgestimmte Behandlungskonzepte und sichere Kontrolle des Krankheitsgeschehens bzw. des Heilungsprozesses. Patienten, Zahnärzte, Implantologen, Kieferchirurgen und Zahntechniker profitieren von der schnellen und präzisen Erfassung digitaler Daten.

Zahnarztpraxen, die die Möglichkeiten der Digitalisierung in der Zahnmedizin erkennen und nutzen, verschaffen sich einen klaren Wettbewerbsvorsprung. Sie steuern und verwalten diagnostische und therapeutische Abläufe über ihr Praxis- Software-System und verknüpfen dieses mit modernsten Peripheriegeräten wie Laser, digitalen Röntgensystemen oder intraoralen Kameras. Mit der Installation von CAD/CAM- Systemen für die Herstellung von Zahnersatz in allen denkbaren Ausführungen erweitern sie die Wertschöpfungskette und damit ihr zahnmedizinisches Dienstleistungsangebot für die Patientinnen und Patienten.

Mit der Digitalisierung der Prozesse geht die elektronische Vernetzung der Zahnarztpraxis mit externen Partnern wie Dentallabors einher – für viele Praxen heute eine Selbstverständlichkeit. Dennoch ist das digitale Potenzial noch längst nicht ausgereizt.

Digitale Technologien verändern heutzutage in allen Bereichen unseren auch in der Zahnheilkunde. So ist es heute möglich viele bisher benötigten Behandlungsschritte wie zum Beispiel das Abformen der Zähne durch Computer- und hochpräziser Kamerasysteme zu machen. Mit den erhobenen digitalen Daten kann anschließend direkt am Computer mittels spezieller CAD-Programmen (Computer-Aided-Design) weiter geplant werden. Das sind die Voraussetzung für zeitgemäße Lösungen zur einfachen, schnellen und wirtschaftlichen Versorgung zahlreicher Indikationen.

Die digitale Zahnmedizin besitzt eine hohe Innovationskraft. Gleichzeitig werden die Anforderungen an die moderne Zahnheilkunde immer komplexer. Das traditionelle Studium der Zahnmedizin bildet diese neuen Technologien nur sehr wenig aus.

Die Zahnmedizin befasst sich mit den Chancen und Grenzen der digitalen Zahnmedizin. Diese digitale Zahnmedizin spannt einen weiten Bogen vom digitalen Zahnersatz und Chirurgie über Hart- und Weichgewebsmanagement bis hin zur digitalen Kieferorthopädie. Im Fokus stehen die digitale Unterstützung und der Wandel von 2D zu 3D bei Diagnostik, Therapieplanung, Umsetzung und Nachsorge.

In den letzten Jahrzehnten haben digitale Technologien Einzug in die Zahnheilkunde erhalten und versprechen Qualitäts- und Effektivitätssteigerungen.

Ziel des Forschungsbereichs Digitale Zahnheilkunde ist es, innovative Technologien und Behandlungsoptionen wissenschaftlich zu evaluieren und mit dem heute geltenden Standard zu vergleichen. In enger Zusammenarbeit mit Ingenieuren und Zahntechnikern gehören

