

3D-volldigitalisierte Behandlungsplanung bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten

Christiane Kunert-Keil, Dominik Haim, Karol Kozak, Ines Zeidler-Rentsch,
Bernhard Weiland, Olaf Müller, Thomas Treichel und Günter Lauer

Einleitung

Die Idealvorstellung eines vollständig digitalisierten Behandlungsalltags rückt mit fortschreitender technologischer und informationeller Entwicklung stetig näher an die Realität. Zu Beginn bestand lediglich die Möglichkeit einer elektronischen Patientenakte, hinzu kamen vielfältige Möglichkeiten der digitalen Bildgebung und wurden schließlich um das Ziel eines vollständigen digitalen Workflows ergänzt. Die Planung der interdisziplinären kieferorthopädischen / kieferchirurgischen Versorgung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten (LKGS) wird momentan noch hauptsächlich analog durchgeführt. Eine volldigitalisierte Behandlungsplanung und –freigabe unter intersektoraler Einbeziehung aller beteiligten Behandler findet nicht statt. Neu entwickelte, digitale kieferorthopädische und –chirurgische Produkte, welche bis vor ein paar Jahren noch nicht denkbar waren, unterstützen den digitalen Workflow maßgeblich. 3D-Scanner und 3D-Fotoaufnahmen erstellen digitale Modelle, deren Daten zur Integration in den digitalen Workflow durch Softwareprozesse verarbeitet werden müssen. Um einen einfachen und strukturierten Zugriff auf die gesamten 3D Daten zu gewährleisten, ist die Idee entstanden, die anfallenden Daten und Unterlagen zu digitalisieren und in einer für diesen Zweck entwickelten Datenbank zu speichern und zu bearbeiten. Die konsequente Verwendung von digitalen 3D-Analysen und der Verzicht auf die aufwändige Erstellung der Diagnostik- und Therapieplanung aus einer Kombination von Gipsmodellen und 2D-Daten (z.B. Röntgenbilder) führen zu einer fundamentalen und richtungsweisenden Veränderung des Behand-

lungsplanungsprozesses. Räumlich und monetär aufwendige Bearbeitungsprozesse werden eingespart und Behandlungspläne können rascher erstellt werden, da sich alle notwendigen Unterlagen gebündelt in einem System wiederfinden. Weiterhin wird die Strahlenbelastung der Patienten wesentlich verringert, da eine Doppeldiagnostik durch mehrmaliges Anfertigen von Röntgenaufnahmen, DVTs und CTs in verschiedenen Abteilungen vermieden wird. Die Kommunikation, der Austausch und die konsiliarische Zusammenarbeit zwischen den Behandlern erfolgt unter Verwendung der europaweit ersten offenen, überregionalen telemedizinischen Plattform zur Verbesserung der medizinischen Versorgung – CCS TELEHEALTH OSTSACHSEN (THOS).

Zielstellung

Ziel des aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und des Freistaates Sachsen in Höhe von bis zu 800.000 Euro geförderten Projektes ist die Nutzung einer digitalen Plattform zur interdisziplinären medizinischen / zahnmedizinischen Versorgung von LKGS-Patienten (Abbildung 1).



Abbildung 1: Logo des EFRE-Projektes „LKGS-3D“

Dazu wird die aktuell verwendete Kombination aus 2D-Daten (Röntgenaufnahmen, extraorale und intraorale Fotos) und Herstellung von Gipsmodellen in eine digitale Analyse überführt. Dies geschieht in mehreren Stufen.

- Zuerst wird die bisher erforderliche Abdrucknahme mittels Alginat und die anschließende Herstellung eines Gipsmodells durch einen intraoralen 3D-Scan der Zahnbögen des Patienten abgelöst. Anhand des intraoralen 3D-Scans können dann die erforderlichen Trinkplatten mittels 3D-Druck erstellt werden.
- Zweiter Schritt ist die Anfertigung von 3D-Aufnahmen der Weichteile des Gesichtes mittels eines extraoralen 3D-Scanners.
- Als dritter Schritt erfolgt die Anfertigung von Digitalen Volumentomografie (DVT)-Aufnahmen zur 3D-Darstellung des Schädelknochens und Kieferskeletts.

