



3D – volldigitalisierte Behandlungsplanung und Expertenkonsil bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1 Telemedizin-Konzept verbessert die Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten	4
1.1 Schonende Diagnostik und effiziente interdisziplinäre Zusammenarbeit	5
2 Digitalisierte Diagnostik- und Therapieplanung bei LKGS-Patienten	6
2.1 Vollständige 3D-Digitalisierung des zahnärztlichen Planungs- und Freigabeprozesses	7
2.1.1 Digitalisierung der Abdrucknahme.....	7
2.1.2 Anfertigung von 3D-Aufnahmen des Gesichtes.....	10
2.1.3 Fusion der Bilddateien und Erstellung eines „digitalen Zwillings“	11
2.2 Optimierung der Behandlungsplanung und Verminderung der Strahlenbelastung bei Neugeborenen und Kindern mit einer LKGS	12
2.3 Intersektorale Vernetzung der kieferchirurgischen/kieferorthopädischen Behandler in Sachsen	13
3 Wie 3D die Gesichtschirurgie revolutioniert	15
4 Öffentlichkeitsarbeit	17
5 Abschluss	18
6 Projektpartner	19
7 Quellen	21
Anlagen	23
1 Lippen-Kiefer-Gaumenspalten	23
1.1 Die unterschiedlichen Spaltformen.....	24
1.1.1 Nichtsyndromale orofaziale Spalten.....	25
1.1.2 Syndromale Formen orofazialer Spalten	25
2 Behandlungsablauf	26

Dieses Projekt wird gefördert aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und des Freistaates Sachsen



Europäische Union

Europa fördert Sachsen.



Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

SACHSEN



Projektpartner



Universitätsklinikum
Carl Gustav Carus
DIE DRESDNER.



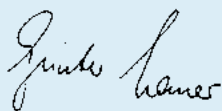
Vorwort

Die Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten hat über die letzten Jahrzehnte wesentliche Fortschritte erfahren. Dies liegt zunächst daran, dass die Behandlung durch ein interdisziplinäres Team verschiedener Fachbereiche (MKG-Chirurgie, HNO-Heilkunde; Logopädie, Kieferorthopädie, Kinderheilkunde, etc.) gestaltet wird. Aber auch innerhalb der einzelnen Disziplinen haben bessere, funktionell orientierte Behandlungsmöglichkeiten und OP-Techniken dazu geführt, dass Form und Funktion des Gesichts sich ähnlich dem vom Nicht-Spaltpatienten entwickelt. So gelingt es uns, dass bis zum Abschluss des ersten Lebensjahres durch den Lippenverschluss (nach DELAIRE) mit umfangreicher Gestaltung der Gesichts-, Mund- und Nasenregion und den Gaumenverschluss mit Herstellung der verschiedenen Muskelschlingen im Zungengrund und Rachenbereich die wesentlichen Grundlagen für eine regelrechte Gesichtsentwicklung gelegt sind.

Im letzten Jahrzehnt hat die Medizin durch die Digitalisierung wesentliche Impulse in Diagnostik und Therapie erhalten. Auch die Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten profitiert davon. So haben wir am UKD-Spalzentrum auch Aspekte der digitalen Behandlungsabläufe inzwischen integriert. Neben der digitalen Abformung und Behandlungsdokumentation und der sich daraus ergebenden besseren Verknüpfung und Abstimmung der einzelnen Behandlungsschritte – wie wir das in diesem Projekt schon erfolgreich umsetzen konnten – werden in Zukunft auch einzelne operative oder konservative Behandlungsschritte dank Digitalisierung präziser geplant und umgesetzt werden können.

Gerade wenn im Erwachsenenalter bei den Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten gelegentlich noch Kieferfehlstellungen vorliegen, die nicht allein kieferorthopädisch ausgeglichen werden können, sind noch weitere operative Eingriffe erforderlich. Hier hilft bei der genauen OP-Planung der digitale Workflow (digitale Abformung und Planung sowie Anfertigung von OP-Schablonen mittels CAD/CAM Technik). Dieses digitale Vorgehen mittels Computersoftware wird in der Zukunft immer mehr an Bedeutung und klinisch breiten Raum einnehmen. Mit den in der Broschüre aufgezeigten Möglichkeiten und Ergebnissen sind wir der Etablierung des digitalen Workflows im Klinikalltag ein wesentliches Stück nähergekommen.

Unser gemeinsames Ziel ist es dabei weiterhin, mit Hilfe der Digitalisierung die Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten so wenig belastend wie möglich zu gestalten und funktionell und ästhetisch ein Ergebnis zu erreichen, das sich nicht mehr von der normalen Gesichtsentwicklung unterscheidet.



Prof. Günter Lauer

Direktor der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
am Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden

1 Telemedizin-Konzept verbessert die Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten

Ein Neugeborenes mit einer Lippen-Kiefer-Gaumenspalte kann für die Eltern unerwartet sein, falls nicht bereits vor der Entbindung diese Diagnose gestellt werden konnte. Wichtig ist daher vor allem, den Eltern Sorgen und Ängste zu nehmen und die modernen und ausgereiften Behandlungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Die Lippen-Kiefer-Gaumenspalten sind mit einer Häufigkeit von 1:500 Geburten (ca. 1.500 Neugeborene in Deutschland 2020) die zweit häufigste angeborene Fehlbildung des Menschen nach Herzfehlern. Prognosen gehen momentan von einer gleichbleibenden Geburtenrate in den nächsten Jahren aus, da sich diese laut Statistischem Bundesamt seit 2016 kaum verändert hat. Obwohl 1:500 eine relativ große Zahl von Menschen in Deutschland (etwa 160.000) betrifft, werden erwachsene LKGS-Patienten nicht bewusst als Spaltträger wahrgenommen. Dies liegt an den mittlerweile sehr guten Behandlungsmethoden zur Korrektur dieser Fehlbildung und zur Normalisierung der Funktionen wie Ernährung, Sprache und Gehör. Eine ungestörte Entwicklung in normaler Umgebung kann damit gut erreicht werden.

Bisher wurde die langjährige Therapie im Bereich des Mundes, Kiefers beziehungsweise Gaumens (etwa Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten) hauptsächlich mit analogen Methoden geplant und durchgeführt (Abbildung 1).

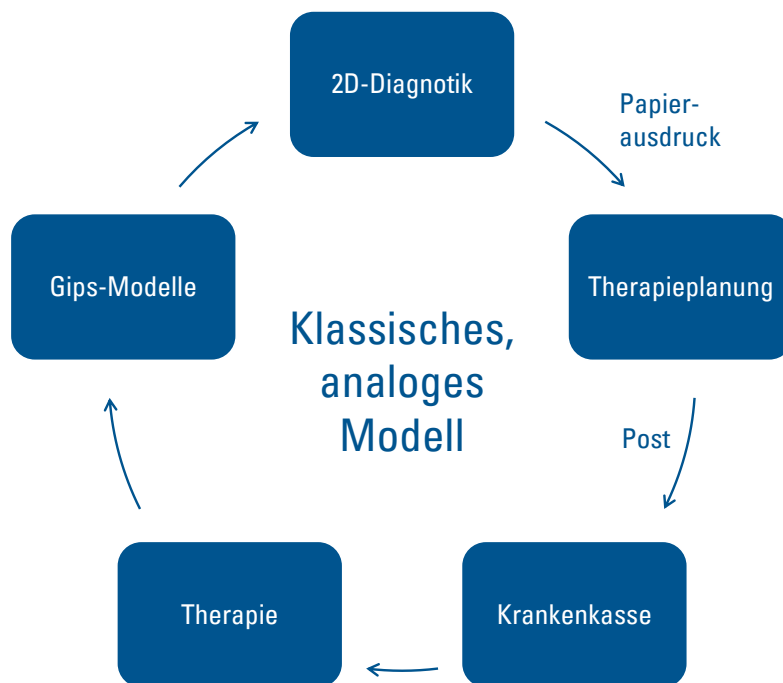


Abbildung 1: Darstellung des bisher durchgeführten analogen Modells für die Diagnostik- und Therapieplanung bei LKGS-Patienten.

Im Laufe der interdisziplinären Behandlung fielen für die Patienten eine Vielzahl an Gipsmodellen, Fotos und insbesondere Röntgenaufnahmen (Computertomographie (CT), beziehungsweise klassisches Röntgen), einschließlich der damit verbundenen Strahlenbelastung an. Beides erzeugte bei den Patienten, insbesondere bei Kindern eine enorme und anhaltende Belastung.

Das Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden, die Carus Consilium Sachsen GmbH und die Computer konkret AG haben daher im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Soziales und Gesellschaftlichen Zusammenhalt das Projekt „3D-volldigitalisierte Behandlungsplanung bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten (LKGS-3D)“ durchgeführt. Die Projektumsetzung erfolgte im Zeitraum 23.11.2017 – 31.03.2021 und wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und des Freistaates Sachsen mitfinanziert (Abbildung 2).



Abbildung 2: Staatsministerin Barbara Klepsch überreichte am 15. Dezember 2017 die Förderbescheide an die Partner des Telemedizin-Projekt „3D – volldigitalisierte Behandlungsplanung und Expertenkonsil bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten“ (LKGS-3D).

1.1 Schonende Diagnostik und effiziente interdisziplinäre Zusammenarbeit

Das von der EU-geförderte Projekt „3D-volldigitalisierte Behandlungsplanung und Expertenkonsil bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten“ befasste sich mit der Zusammenführung aller diagnostischen Informationen in einem umfassenden 3D-Modell, sowohl des Kieferraumes als auch des äußeren Erscheinungsbildes bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte während der gesamten Behandlungsdauer.