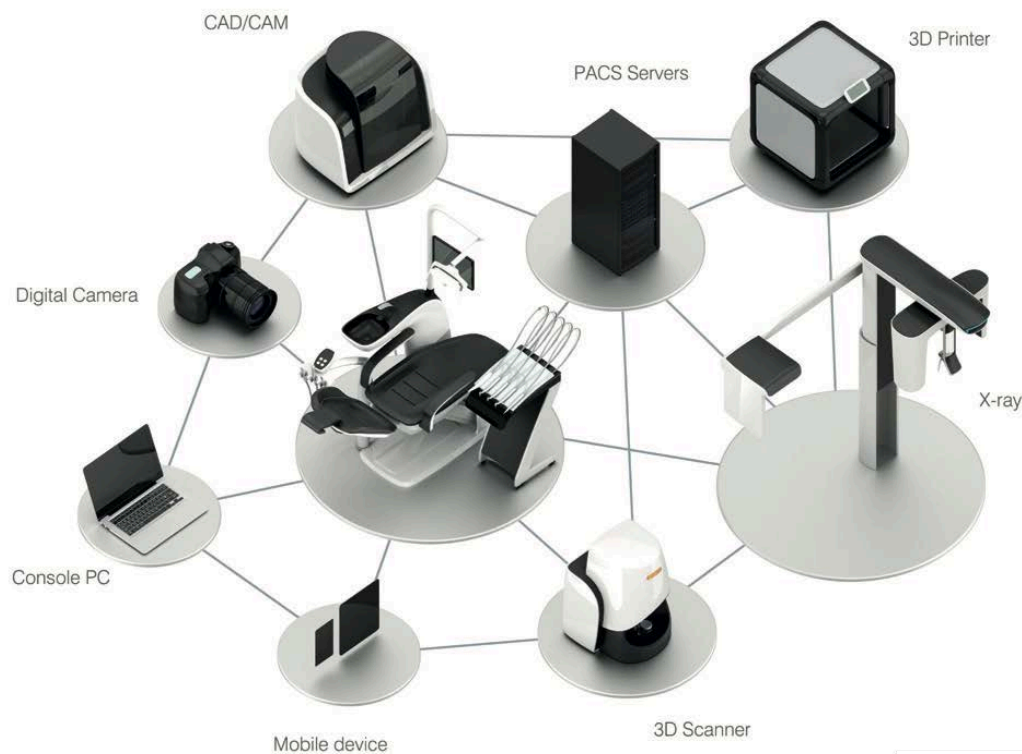
beispielsweise die Beurteilung der Genauigkeit intraoraler Scansysteme, Frässystem, 3D-Druck und des digitalen Workflows, sowie die Entwicklung und wissenschaftliche Evaluation neuer Behandlungskonzepte unter Einsatz neuer Materialien. Ein neuer Schwerpunkt ist die interdisziplinäre digitale Therapieplanung und der Bereich 3D-Druck in der Zahnheilkunde und Zahntechnik. Die Bereiche Augmented Reality und KI werden die Zukunft noch weiter beeinflussen.

Hohe Qualität und Präzision

Jeder zahnmedizinische Fall unterscheidet sich vom nächsten. Die Qualität hängt von den Fähigkeiten des jeweiligen Zahnarztes, Assistenten oder Technikers ab. Die Herausforderung liegt darin, bei so vielen potenziellen Fehlerquellen konsistente, hochwertige und bezahlbare Dentalerzeugnisse zu erzielen.

Die digitale Zahnmedizin verringert die Risiken und Unsicherheiten, die durch menschliche Faktoren entstehen, liefert höhere Beständigkeit, Genauigkeit und Präzision bei jedem Schritt des Workflows. Das intraorale Scannen digitaler Abdrücke entfernt viele der mit dem traditionellen Abdruck verbundenen Variablen, wodurch Techniker genauere Daten für ihre Entwürfe erhalten. Zahnmedizinische CAD-Softwaretools bieten visuelle Schnittstellen, die den traditionellen Arbeitsabläufen ähneln. Sie haben aber den zusätzlichen Vorteil, dass sie bestimmte Schritte automatisieren und Fehler einfach finden und beheben. Durch Visualisierung kann dem Patienten der mögliche Zahnersatz vor der Fertigung gezeigt werden. Digitale Fertigungsanlagen wie 3D-Drucker oder Fräsmaschinen liefern eine Vielfalt an hochwertigen maßgefertigten Produkten mit hervorragender Passgenauigkeit und wiederholbaren Ergebnissen.

All dies macht Dentalerzeugnisse mit besserer Passgenauigkeit, Funktion und klinischer Akzeptanz durch den Patienten mit weniger Fehlern und Korrekturen auf dem Weg möglich.