Nach der Anfertigung werden diese bildbasierten Datensätze zu einem „digitalen Zwilling“ (virtuelles 3D-Modell aus DVT, intra- und extraoralen 3D-Scan) zusammengefasst, wodurch erstmalig ein umfassendes 3D-Modell des Mund-Kiefer-Raumes einschließlich wichtiger Informationen zum Kiefergelenk und der anliegenden Weichteile entsteht. Dieses virtuelle Modell bildet die Grundlage der Behandlungsplanung der Patienten, der fachlichen Diskussion mit Konsilexperten sowie der Freigabe dieser Behandlungsplanung durch die Kostenträger (Abbildung 2).

Mit Hilfe der Plattform sollen drei Schwerpunkte innerhalb des Projektes bearbeitet werden:

1. Vollständige 3D-Digitalisierung des ärztlichen / zahnärztlichen Planungs- und Freigabeprozesses
2. Optimierung der Behandlungsplanung und Verminderung der Strahlenbelastung bei Neugeborenen und Kindern mit LKGS
3. Intersektorale Vernetzung der kieferchirurgischen / kieferorthopädischen Behandler in Sachsen

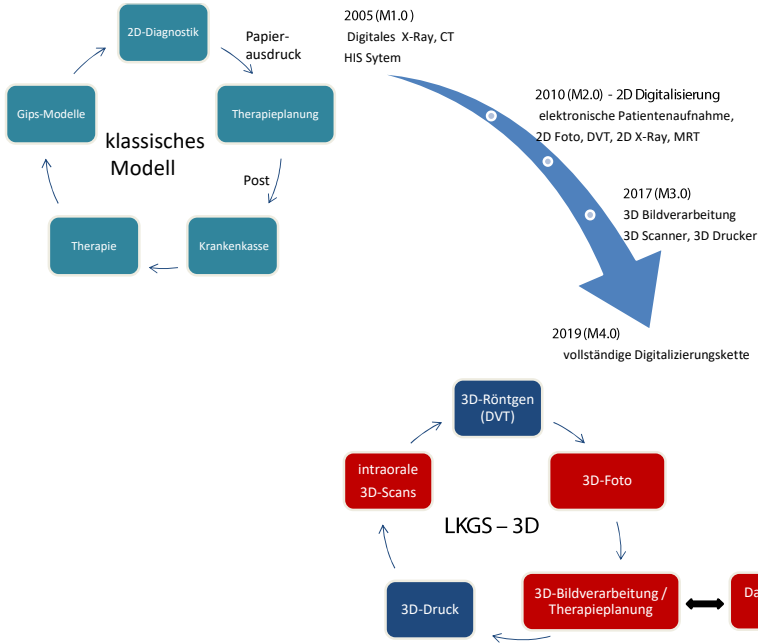


Abbildung 2: Darstellung der Ausgangssituation, der digitalen Entwicklung in den letzten Jahren und des geplanten digitalen Prozesses für die Diagnostik- und Therapieplanung in der Behandlung von LKGS-Patienten. Rot markierte Felder sollen im Projekt bereitgestellt bzw. geschaffen werden.