Primäres Ziel von LKGS-3D war die Nutzung digitaler Kommunikationswege zur interdisziplinären zahnmedizinischen Versorgung von LKGS-Patienten. Dabei sollte ein vollständiger digitaler Workflow geschaffen werden, in welchem das 3D-Modell des Mund-Kieferraumes, die Behandlungsplanung unter Einbeziehung der beteiligten Fachdisziplinen und der elektronische Datenversand beinhaltet sind. Für die Umsetzung der volldigitalen Behandlungsplanung war es daher notwendig, den gesamten Behandlungsprozess vollständig zu ermitteln und zu hinterfragen. Von zentraler Bedeutung in diesem Prozess war die Art und der Zeitpunkt der jeweils angewandten Diagnostik im Behandlungsverlauf sowie deren Dokumentation.

Das Gesamtziel wurde letztendlich in drei Schwerpunkte untergliedert:

- / 1. Vollständige 3D-Digitalisierung des 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

In Sachsen verfügen aktuell, die an der Versorgung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten beteiligten Behandler nur über eingeschränkte Möglichkeiten, Patientenfälle sowie Behandlungspläne direkt miteinander zu besprechen sowie Zweitmeinungen und Gutachten zu erstellen. Angesichts des zunehmenden Fachkräftemangels – insbesondere auch im ländlichen Raum – sollte das Projekt LKGS-3D dem nun entgegenwirken und die Versorgungsqualität nachhaltig sichern.

2 Digitalisierte Diagnostik- und Therapieplanung bei LKGS-Patienten

Die langjährige Betreuung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten ist grundsätzlich eine interdisziplinäre Herausforderung, da die Fehlbildung verschiedene funktionelle Regionen im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich betrifft. Um diese gut zu meistern, arbeiten in so genannten Spaltzentren ein interdisziplinäres Behandlungsteam, bestehend aus Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen, Hals-Nasen-Ohrenärzten/Phoniatern, Kieferorthopäden, Logopäden, Kinderärzten und Zahnärzten, eng zusammen (Abbildung 3).



Abbildung 3: Zeitlicher Ablauf der interdisziplinären Behandlung von LKGS-Patienten.

Für die beteiligten Behandlungspartner im stationären sowie niedergelassenen Bereich ist eine volldigitalisierte Behandlungsplanung aus medizinischer und ökonomischer Sicht sowie zum Wohl des Patienten sinnvoll und notwendig. Ziel des Projektes LKGS-3D war die Nutzung digitaler Kommunikationswege zur interdisziplinären zahnmedizinischen Versorgung von LKGS-Patienten. Dazu sollte die verwendete Kombination aus 2D-Daten (Röntgenaufnahmen, extraorale und intraorale Fotos) und die Herstellung von Gipsmodellen in eine digitale Analyse überführt werden. Dem Behandler sollen so perspektivisch alle Patientenunterlagen vollständig digital vorliegen – analoge Unterlagen wie Gipsmodelle, Fotoausdrucke, Papier-Patientenakte etc. können komplett entfallen.

Die Umsetzung der volldigitalen Erstellung diagnostischer Unterlagen für die Behandlungsplanung erfolgte in mehreren Stufen.

- / Zuerst wurde die bisher erforderliche Abdrucknahme mittels Alginat und die anschließende Herstellung eines Gipsmodells durch einen intraoralen 3D-Scan der Zahnbögen von LKGS-Patienten verschiedener Altersgruppen abgelöst. Anhand des intraoralen 3D-Scans konnten dann die erforderlichen Trinkplatten mittels 3D-Druck erstellt, bzw. weitere Therapieplanungen (z. B. Vorbereitung Dysgnathie-OP) vorgenommen werden.
- / Zweiter Schritt war die Anfertigung von 3D-Aufnahmen der Weichteile des Gesichtes mittels eines extraoralen 3D-Scanners. Des Weiteren wurden die Weichteile der Lippe mittels Ultraschall untersucht und bildlich dargestellt.
- / Als dritter Schritt erfolgte bei jugendlichen bzw. erwachsenen LKGS-Patienten die Anfertigung von Digitalen Volumetomografie (DVT)-Aufnahmen zur 3D-Darstellung des Schädelknochens und Kieferskeletts.

Nach der Anfertigung wurden alle oben genannten 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 zu den anliegenden Weichteilen entstand. Dieses virtuelle Modell bildete die Grundlage der Behandlungsplanung der Patienten, der fachlichen Diskussion mit Konsilexperten sowie der Freigabe dieser Behandlungsplanung durch die Kostenträger (Abbildung 4).

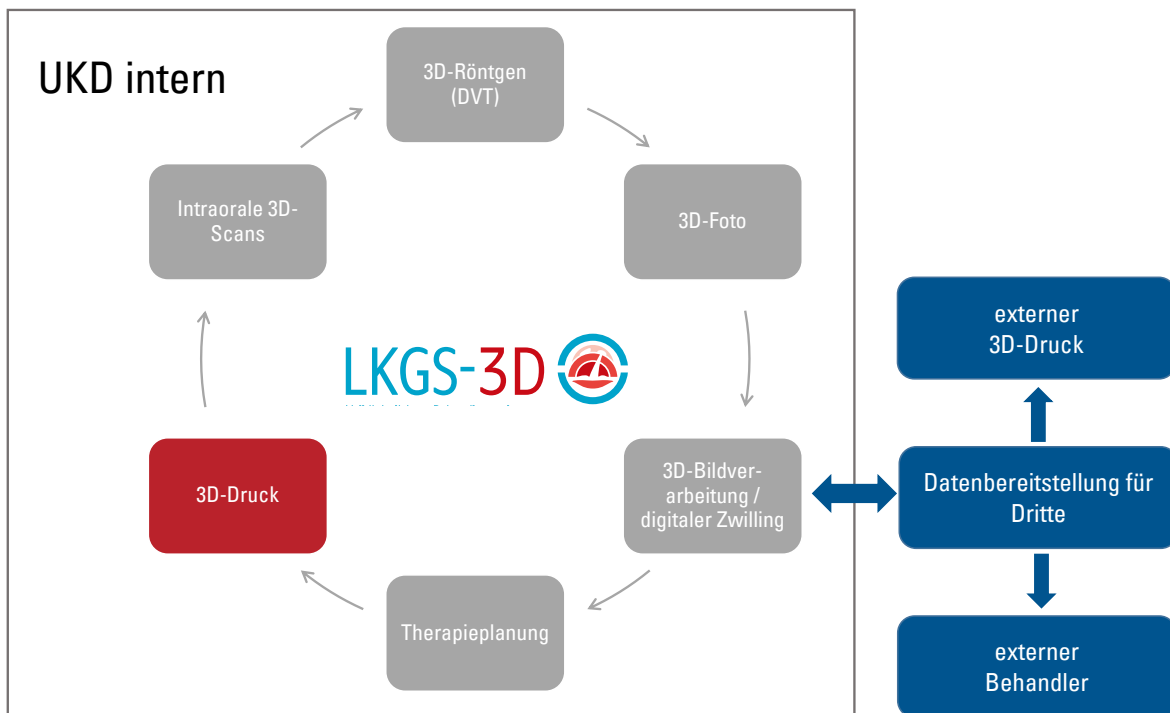


Abbildung 4: Darstellung des umgesetzten digitalen Prozesses für die Diagnostik- und Therapieplanung in der Behandlung von LKGS-Patienten. Rot markierte Felder waren im Projekt nicht geplant und konnten somit noch nicht realisiert werden.

Letztendlich wird nun eine gute fachübergreifende Zusammenarbeit der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen mit Hals-Nasen-Ohren-Ärzten und Logopäden sowie mit niedergelassenen Kieferorthopäden und Zahnärzten durch die digitale Vernetzung zusätzlich erleichtert. Die Digitalisierung macht damit doppelte diagnostische Maßnahmen überflüssig und senkt die Belastungen für die Patienten maßgeblich.

2.1 Vollständige 3D-Digitalisierung des zahnärztlichen Planungs- und Freigabeprozesses

2.1.1 Digitalisierung der Abdrucknahme

Neben Systemen für dreidimensionale DVT-Aufnahmen sind inzwischen zahlreiche intraorale wie extraorale Scanner auf dem Markt erhältlich. 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 neun Monate alten Kind mit LKGS getestet. Die Durchführung des Scans war möglich, allerdings benötigte dieser mehr als fünf 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. Außerdem ist der Scanner sehr groß und lässt sich schwierig transportieren.

Um dieses Transportproblem zu umgehen, wurde ein Wireless-Pod-Pen-Intraoralscanner für das Projekt beschafft. Um die Genauigkeit der Intraoral-scans mit diesem Gerät im Vergleich zu herkömmlichen Alginateabdrücken bestimmen zu können, wurden zunächst freiwillige erwachsene Probanden gescannt und deren Gipsmodelle mit den angefertigten Intraoral-scans digital verglichen. Anhand dieser Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die digitale Abformung mit der klassischen Abformung in der Präzision vergleichbar ist und es keine medizinisch relevanten Größenunterschiede zwischen beiden Methoden gibt (Abbildung 5).