Quelle: <https://es.123rf.com/photo>

Die Vorteile einer digitalen OP Planung für das Hart- und Weichgewebsmanagement, wie eine prothetisch orientierte Planung mithilfe digitaler Planungstools ermöglichen ein vorhersagbares Ergebnis. Die virtuelle, 3-D-gestützte Implantat Planung ist bei komplexen implantologischen Fällen nicht mehr wegzudenken. Neue Konzepte wie One Abutment, One Time-Konzept werden entwickelt, um durch häufiges Wechseln der Gingivaformer negative Auswirkungen auf das Hart- und Weichgewebe zu vermeiden. „Befund und Planung“ mit digitalen Elementen, die Notwendigkeit drei- dimensionaler Bildgebung und das virtuelle 3D-Imaging beeinflussen die weiteren Behandlungsschritte. Nach sorgfältiger Befundung und sicheren Diagnose kann der Patient dann mithilfe digitaler Planungstools in den Therapieplan miteinbezogen werden. Hierbei sei die 3-D-Planung eine wertvolle Kommunikationshilfe. Die additive Fertigung und dabei vor allem der 3-D-Druck erfahren aktuell großes Interesse in der Zahnmedizin.

Auf der anderen Seite muss der Umgang mit diesen komplexen und vielfältigen Tools und Geräten erlernt werden. Der Rahmen des klassischen Zahnmedizinstudiums bildet diese neuen Diagnose- und Therapieformen nicht aus. So ist es Aufgabe der DTMD Luxemburg diese Bereiche in der Zahnmedizin auf hohem Niveau auszubilden. Der digitale, technische Wandel stellt in der Zahnmedizin immense Herausforderungen an die Zahnmediziner/innen. Die Arbeitswelt ändert sich viel schneller, als Lehrpläne an Universitäten angepasst werden können. Die Halbwertszeit reduziert sich im digitalen Bereich kontinuierlich. Die Prüfungsordnungen von Universitäten und Hochschulen fokussieren auf etabliertes Wissen und haben eine starke Abneigung gegenüber Neuerungen bei Inhalten und Organisation von Studien. Unter diesen sich sehr schnell verändernden Bedingungen in der digitalen Zahnmedizin wird selbst methodisches universitäres Wissen relativ schnell obsolet. Die

Universitäten bilden vielfach Qualifikationen aus, die morgen schon nicht mehr gebraucht werden.

Genau hier liegt der Vorteil postgraduierter Masterstudien der DTMD University. Sie machen praxisnahes Wissen „just in time“ verfügbar und erlauben eine unmittelbare Überprüfung und Validierung neuer Lernergebnisse in der eigenen Praxis. Dazu kommt, dass die Professoren und Dozenten der DTMD University ausschließlich international ausgewiesene Spezialisten umfasst, die zukunftsweisende Forschungsprojekte betreuen, deren Ergebnisse sie gezielt in Diagnostik und Therapie einfließen lassen. Davon profitieren die Studenten unmittelbar.

Gerade weil der Beruf des Zahntechnikers in unmittelbarer Konkurrenz zu anderen attraktiven Berufsständen steht, ist es entscheidend, mit zukunftsweisenden Attributen zu punkten. Durch die Digitalisierung kann der Beruf junge Leute begeistern, die sich basierend auf ihrer hohen Computeraffinität einen Ausbildungsplatz suchen. Ein Berufsstand, der keinen Nachwuchs anzieht, hat keinerlei Zukunftschancen. Dabei bereichert die Digitalisierung das Berufsbild des Zahntechnikers stark.