Umsetzung

Zu Schwerpunkt 1:

Neben Systemen für dreidimensionale DVT-Aufnahmen sind zahlreiche Systeme im Bereich Modell- und Abdruckscanner sowie der intraoralen Scanner (puderfrei oder mit Notwendigkeit einer vorherigen, intraoralen Puderung) auf dem Markt erhältlich. Neben der einfachen Digitalisierung von vorhandenen Gipsmodellen können die Modellanalyse, sowie die digitale Behandlungsplanerstellung und die Erstellung eines digitalen Setups bereits am Computer stattfinden. In der allgemeinen Zahnheilkunde findet ein solches System, welches mehrere diagnostische Methoden verknüpft, bereits vielfach Anwendung. Das technisch aufwändige Gesamtkonzept des Cerec-Systems besteht aus einem Kamerasystem zur optischen Abformung, einer 3D-

Software zum Konstruieren des gewünschten Zahnersatzes (CAD-Verfahren) und einem Schleifsystem mit Elektromotoren, das den Zahnersatz aus einem industriell hergestellten Keramikblock (CAM-Verfahren) innerhalb weniger Minuten herausfräst. Unter CAD/CAM versteht man in der Zahnmedizin eine Technik zur Herstellung von Zahnersatz mit Hilfe einer computergesteuerten Maschine. „CAD“ steht für „Computer Aided Design“, also einem virtuellen Entwurf des Zahnersatzes am PC nach Erfassung der Situation im Mund und „CAM“ steht für „Computer Aided Manufacturing“, also dem eigentlichen Herstellungsprozess mittels einer selbstständig fräsenden Einheit). Über das CAD/CAM-Verfahren ist möglich, Trinkplatten für LKGS-Patienten anzufertigen (Bauer et al., 2017). Seit kurzem besteht die Möglichkeit, Gipsmodelle von Zahnabdrücken mit Hilfe von 3D-Scannern zu digitalisieren. Es konnte gezeigt werden, dass die digitale Abformung mit der klassischen Abformung in der Präzision qualitativ vergleichbar ist (ten Hagen, 2013). Eine durchgeführte Marktanalyse für Intraoralscanner ergab 16 momentan erhältliche Scansysteme, wovon der überwiegende Teil bereits puderfrei arbeitet, was Voraussetzung für die Anwendbarkeit in diesem Projekt ist. Der Einsatz von Intraoral-Scannern bei LKGS ist bisher nur wenig beschrieben. Es existiert lediglich eine Veröffentlichung / Arbeit, die beschreibt, dass mit Hilfe eines solchen Scanners die Gaumen von Kleinkindern mit LKGS zur Herstellung von Trinkplatten abgescannt werden konnten (Krey et al., 2018).

Der von Krey et al. genutzte Intraoral-Scanner wurde im hier beschriebenen Projekt an einem 9 Monate alten Kind mit LKGS getestet. Die Durchführung des Scans war möglich, allerdings benötigte dieser mehr als 5 Minuten, was wiederum bei einem Kind von unter einem Jahr zu Schwierigkeiten führt (Stillliegen). Ein weiteres Problem offenbarte sich in der Tatsache, dass der Scanner sehr oft den Scan abbrach, da er die Strukturen nicht erkannte. Daraufhin kam ein weiteres Modell eines anderen Herstellers zur Anwendung (die getesteten Intraoral-Scanner können beim Verfasser angefragt werden). Der Intraoralscan wurde sowohl an einem 6 Monate als auch an einem 9 Monate alten Kind ausprobiert. Beide Scans waren völlig unkompliziert und problemlos. Es wurden während der höchstens 3-minütigen Scandauer alle Strukturen erkannt. (siehe Abbildung 3). Hervorzuheben ist auch, dass dieser Scanner sich auch zur Digitalisierung der Weichteile, wie Lippe und Nase (Abbildung 4) eignet.