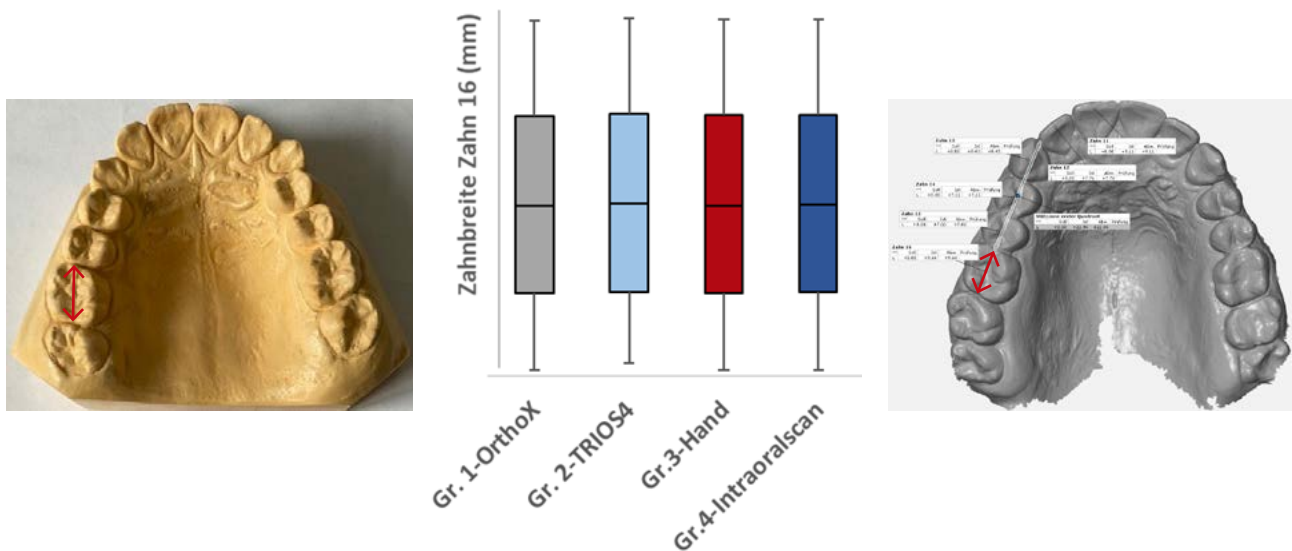


Abbildung 5: Beispielergebnis der Genauigkeitsbestimmung zwischen herkömmlichem Gipsmodell und Intraoralscan anhand der Zahnbreite des Zahnes 16 (roter Pfeil).

Als zweites wichtiges Ergebnis der oben beschriebenen Genauigkeitsuntersuchung konnte festgestellt werden, dass mittels des Intraoralscanners auch vorhandene Gipsmodelle eingescannt werden können. Mit Hilfe vorhandener Gipsmodelle von LKGS-Patienten konnte geklärt werden, dass bei diesen Patienten ebenfalls keine relevanten Unterschiede in der Genauigkeit zwischen Gipsmodell und Intraoralscan auftreten (Abbildung 6). Somit stand fest, dass der Scanner bei LKGS-Patienten einsetzbar ist.

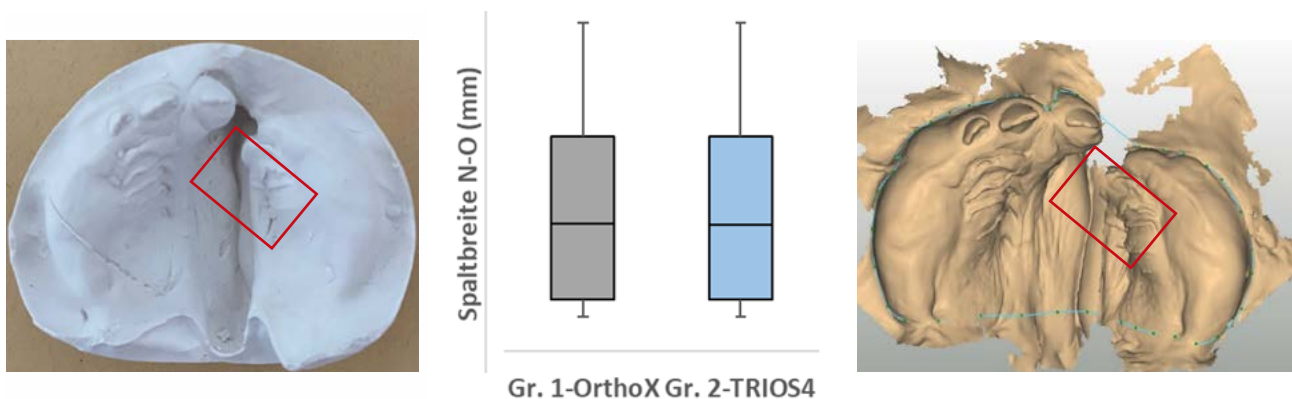


Abbildung 6: Beispielergebnis der Genauigkeitsbestimmung zwischen herkömmlichem Gipsmodell und Intraoralscan bei LKGS-Patienten anhand der Spaltbreite (roter Kasten).

Der Einsatz des Intraoralscanners wurde im Anschluss daran intensiv an LKGS-Kindern im Alter von sechs bis neun Monaten während des operativen Lippen- bzw. Gaumenverschlusses (Ethikantragsnummer: SR + BO EK-43012020) getestet. Die Scans an den schlafenden Kindern waren völlig unkompliziert und problemlos. Es wurden während der höchstens dreiminütigen Scandauer alle Kieferstrukturen erkannt (siehe Abbildung 7A). Mit Hilfe des oben genannten Scanners ist es außerdem möglich, die Digitalisierung der Weichteile, wie Lippe und Nase (Abbildung 7B) vorzunehmen, was wichtig für die Zusammensetzung eines 3D-Modells aus Intra- und Extraoralscans ist.



„Bei LKGS haben wir unterschiedliche 3D-Aufnahmetechniken erprobt und eine Verknüpfung für den sicheren Transport der Daten erstellt. Der Datenschutz ist bei einem solchen Projekt extrem wichtig – es geht um sensible Patientendaten.“

Prof. Günter Lauer, Direktor der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden

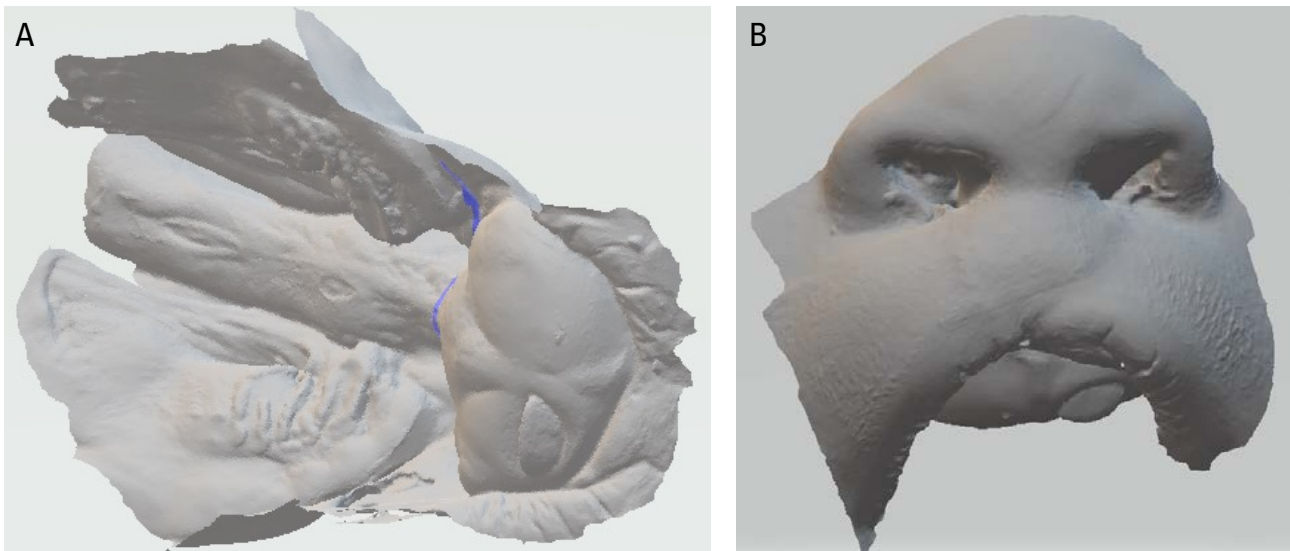


Abbildung 7: (A) Intraoralscan des Oberkiefers und (B) 3D-Scan der Oberlippe eines neun Monate alten Kindes mit LKGS.

Die gewonnenen Intraoralscans wurden in einem ersten Pilotversuch dazu verwendet, sogenannte Trinkplatten zu erstellen. In Zusammenarbeit mit der Firma Biodentis GmbH aus Leipzig wurde zunächst die Trinkplatte anhand der zugesandten stl-Dateien digital entworfen und diese dann mittels CAD/CAM-Technik hergestellt (Abbildung 8).

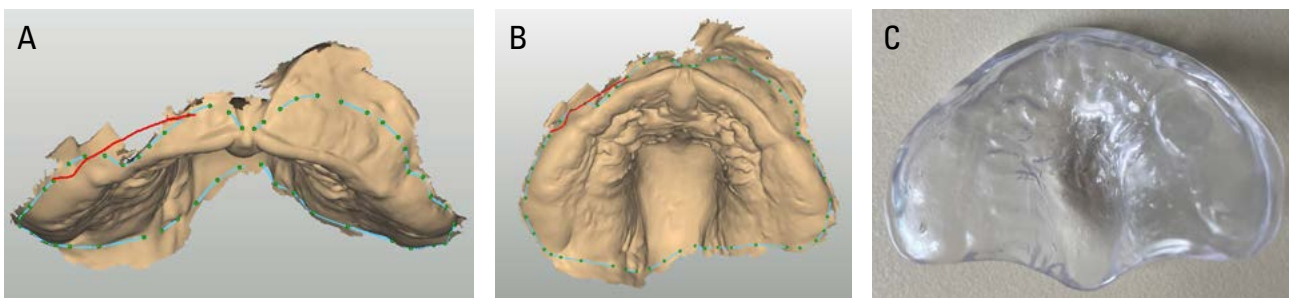


Abbildung 8: (A) Labiale und (B) palatinale Ansicht des Intraoralscans mit eingezeichnetem Entwurf der Trinkplatte sowie (C) fertige Trinkplatte.

Während der Anwendung des Intraoralscanners bei Kindern wurde aber auch festgestellt, dass der Scanner für Kinder jünger als sechs Monate nicht geeignet ist, da der Scannerkopf dann zu groß ist und die kontaktfreie optische Oberflächenmesstechnik (Triangulation) dadurch nicht mehr angewendet werden kann (Abbildung 9).



Abbildung 9: Anwendung des Intraoralscanners bei einem anästhesierten sechs Monate alten Kind mit LKGS.

2.1.2 Anfertigung von 3D-Aufnahmen des Gesichtes

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. Auch hier wurde wieder das transportable System ausgewählt. Der Scan erfolgte schnell und problemlos (Abbildung 10).