Aligner-Therapie in der Kieferorthopädie

Die Aligner-Therapie (von to align ‚ausrichten‘) ist eine kieferorthopädische Behandlungsmethode zur weitgehend unsichtbaren Behandlung von leichteren bis schweren Zahnfehlstellungen, die mit einer Sequenz von individuell gefertigten, dünnen und durchsichtigen Kunststoffschienen (englisch aligner) arbeitet. Mit Hilfe eines speziellen Computergrafik-Verfahrens wird ausgehend vom Ist-Zustand der Zahnreihen, der in Kiefermodellen (nach intraoralem Scan) festgehalten wird, ein vorher bestimmtes Behandlungsziel dreidimensional dargestellt und in einzelne Behandlungsphasen unterteilt. Die Simulation führt zu neuen Kiefermodellen, die dann mittels 3D-Druck hergestellt werden. Für jede dieser Phasen werden dann die einzelnen individuellen Schienen produziert, die jeweils zirka zwei Wochen lang getragen werden. In dieser Zeit werden die Zähne durch Druckausübung kontinuierlich in die vorher errechnete Richtung bewegt. Dann folgt die nächste Schiene, bis das gewünschte Behandlungsziel erreicht ist.

Digitalisierung im Gesundheitswesen

Gesundheits-Apps und mobile Health „mHealth“

Es gibt praktisch nichts, wofür es keine App gibt. Auch im Gesundheitswesen dürften Apps in Zukunft eine größere Rolle spielen. Hierbei wird die Gesundheitsversorgung über mobile Endgeräte geleistet: Smartphones, Phablets, Tablets bis hin zu Wearables.

Telemedizin

Es herrscht Ärztemangel. Immer mehr Menschen sind von einer nahtlosen medizinischen Versorgung abgeschnitten. Gerade im ländlichen Raum sind Haus- und Fachärzte rar. Wie können Patienten dennoch in den Genuss einer guten medizinischen Versorgung kommen? Die Antwort drauf lautet: Telemedizin.

Das Prinzip: Patienten lassen sich per Computer oder Smartphone von Ärzten behandeln, auch wenn diese kilometerweit entfernt sind. Herzinsuffizienzpatienten messen dann zum Beispiel zu Hause

Blutdruck, EKG und Gewicht und Spezialisten in der Ferne überwachen ihre Werte. Das könnte die Früherkennungsrate von Krankheiten steigern und Klinik-Aufenthalte reduzieren.

Big Data im Gesundheitswesen

Sowohl im Bereich mHealth als auch in der Telemedizin und vielen weiteren Sektoren werden jede Menge Daten produziert.

Erfolgreiche Projekte belegen schon heute eindrucksvoll, welches Potenzial in der Analyse großer Datenmengen steckt. Solche Analysen könnten in vielen medizinischen Bereichen neues Wissen zu Krankheitsentstehung, Prävention und individualisierter Therapie hervorbringen. Werden gleichzeitig ökonomische Daten einbezogen, führt das nicht nur zu einer Optimierung der medizinischen Versorgung, sondern auch zu Kosteneinsparungen

digitale Gesundheitsleistungen für Krankenversicherte

Etwas greifbarer ist dagegen, das Thema digitale Krankenversicherung. Diese ist bereits Realität.

Sämtliche Bürokratie lässt sich mit dem Smartphone erledigen:

- Rechnungen abfotografieren und einreichen
- Mit dem Kundenservice chatten statt telefonieren

Digitalisierung im Gesundheitswesen: Fachkräfte dringend gesucht

Die aufgeführten Trends zeigen: Digitale Trends werden das Gesundheitswesen künftig deutlich stärker prägen und viele Chancen bieten. Hier muss aber das Personal ausgebildet werden. Die Anwendungen sind komplex, basieren auf sehr großen Datenmengen und kniffligen Algorithmen. Diese Berufsfelder müssen teilweise erst noch aufgebaut werden.

Doch eines ist gewiss: Das Potenzial eines digitalen Gesundheitswesens ist gewaltig. Und so suchen Innovatoren schon heute nach Experten, die sich sowohl in Gesundheitsthemen als auch in punkto IT auskennen.

So steht einem digitalen Gesundheitswesen nichts im Weg.

Prof. Dr. med. dent. Karsten Kamm
Professur für digitale Zahnmedizin DTMD Luxemburg