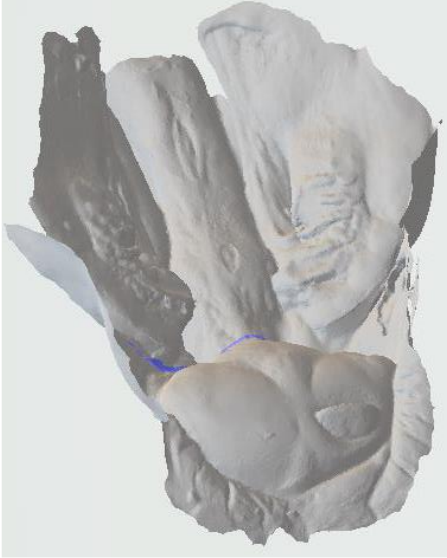


Abbildung 3: Intraoralscan des Oberkiefers eines 9 Monate alten Kindes mit LKGS



Abbildung 4: 3D-Scan der Oberlippe und der Nase eines 9 Monate alten Kindes mit LKGS

Um die Weichteile des Gesichts komplett digital darstellen zu können, eignen sich sogenannte Extraoralscanner. Laut Marktanalyse konnten für das Projekt fünf geeignete Systeme identifiziert werden. Problematisch bei allen herkömmlichen Systemen ist die lange Scandauer (ca. 3 min), bei der sich der Patient nicht bewegen darf. Da dies bei Kleinkindern nahezu unmöglich ist, könnte eine Alternative die Photogrammetrie (seltener auch Fotogrammetrie oder Bildmessung) sein. Photogrammetrie wird ursprünglich in der Geländevermessung eingesetzt und ist eigentlich kein klassisches 3D-Scan-Verfahren, sondern ein Rekonstruktions-Verfahren. Das Gesicht des Patienten wird mit natürlichem Licht und von mehreren Kameras aus verschiedenen Positionen und Winkeln gleichzeitig aufgenommen (Dauer: <1 sec). Anschließend wird mit Hilfe der Fotografien und genauen Messbildern eines Objektes seine räumliche Lage oder dreidimensionale Form bestimmt (de Menezes et al., 2010). In ersten Versuchen konnte bewiesen werden, dass dieses Verfahren für medizinische Anwendungen nutzbar ist. Mittels 3D Stereophotogrammetrie lassen sich die Weichteile von LKGS-Patienten sehr gut vermessen und beurteilen (Ozdemir and Esenlik, 2018).

Für die Umsetzung der volldigitalen Behandlungsplanung war es zunächst notwendig, den gesamten Behandlungsprozess vollständig zu ermitteln und zu hinterfragen. Von zentraler Bedeutung in diesem Prozess ist die Art und der Zeitpunkt der jeweils angewandten Diagnostik im Behandlungsverlauf sowie deren Dokumentation. Ferner wurden Anwender- bzw. Nutzerrollen und die damit verbundene Dokumentations- und Zugriffsrechte spezifiziert.

Erste Schritte für die Fusion verschiedener diagnostischer Unterlagen (z.B. Röntgenbilder, Extraoralbilder) wurden bereits unternommen. So können unter anderem die 2D-Röntgenaufnahmen, sowie die extraoralen Fotos und die kephalometrische Auswertung zu sogenannten Fusionsmodellen zusammengefügt werden (Abbildung 5). Außerdem ist es bereits gelungen, die 3D-Scans des Gaumens bzw. der Nase eines Patienten miteinander zu fusionieren.

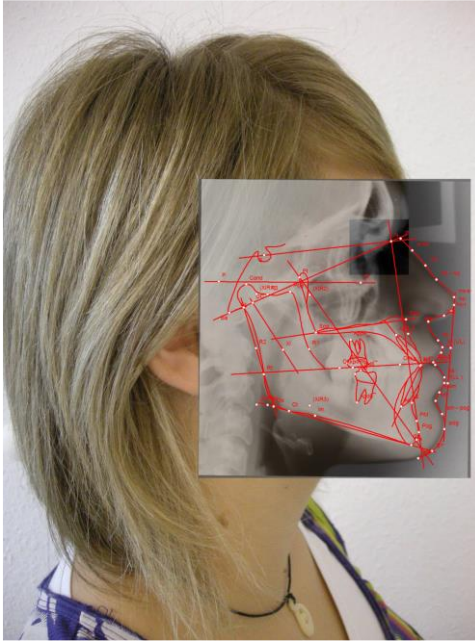


Abbildung 5: Fusionsbild aus 2D-Röntgen- und extraoralem Bild sowie kephalometrischer Auswertung einer Patientin mit Hilfe der ivoris analyze 3D Software