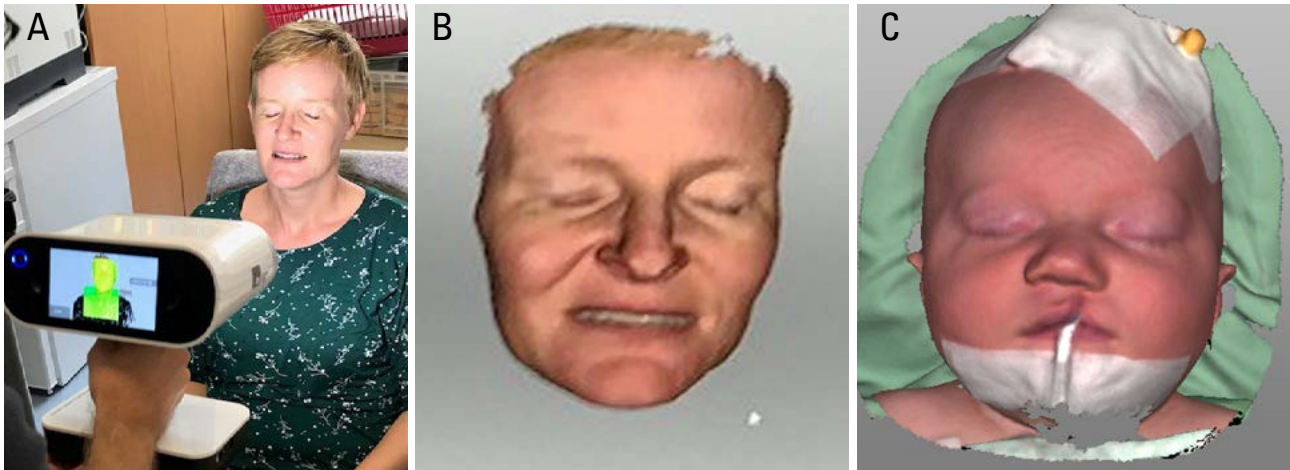


Abbildung 10: Extraoralscanner. A) Anwendung bei einer Probandin, B) digitale Rekonstruktion des Scans und C) präoperativer Scan eines LKGS-Babys.

Das ausgewählte Gerät kann ohne Probleme auch bei LKGS-Kindern angewendet werden. Die Evaluation der Anwendung des Extraoralscanners zeigte aber auch, dass der Fokus nur auf das Gesicht des Kindes mit dem Gerät nicht möglich ist und dadurch zum einen ein großer Aufwand bei der Nachbearbeitung der Scans besteht und zum anderen bei diesem Fehler im LKGS-Bereich auftreten können (Abbildung 11).

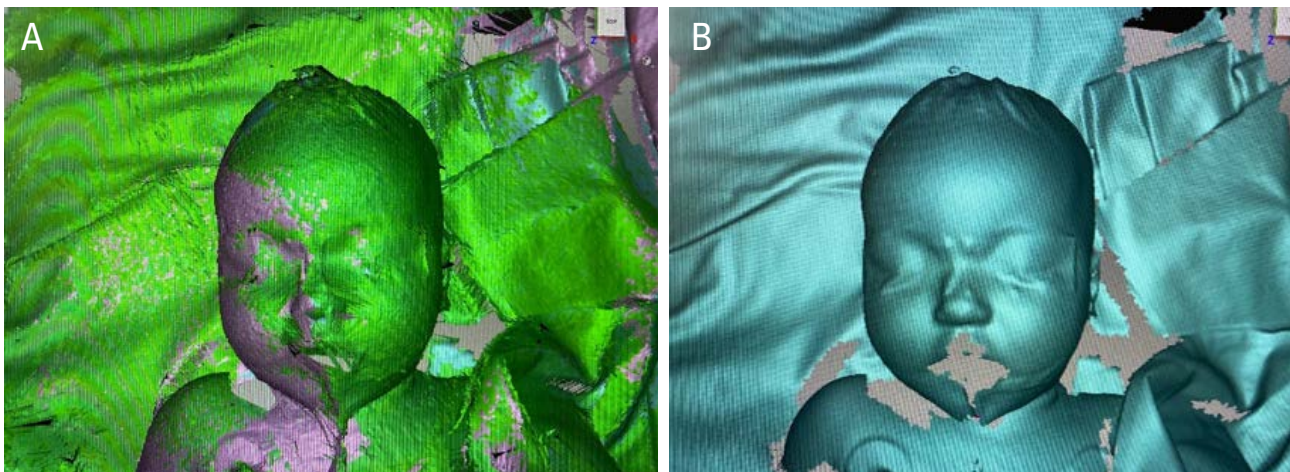


Abbildung 11: Extraoral-Scan eines LKGS-Patienten. A) farbliche Darstellung der durchgeführten Einzelscans und B) Fusion der Einzelscans mit Datenverlust.



„Die Digitalisierung der kieferorthopädischen Diagnostik und Therapie hat bei unseren Kunden Einzug gehalten. Mit LKGS3D können wir den nächsten Schritt gehen und diesen Digitalisierungsprozess auch praxis- und einrichtungsübergreifend fortführen. Unseren Kunden und ihren Patienten wird so ein einfacher, schneller und moderner Zugang zu allen wichtigen Behandlungsinformationen ermöglicht.“

Michael Brand, Vorstandsvorsitzender der Computer konkret AG

2.1.3 Fusion der Bilddateien und Erstellung eines „digitalen Zwillings“

Für die Fusion verschiedener diagnostischer Unterlagen wurde anfänglich die frei erhältliche Software „Meshlab“ (<https://www.meshlab.net>) genutzt. Durch Festlegung von Überlappungsbereichen, die sowohl beim Intra- wie auch beim Extraoralscan zu finden sind, erzeugt die Software eine Fusion der verschiedenen digitalen Bilddateien (Abbildung 12).

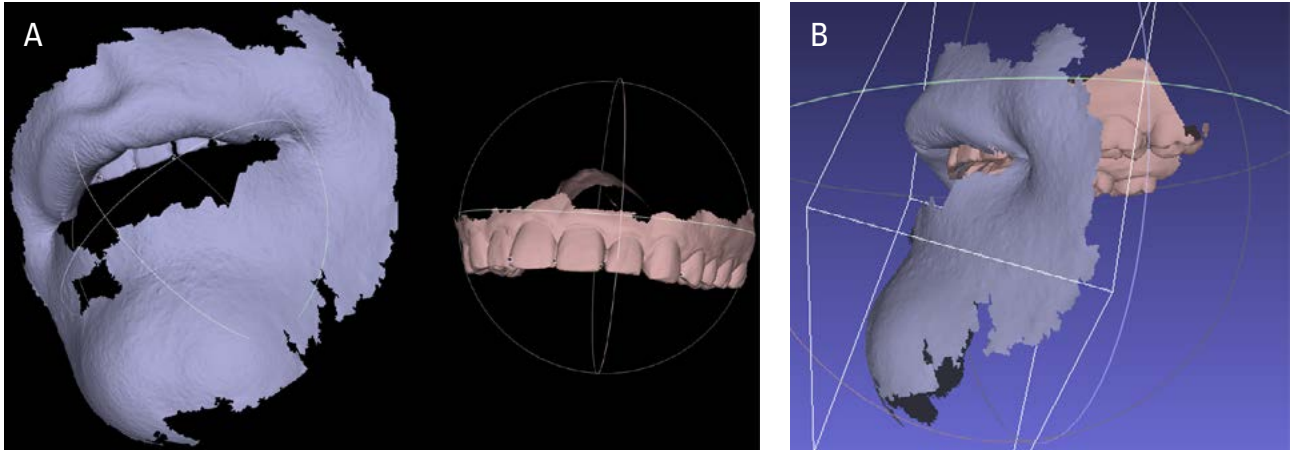


Abbildung 12: Fusion mittels Meshlab-Software. A) Festlegung überlappender Punkte / Bereiche und B) Fusion von Intra- und Extraoralscan.

Während des Projektes wurde aber auch eine neue digitale Plattform (LKGS-3D) für die Fusionierung der verschiedenen Bilddateien geschaffen. Die neue Plattform nutzt eine Kombination des zufälligen Stichprobenkonsensus (RANSAC)-basierten Algorithmus mit dem Iterative Closest Points (ICP)-Algorithmus für die Fusion. Damit können je nach Bedarf sowohl Intra- und Extraoralscans als auch 3D-Röntgenaufnahmen zu sogenannten Fusionsmodellen zusammengefügt werden (Abbildung 13).

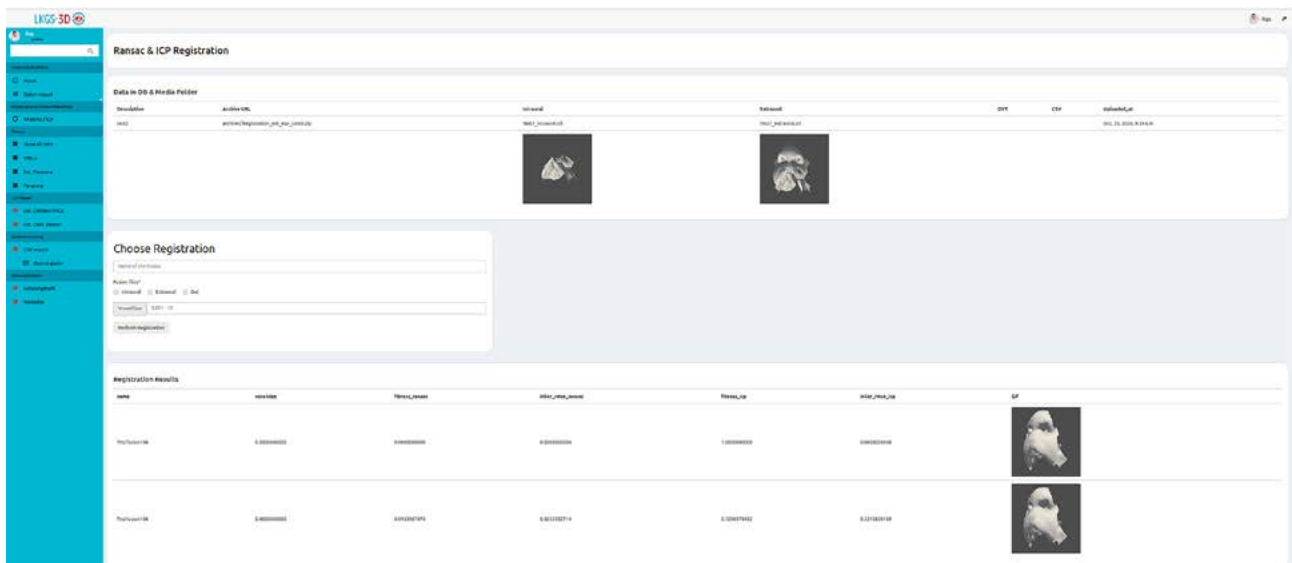


Abbildung 13: Screenshot der LKGS-3D Fusionsplattform mit Beispielfusionsbildern.