Zu Schwerpunkt 2:

Zweiter großer Schwerpunkt des Projektes beschäftigt sich mit Alternativen zur digitalen Volumentomographie (DVT) bzw. Computertomographie (CT). Das DVT nutzt Röntgenstrahlen als Grundlage des dreidimensionalen, bildgebenden Tomographie-Verfahrens. Für das Verfahren typisch sind eine isometrische Ortsauflösung im Volumen in allen drei Raumrichtungen sowie die Konzentration auf die Darstellung von Hochkontrast, d. h. auf Hartgewebe (Knochen). Es ist inzwischen bekannt, dass Knochen auch mit Hilfe von Ultraschall dargestellt werden können. Auch LKGS können bereits im Mutterleib mittels 2D- und 3D-Ultraschall diagnostiziert werden. Inzwischen ist die Technik soweit ausgereift, dass bereits in der 14. Schwangerschaftswoche eine Diagnose erfolgen kann (Marginean et al., 2018). Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass Ultraschall in der Lage ist, wichtige Merkmale der Knochen- und Sehnenpathologie zu charakterisieren, so unter anderem Veränderungen bei entzündlicher Arthritis, wie z.B. Sehnnenscheidenentzündung

(Miller et al., 2019). Auch lässt sich die Knochendicke mit Hilfe des Ultraschalls bestimmen (Degen et al., 2017). In einer Pilotstudie konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe von Ultraschall in 80% der untersuchten Fälle Knochenbrüche von gesunden Knochen unterschieden werden können (Champagne et al., 2019; Ghavami et al., 2019).

Im Rahmen des Projektes ist die Analyse der auf dem Markt zur Verfügung stehenden Ultraschallgeräte mit 3D-Ultrabreitbandtechnologie (Grundvoraussetzung für die Anwendung im Bereich Zahnmedizin), inzwischen abgeschlossen. Ein entsprechendes Gerät wurde identifiziert und befindet sich im Vergabeverfahren.

Zu Schwerpunkt 3:

Zur besseren Versorgung der Patienten ist es erforderlich, eine Vernetzung der überwiegend städtischen Versorgungszentren mit Praxen im ländlichen Raum herzustellen. Mit THOS steht bereits eine offene Kommunikationsplattform für medizinische Anwendungen zur Verfügung. Auf Basis der durchgängigen Informationsbereitstellung als Grundvoraussetzung einer integrierten Versorgungsstruktur soll damit eine bessere Zugänglichkeit zu medizinischen / zahnmedizinischen Leistungen, insbesondere in strukturschwachen ländlichen Bereichen, gewährleistet werden. Die angestrebte Projektentwicklung soll, auf Basis gemeinsamer internationaler Standards (u.a. IHE), die bereitgestellten standardisierten Schnittstellen nutzen um den spezifischen Betreuungspfad LKGS elektronisch abzubilden. Hierfür sind jeweils Anpassungen an der Schnittstelle zwischen der innovativen Anwendung, der THOS-Plattform und des Praxissystems zu erwarten.

Die geplante ambulante Anbindung soll zügig realisiert werden. Dafür wurde bereits gemeinsam mit den Projektpartnern Kontakt zu mehreren kieferchirurgischen / kieferorthopädischen Praxen aufgenommen. Derzeit werden die technische Bedingungen und Voraussetzungen eruiert.