„Der Postversand von zerbrechlichen Gipsmodellen zwischen Schwerpunktzentrum, niedergelassenem Kieferorthopäden, Krankenkasse und Labor gehört damit der Vergangenheit an.“

Dr. Olaf Müller, Geschäftsführer der Carus Consilium Sachsen GmbH

2.2 Optimierung der Behandlungsplanung und Verminderung der Strahlenbelastung bei Neugeborenen und Kindern mit einer LKGS

Ein zweiter großer Schwerpunkt des Projektes beschäftigte sich mit Alternativen zur digitalen Volumentomographie bzw. Computertomographie. 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. Die Technik ist 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 des oralen orbitalen Lippenmuskels zu charakterisieren und diesen auch quantitativ zu analysieren (de Korte et al. 2009). Für Patienten mit LKGS ist der diagnostische Einsatz einer Ultraschalluntersuchung ebenfalls geeignet. Die Gewebedimensionen lassen sich mit dieser Methode unproblematisch vermessen (van Hees et al. 2007).

Im Rahmen des Projektes erbrachte die Analyse, der auf dem Markt zur Verfügung stehenden Ultraschallgeräte mit 3D-Ultrabreitbandtechnologie (Grundvoraussetzung für die Anwendung im Bereich Zahnmedizin) und spezifischen hochauflösenden Ultraschallsonden nur ein passendes Gerät. Dieses entsprechende Gerät wurde beschafft und konnte bereits mehrfach angewendet werden. Im Rahmen eines durch die Ethikkommission der TU Dresden begutachteten Pilotprojektes (BO-EK-336072020) werden momentan die Oberlippen von gesunden Probanden und LKGS-Patienten mittels Ultraschall untersucht, um die physiologische und pathologische Anatomie der Oberlippe bei LKGS-Patienten beschreiben zu können (Abbildung 14).



Abbildung 14: Anwendung der Ultraschalldiagnostik. A) Ultraschallgerät, b) Nutzung der Hockeysticksonde bei einem LKGS-Kind und C) gewonnenes Ultraschallbild der Oberlippe.



„Neugeborenen und Kindern mit Fehlbildungen im Bereich des Mundes, Kiefers oder Gaumens können bisher nur an wenigen Spitzenzentren exzellent behandelt werden. Mit den Möglichkeiten der Telemedizin können wir den behandelnden Ärzten in der Fläche nicht nur mit bisherigen Untersuchungsergebnissen, sondern auch mit individuellen Ratschlägen unkompliziert zur Seite stehen und damit die Versorgungssituation insgesamt verbessern.“

Prof. Michael Albrecht, Medizinischer Vorstand des Universitätsklinikums Dresden

2.3 Intersektorale Vernetzung der kieferchirurgischen/ kieferorthopädischen Behandler in Sachsen

Die Grundintention des Projektantrages ging davon aus, dass auf Basis einer durchgängigen Informationsbereitstellung, als Grundvoraussetzung einer integrierten Versorgungsstruktur, eine bessere Zugänglichkeit zu medizinischen Leistungen, insbesondere in strukturschwachen ländlichen Bereichen, gewährleistet werden sollte. Ein darauf abzielendes Konzept auf Basis von in sich abgeschlossenen Dateneinheiten (Paketen), die aber dennoch offen für die Nutzung durch Dritte sind, wurde als geeigneter Ansatzpunkt identifiziert. Dieser Ansatz beinhaltete den Einsatz der CCS Telehealth Plattform Ostsachsen (THOS)¹ sowohl als Übertragungsmedium als auch als Speicher- bzw. Vorhaltemedium für Patientendaten. Dementsprechend wurde ein Konzept für die Kommunikation auf Basis von Paketen über die THOS-Plattform erstellt. Das jeweilige Volumen der gewonnenen diagnostischen Bilddateien, insbesondere im Paket, stellte sich jedoch als erhebliche Hürde für die direkte Integration in die THOS heraus. Anders als bei einer vergleichbaren Anwendung mit hohem Datenvolumen konnte hier nicht auf ein paralleles Speichermedium zurückgegriffen werden, das durch Verlinkung zur THOS einen direkten Zugriff auf die Daten erlaubt hätte. Deshalb wären hierfür tiefergehende technische Anpassungen der Plattformarchitektur notwendig geworden, wofür die geplanten Mittel zu Umsetzung nicht ausreichten. Im Laufe des Projekts wurde zudem deutlich, dass durch die Weiterentwicklung der Telematikinfrastruktur (TI), unabhängig von der geplanten Umsetzung mit THOS, flächendeckende sichere Kommunikationswege entstehen werden. Beispielsweise wird die verpflichtende TI-Anwendung KIM (Kommunikation im Medizinwesen) alle Ärzte verbinden. Dabei ist explizit in den nächsten Ausbaustufen ab Oktober 2021 auch eine Übertragung größerer Datenmengen vorgesehen. Aufgrund dieser Tatsache war angezeigt, die Lösung derart zu gestalten, dass sie sowohl mit der THOS-Plattform als auch mit den absehbaren TI-Anwendungen oder sonstiger Datenaustauschplattformen (z. B. elektronische Patientenakte – ePA) realisierbar ist (Abbildung 15).

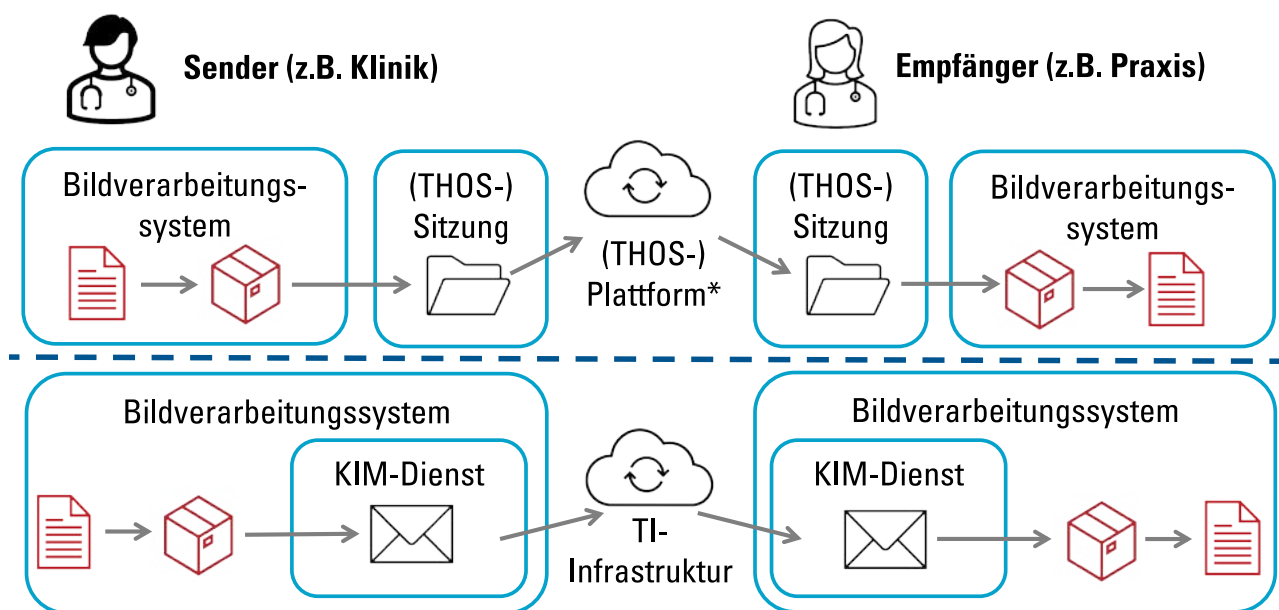


Abbildung 15: Übertragungswege für Dateneinheiten (Pakete) zwischen UKD und externen Behandlern.

Vor diesem Hintergrund und der in Folge technischer Überholtheit inzwischen erfolgten Einstellung des Betriebs der THOS-Plattform, wurde das entwickelte Konzept auf THOS-Basis so nicht umgesetzt. Ein alternativer Lösungsweg durch eine auf den THOS-Schnittstellen aufbauende Drittanwendung wurde aufgrund einer Kosten-Nutzen-Analyse, insbesondere unter Berücksichtigung der verbleibenden Projektlaufzeit und der perspektivischen Nutzung von KIM, ebenso als nicht wirtschaftlich erachtet.

Weil im vorgegebenen Projektzeitraum jedoch auch KIM noch nicht produktiv zur Verfügung stand, wurde, auf Vorschlag des Projektpartners Computer konkret AG letztlich ein „neutraler“ Kommunikationsweg via „transfer.net“ als Lösung verwendet. Transfer.net ermöglicht eine sichere und einfache Dateiübertragung in einem dafür eingerichteten Verzeichnis, das zwischen zwei Kommunikationspartnern synchronisiert wird. Die Kommunikationspartner nutzen als Ausgangs- und Endpunkt das Computerprogramm Ivoris analyze für den Datenaustausch (Computerkonkret). Der Import der Daten und der Fusionsmodelle erfolgte hier ohne Probleme (Abbildung 16).