Literaturverzeichnis

Bauer, FX, Gull, FD, Roth, M, Ritschl, LM, Rau, A, Gau, D, Gruber, M, Eblenkamp, M, Hilmer, B, Wolff, KD & Loeffelbein, DJ. (2017): A prospective longitudinal study of postnatal dentoalveolar and palatal growth: The anatomical basis for CAD/CAM-assisted production of cleft-lip-palate feeding plates. In: Clin Anat, 30 (7), 846-854

- Champagne, N, Eadie, L, Regan, L & Wilson, P. (2019): The effectiveness of ultrasound in the detection of fractures in adults with suspected upper or lower limb injury: a systematic review and subgroup meta-analysis. In: *BMC Emerg Med*, 19 (1), 17
- de Menezes, M, Rosati, R, Ferrario, VF & Sforza, C. (2010): Accuracy and reproducibility of a 3-dimensional stereophotogrammetric imaging system. In: *J Oral Maxillofac Surg*, 68 (9), 2129-2135
- Degen, K, Habor, D, Radermacher, K, Heger, S, Kern, JS, Wolfart, S & Marotti, J. (2017): Assessment of cortical bone thickness using ultrasound. In: *Clin Oral Implants Res*, 28 (5), 520-528
- Ghavami, S, Gregory, A, Webb, J, Bayat, M, Denis, M, Kumar, V, Milbrand, TA, Larson, AN, Fatemi, M & Alizad, A. (2019): Ultrasound Radiation Force for the Assessment of Bone Fracture Healing in Children: An In Vivo Pilot Study. In: *Sensors (Basel)*, 19 (4),
- Krey, KF, Ratzmann, A, Metelmann, PH, Hartmann, M, Ruge, S & Kordass, B. (2018): Fully digital workflow for presurgical orthodontic plate in cleft lip and palate patients. In: *Int J Comput Dent*, 21 (3), 251-259
- Marginean, C, Sasarean, V, Marginean, CO, Melit, LE & Marginean, MO. (2018): Prenatal diagnosis of cleft lip and cleft lip palate - a case series. In: *Med Ultrason*, 20 (4), 531-535
- Miller, JB, Danoff, SK, Bingham, CO, 3rd, Paik, JJ, Mecoli, CA, Tiniakou, E, Christopher-Stine, L & Albayda, J. (2019): Sonographic findings from inflammatory arthritis due to antisynthetase syndrome. In: *Clin Rheumatol*,
- Ozdemir, SA & Esenlik, E. (2018): Three-Dimensional Soft-Tissue Evaluation in Patients with Cleft Lip and Palate. In: *Medical Science Monitor*, 24 8608-8620
- ten Hagen, R. (2013): Der richtige Zeitpunkt, um einzusteigen... Intraoralscan und klassische Abformung im Vergleich. In: *ZWR - Das deutsche Zahnärzteblatt*, 122 (9), 452-454

Kontakt

PD Dr. rer. nat. habil. Christiane Kunert-Keil
Dr. rer. nat. Ines Zeidler-Rentzsch
Poliklinik für Kieferorthopädie der TU Dresden
Fetscherstr. 74
01307 Dresden
[https://www.uniklinikum-dresden.de/de/das-klinikum/
kliniken-polikliniken-institute/kfo](https://www.uniklinikum-dresden.de/de/das-klinikum/kliniken-polikliniken-institute/kfo)

Dr. med. Dominik Haim
Dr. med. dent. Bernhard Weiland
Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Günter Lauer
Klinik und Poliklinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie der TU Dresden
Fetscherstr. 74
01307 Dresden
www.uniklinikum-dresden.de/mkg

Prof. Dr. Karol Kozak
Klinik für Neurologie
Fetscherstr. 74
01307 Dresden
www.uniklinikum-dresden.de/neu

Dr. Olaf Müller
Carus Consilium Sachsen GmbH
Fetscherstr. 74
01307 Dresden
www.carusconsilium.de

Thomas Treichel
Computer konkret AG
Theodor-Körner-Str. 6
08223 Falkenstein
www.computer-konkret.de