¹ Das Projekt „CCS Telehealth Ostsachsen“ wurde im Rahmen des gleichnamigen EU-weiten Projektes aus dem Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und mit Landesmitteln des Freistaates Sachsens gefördert. Der Aufbau als auch die Bereitstellung der Plattform „CCS Telehealth Ostsachsen“ (THOS) erfolgte in den Jahren von 2014 bis 2020.

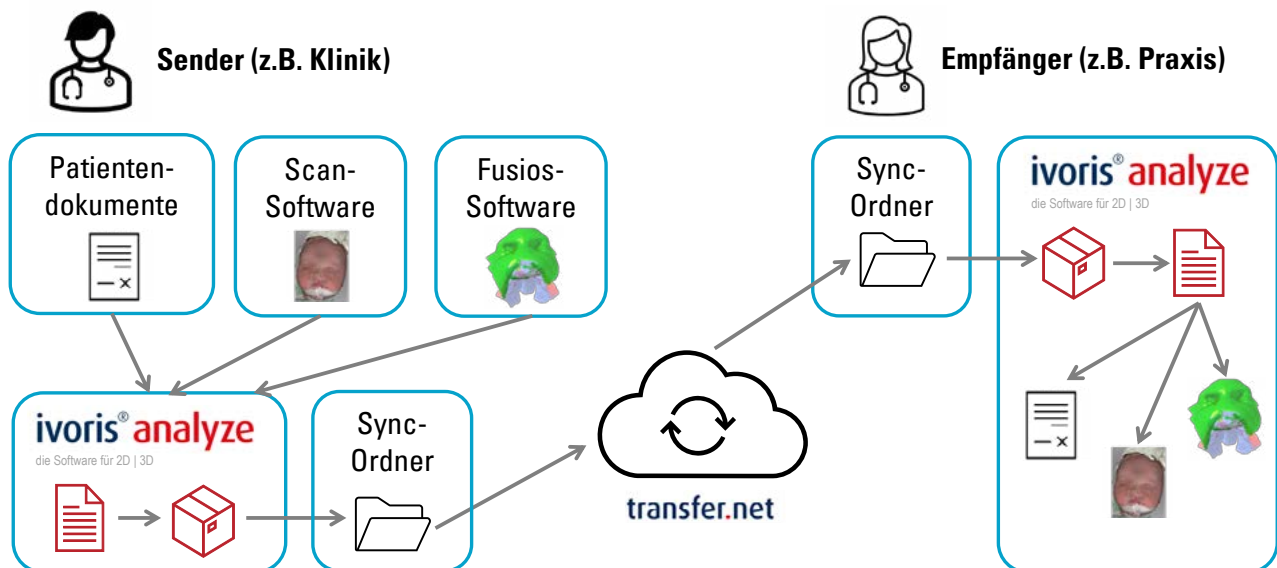


Abbildung 16: Übertragungswege für Dateneinheiten (Pakete) zwischen UKD und externen Behandlern via transfer.net.

Für den Datenaustausch mit den ambulanten Praxen werden alle relevanten Daten zu sogenannten Paketen zusammengefasst. Die Kommunikation ist in beide Richtungen und gleichzeitig auch zwischen mehr als zwei Kommunikationspartnern möglich. Der Inhalt von Paketen kann individuell zusammengestellt und weitgehend automatisch in die Software importiert als auch aus der Software exportiert werden (Abbildung 17).

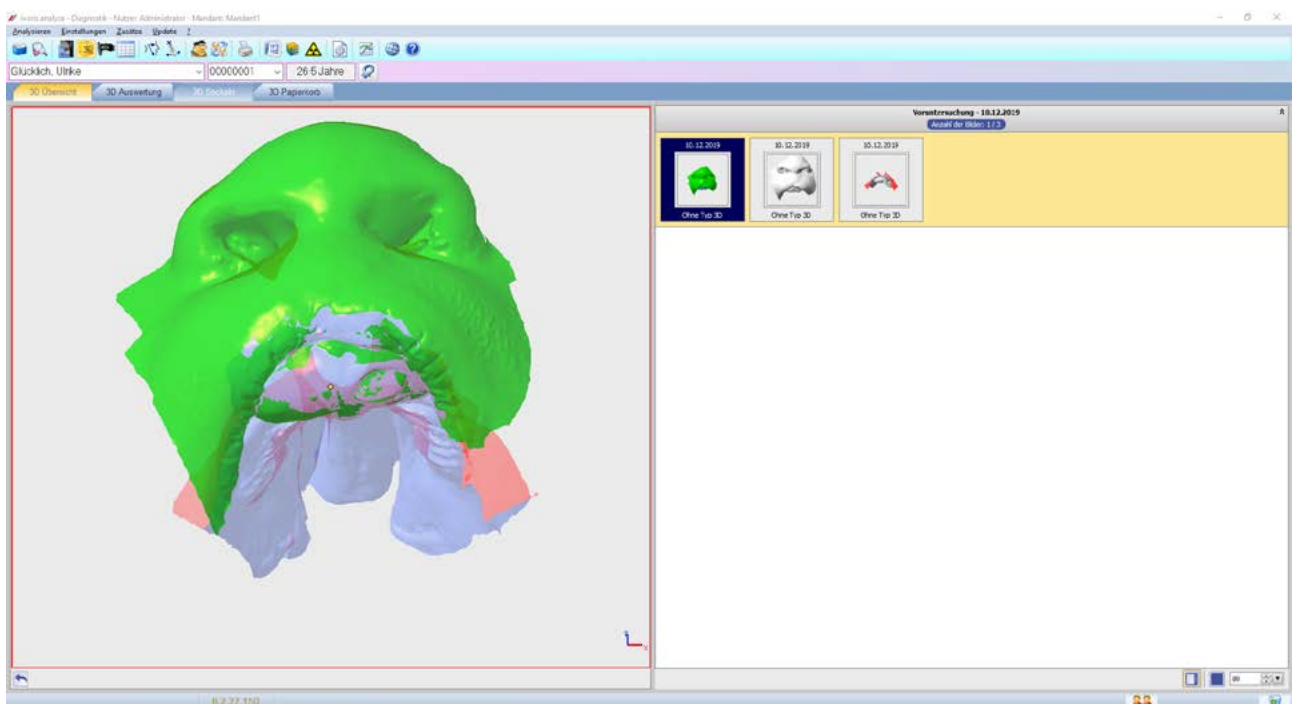


Abbildung 17: Screenshot der Software „Ivoris analyze“ mit Beispielfusionsbildern.

Die hiermit gesammelten Erkenntnisse und Erfahrungen gewährleisten daher perspektivisch die problemlose Anbindung und Kommunikation über die TI (KIM). Damit bleiben auch die zukunftsgerichteten Datentransferwege (KIM) zur späteren Nutzung offen.

3 Wie 3D die Gesichtschirurgie revolutioniert

Interview mit Prof. Günter Lauer, Direktor der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden.



Die Carus Consilium Sachsen GmbH (CCS) hat sich zusammen mit seinen Partnern im Projekt LKGS-3D für eine volldigitalisierte Behandlungsplanung sowie ein Expertenkonsil bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten eingesetzt. Was wurde erreicht? Wie geht es weiter? Und wie hilft die Digitalisierung den Patienten?

Prof. Lauer, eins von 500 Neugeborenen ist von einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte betroffen. Wie kann die Digitalisierung diesen Patienten helfen?

Die Betreuung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten beginnt schon in der Schwangerschaft und endet im Erwachsenenalter mit ca. 20 Jahren und ist eine interdisziplinäre Herausforderung, da die Fehlbildung verschiedene funktionelle Regionen im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich betrifft. Um diese gut zu meistern, arbeitet in unserem Spaltzentrum ein interdisziplinäres Behandlungsteam, bestehend aus Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen, Hals-Nasen-Ohrenärzten / Phoniatern, Kieferorthopäden, Logopäden, Kinderärzten und Zahnärzten, eng zusammen. Dabei fallen eine große Vielzahl von Daten und Befunden über die Zeit an. Dank digitaler Möglichkeiten können diese besser und schneller erfasst, einfacher gespeichert, und dadurch auch allen Beteiligten schneller zur Verfügung gestellt werden. Im Projekt LKGS-3D haben wir dies gemeinsam mit unseren Partnern, der Carus Consilium Sachsen GmbH und der Computer konkret AG, erfolgreich umgesetzt.

Um welche Daten handelt es sich?

Neben allgemeinen Krankheitsdaten zu Kind und Eltern werden die Untersuchungsbefunde auf mund-kiefer-gesichtschirurgischem, HNO-ärztlichem Fachgebiet, sowie kieferorthopädische Behandlungsdaten erfasst. Auch werden Operationszeitpunkte, Operationsmethoden und auch logopädische und zahnärztliche Befunde erhoben. Ein wesentlicher Inhalt des Projektes war die dreidimensionale Erfassung von Mund, Kiefer und Gaumen mittels eines 3D-Scans. Diese Daten sollen anstelle der Anfertigung von Abdrücken und Gipsmodellen räumliche Informationen über das Kiefer- und Gesichtswachstum liefern, die dann nicht mehr in einem konventionellen Archiv gelagert werden müssen. Wir können sie zusammen mit anderen digitalen Informationen über den Patienten abspeichern und schneller austauschen.

Welche Vorteile hat ein solcher 3D-Scan noch?

Um die Gesichtsentwicklung zu erfassen, werden in bestimmten Abständen Abformungen vom Oberkiefer durchgeführt und Gipsmodelle hergestellt, die dann archiviert werden. Statt des Abdrucks ist jetzt mittels eines 3D-Scans die Erfassung der Kieferform möglich. Das hat den Vorteil, dass wenn die Daten von unterschiedlichen Zeitpunkten vorliegen, diese einfacher miteinander verglichen werden können. So können Rückschlüsse auf das Wachstum von Kiefer und Gesicht gezogen werden und man kann gegebenenfalls die Operationsmethode oder das Therapiekonzept anpassen.

Die komplette Digitalisierung und Speicherung in einer Plattform erleichtert auch die Kommunikation zwischen unterschiedlichen Behandlern und der kieferorthopädischen Nachbetreuung, oder?

Derzeit erfolgt die Kommunikation zwischen den einzelnen Experten über Arztbriefe oder E-Mails und die räumliche Information z. B. zur Gestalt des Kiefers wird durch Zusendung der Gipsmodelle weitergegeben. Durch die Digitalisierung der Patientenakte und auch durch die Erfassung des intra- und extraoralen Befunde mittels 3D-Scan kann die Kommunikation, auch insbesondere mit kieferorthopädischen Kollegen, auf elektronischem Wege erfolgen. Des Weiteren ist die Kommunikation mit Krankenkassen oder Gutachtern erleichtert, allerdings gibt es noch keine festgelegten einheitlichen Standards.

Was haben Sie gemeinsam erreicht?

Wie gesagt: Wir haben unterschiedliche 3D-Aufnahmetechniken erprobt und eine Verknüpfung für den sicheren Transport der Daten erstellt. Der Datenschutz ist bei einem solchen Projekt extrem wichtig – es geht um sensible Patientendaten. Auch haben wir eine Software zur Erfassung und Dokumentation entwickelt, in die alle Befunde eingehen und mit dem die Daten auch verglichen werden können. Zuletzt haben wir den Austausch der Daten mit niedergelassenen Medizinerinnen über diese Software erfolgreich erprobt. Nun geht es darum, dass sich dieses Vorgehen bei vielen Akteuren in der Behandlung der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte durchsetzt und dann möglichst viele Stellen damit arbeiten.

Was bringt das dem Patienten?

Durch die digitale Erfassung der Befunde und auch durch die eingescannten Kiefermodelle kann die Entwicklung des einzelnen Patienten von der Geburt bis ins Erwachsenenalter dokumentiert und verfolgt werden. Dies ist zu einem von direktem Vorteil für den einzelnen Patienten als auch die generelle Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten:

Daten von allen Befunden wie von Kieferscans, von Operationen, von logopädischen und kieferorthopädischen Behandlungen hat der Patient mit unserer neuen Software unmittelbar zur Hand.

Auch wird die wissenschaftliche Auswertung erleichtert, da auf diese Art und Weise eine Kommunikation mit anderen Spaltzentren oder auch weltweit möglich sein wird. Wenn Befunde und Untersuchungsergebnisse einheitlich digital erfasst werden, ist eine bessere Auswertung dieser möglich. Das dient letztendlich der Verbesserung der Behandlung und Betreuung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten.

Und wie profitieren die Patienten in anderen Fachgebieten?

Die Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten beinhaltet spezielle Therapiemaßnahmen, die im weiteren Sinne auch auf andere Fachgebiete angewendet werden können. Die speziellen Daten bei der Behandlung von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten sind für andere Fachgebiete, die nicht an der eigentlichen Behandlung beteiligt sind, nicht relevant, allerdings sind darunterliegenden Prinzipien auch in einem weiteren Rahmen zu transferieren.

4 Öffentlichkeitsarbeit

Die Carus Consilium Sachsen GmbH betreute als Verbundkoordinator federführend die Projektdarstellung nach außen und förderte zudem die interne Kommunikation unter den Projektbeteiligten. In diesem Rahmen wurde das Projekt LKGS-3D über verschiedene Kanäle in die Öffentlichkeit transportiert, wie beispielsweise bei Fachveranstaltungen in Form von Vorträgen als auch durch Informationsstände. Die Bekanntheit des Projektes konnte damit innerhalb der Fachbranche als auch darüber hinaus wesentlich erhöht werden.

Im Weiteren wurde für eine transparente und verständliche Präsentation des Projektes LKGS-3D eine eigene Projektwebsite unter www.lkgs-3d.de erstellt. Über aktuelle Projektfortschritte und -informationen wurde regelmäßig auf dieser als auch auf den Partnerwebseiten berichtet.



Abbildung 18: „Vital.Digital“ – Sächsischer Tag der Telemedizin, Leipzig Kongresshalle am Zoo, 17.9.2018.



Abbildung 19: Projektvorstellung bei der Entwerfen Entwickeln Erleben (EEE)-Tagung 2019, Dreikönigskirche Dresden, 27.–28.06.2019.



Abbildung 20: Projektvorstellung zum CCS-Partnerdialog, BioInnovationsZentrum (BIOZ) Dresden, 05.03.2020.

5 Abschluss

Durch die fortschreitende technologische und informationelle Entwicklung ist ein vollständig digitalisierter Behandlungsalltag mittlerweile immer mehr möglich. 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-Gaumen-Spalten (LKGS) wurde bis vor kurzem am Universitätsklinikum Dresden noch hauptsächlich analog durchgeführt. Eine volldigitalisierte Behandlungsplanung und -freigabe unter intersektoraler Einbeziehung aller beteiligten Behandler sowie Krankenkassen fand nicht statt.

Neu entwickelte, digitale kieferorthopädische und -chirurgische Produkte, welche bis vor ein paar Jahren noch nicht denkbar waren, unterstützen nun den digitalen Workflow maßgeblich. Intraorale und extraorale 3D-Scanner, 3D-Fotoaufnahmen und Ultraschallaufnahmen erstellen digitale Modelle, deren Daten zur Integration in den digitalen Workflow durch Softwareprozesse verarbeitet werden.

Um einen einfachen und strukturierten Zugriff auf die gesamten 3D-Daten zu gewährleisten, werden die anfallenden Daten und Unterlagen digitalisiert und in einer für diesen Zweck entwickelten Datenbank gespeichert, bearbeitet und zum Teil fusioniert. 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 nun zu einer fundamentalen und richtungsweisenden Veränderung des Behandlungsplanungsprozesses. 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 nun unter Verwendung von digitalen Anwendungen zur Verbesserung der medizinischen Versorgung.

6 Projektpartner

Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Fetscherstraße 74

01307 Dresden

Ansprechpartner: Univ. Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Günter Lauer,

Geschäftsführender Direktor, UniversitätsZahnmedizin

Telefon: 0351 458-2710

E-Mail: Guenther.Lauer@ukdd.de

www.ukdd.de/mkg

Universitätsklinikum
Carl Gustav Carus
DIE DRESDNER.



Die Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichts (MKG)-Chirurgie beschäftigt sich schon sehr lange intensiv mit der Versorgung von LKGS-Patienten. Dazu wurde frühzeitig in der MKG-Chirurgie ein sogenanntes Spaltzentrum eingerichtet. Dieses Zentrum koordiniert die interdisziplinäre Zusammenarbeit aller Fachbereiche zur Behandlung von LKGS-Patienten. Im Rahmen von verschiedenen Forschungsprojekten wurde z. B. die Verwendung von verschiedenen Knochentransplantaten, hergestellt auf Basis von Tissue-Engineering für die Osteoplastik bei LKGS-Patienten, untersucht (Pradel, Lauer 2012, Korn et al. 2017). In diesem Zusammenhang wurde auch die Möglichkeit des 3D-Drucks zur Herstellung der Knochentransplantate näher analysiert (Korn et al. 2020).

Auch digitale Ansätze im Rahmen der Behandlungsplanung und Therapieüberprüfung von LKGS-Patienten sind Gegenstand der aktuellen Forschung in der MKG-Chirurgie. Zum einen erfolgt mit Hilfe von digitalisierten Gipsmodellen und daraus resultierenden Oberflächengeometriemodellen momentan die Analyse, welche Methode zur Mobilisierung des Weichgewebemantels eine bessere Symmetrie im Bereich von Nase und Lippe bei lateralen durchgehenden Lippen-Gaumen-Spalten erzeugt und somit einer späteren Hypoplasie und posteriorer Stellung des Spaltsegmentes vorbeugt. Zum anderen wird im Rahmen des regionalen Netzwerks „TransplaBit“, eine durch die Else-Kröner-Stiftung finanzierte Kooperation, zur Zeit der Prozessablauf der Kieferspaltosteoplastik erfasst und ausgewertet, Datenbanken erzeugt und Planungstools sowie sensorintegrierte Werkzeuge im Hinblick auf eine Optimierung des Operationsverfahrens konstruiert (För-dernr.: 0612011).

Im Projekt LKGS3D war das Uniklinikum Dresden verantwortlich für die medizinisch-inhaltliche Erarbeitung des Fachkonzeptes, die Entwicklung und Testung von Einsatzszenarien und die Einbindung von fachlichen Partnern, Kliniken und Praxen.



Carus Consilium Sachsen GmbH

Fetscherstraße 74

01307 Dresden

Ansprechpartner: Dr. Olaf Müller, Geschäftsführer

Telefon: 0351 458-5039

E-Mail: info@carusconsilium.de

www.carusconsilium.de



Die CCS GmbH etabliert Kooperationen zwischen Krankenhäusern, ambulant tätigen Ärztinnen und Ärzten, ambulanten Pflegediensten, Rehabilitationseinrichtungen und weiteren versorgungsrelevanten Institutionen und Verbänden. In ihrer Rolle als Managementgesellschaft für die Plattform CCS-THOS setzt die CCS GmbH auf Vernetzung und Kommunikation innerhalb der Gesundheitsregion.

Im Projekt LKGS-3D war die Carus Consilium Sachsen GmbH Verbundkoordinator und verantwortlich für die Zusammenführung von fachlichen und technischen Spezifikationen durch Ableitung der Versorgungsprozesse als auch für das Projektmanagement, Öffentlichkeitsarbeit und Förderungsmanagement.

Computer konkret AG

Theodor-Körner-Straße 6

08223 Falkenstein

Ansprechpartner: Michael Brand, Vorstandsvorsitzender

Telefon: 03745 7824-33

E-Mail: info@ivoris.de

www.ivoris.de



Die Computer konkret AG ist seit Gründung des Unternehmens im Jahr 1990 in der Entwicklung und kontinuierlichen Weiterentwicklung von Diagnostiksoftware im Bereich der Zahnmedizin und Kieferorthopädie spezialisiert.

Diese auf Windows™-Betriebssystemen lauffähige Client-/ Server-Netzwerkanwendungen mit einer leistungsfähigen SQL-Datenbank decken einen großen Umfang am aktuell nachgefragten Funktionsumfang im Bereich Archivierung, Diagnostik, Behandlungsplanung und Patientenberatung auf Basis von fallbezogenen 2D- und 3D-Bilddaten ab.

Die Computer konkret AG war im Projekt LKGS-3D verantwortlich für die Entwicklung und technische Umsetzung des Fachkonzeptes, stellte fachspezifische Bildverwaltungs- und Bildverarbeitungssoftware bereit und unterstützte die Entwicklung von fachlich und technisch erforderlichen Schnittstellen.

7 Quellen

Computerkonkret. ivoris – Dental Software Power. <https://www.ivoris.de/diagnostik.html>, veröffentlicht 2018, aufgerufen am 16.02.2021.

de Korte, CL, van Hees, N, Lopata, RG, Weijers, G, Katsaros, C & Thijssen, JM (2009): Quantitative assessment of oral orbicular muscle deformation after cleft lip reconstruction: an ultrasound elastography study. In: IEEE Trans Med Imaging, 28 (8), 1217-1222.

Höhn, T. CCS Telehealth Ostsachsen (THOS) - das größte Telemedizin-Vorhaben Deutschlands. <https://www.vdz.org/digitale-kommune/ccs-telehealth-ostsachsen-thos-das-groesste-telemedizin-vorhaben-deutschlands>, veröffentlicht 2018, aufgerufen am 16.02.2021.

Korn, P., Ahlfeld, T., Lahmeyer, F., Kilian, D., Sembdner, P., Stelzer, R., Pradel, W., Franke, A., Rauner, M., Range, U., Stadlinger, B., Lode, A., Lauer, G., Gelinsky, M., 2020. 3D Printing of Bone Grafts for Cleft Alveolar Osteoplasty - In vivo Evaluation in a Preclinical Model. Front Bioeng Biotechnol 8, 217.

Korn, P., Hauptstock, M., Range, U., Kunert-Keil, C., Pradel, W., Lauer, G., Schulz, M.C., 2017. Application of tissue-engineered bone grafts for alveolar cleft osteoplasty in a rodent model. Clin Oral Investig 21, 2521-2534.

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.

Pradel, W., Lauer, G., 2012. Tissue-engineered bone grafts for osteoplasty in patients with cleft alveolus. Ann Anat 194, 545-548.

van Hees, NJ, Thijssen, JM, Huyskens, RW, Weijers, G, Nillesen, MM, de Korte, CL & Katsaros, C (2007): Quantitative ultrasound imaging of healthy and reconstructed cleft lip: a feasibility study. In: Cleft



Anlagen

1 Lippen-Kiefer-Gaumenspalten

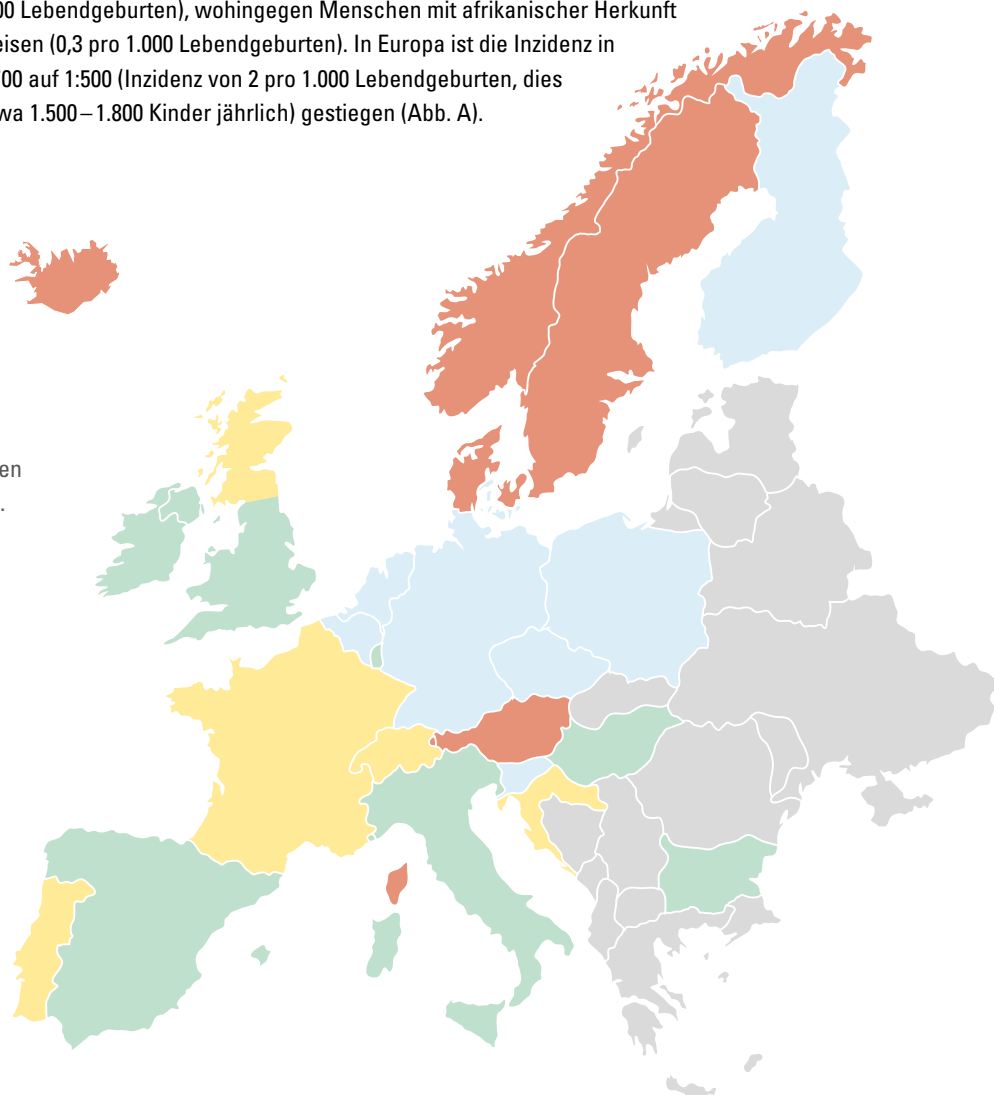
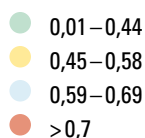
Orofaziale Spalten sind nach den Herzfehlern die zweithäufigste angeborene Fehlbildung des Menschen, phänotypisch sehr variabel und genetisch heterogen. Die beiden häufigen Untergruppen sind die Formen der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (LKGS) und der reinen Gaumenspalte (GS).

Betrifft die Spalte den Gaumen, kann Nahrung oder Flüssigkeit in die Nasenhöhle gelangen und durch die Nase austreten; der zum Saugen nötige Unterdruck kann schlechter erzeugt oder unzureichend gehalten werden. Ohne Zugang zu medizinischer Versorgung kann dies zu Unterernährung und stark eingeschränkter Lebenserwartung führen. Gaumenspalten können mit einer Beeinträchtigung der Laut/Stimmbildung, des Stimmklangs (Näseln) und der Sprachentwicklung sowie einer Dysfunktion der Eustachi-Röhre mit in der Folge entzündlichen Mittelohrerkrankungen und Hörminderung einhergehen.

Sind Lippe und Kiefer betroffen, bestehen oft Malokklusionen und Dysgnathien sowie eine Beeinträchtigung der Mimik und Ästhetik. Die Spaltbildung nach außen sichtbarer Strukturen wird im Vergleich zur rein intraoralen Spalte als belastender empfunden. Dass orofaziale Spalten zum großen Teil eine wesentliche Beeinträchtigung darstellen, hat der Gesetzgeber über den Weg der Anerkennung des „Grades der Behinderung“ auch anerkennt.

Die Inzidenz der Fehlbildung hängt stark von der ethnischen Zugehörigkeit ab. So zeigen Amerikaner mit indianischer Abstammung die höchste Inzidenz (3,7 pro 1.000 Lebendgeburten), wohingegen Menschen mit afrikanischer Herkunft die niedrigste Inzidenz aufweisen (0,3 pro 1.000 Lebendgeburten). In Europa ist die Inzidenz in den letzten 30 Jahren von 1:700 auf 1:500 (Inzidenz von 2 pro 1.000 Lebendgeburten, dies entspricht in Deutschland etwa 1.500–1.800 Kinder jährlich) gestiegen (Abb. A).

Abbildung A: Inzidenz von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten in Europa pro 1.000 Geburten.



Orofaziale Spalten können im Rahmen einer Vielzahl komplexer Fehlbildungssyndrome auftreten; insgesamt sind „nichtsyndromale“ Spaltbildungen aber häufiger. Naturgemäß sind die Grenzen zwischen „syndromal“ und „nichtsyndromal“ fließend. Basierend auf den oben genannten Prävalenzen und diesen Schätzungen ist die Prävalenz der nichtsyndromalen LKGS in der europäischen Bevölkerung etwa 1:1.000 (ca. 70 %), die der nichtsyndromalen GS etwa 1:2.400 (ca. 50 %).

Die Ursachen für orofaziale Spalten sind im Einzelnen bis heute noch nicht genau erforscht, aber es scheinen viele Faktoren eine Rolle zu spielen. So wird die Kombination aus äußeren Faktoren (z. B. Umwelteinflüsse) und der erblichen Bereitschaft als Grund angenommen. Die schädigenden Faktoren müssen zu einem sehr frühen Zeitpunkt der Schwangerschaft wirksam sein. In der 5. bis 7. Schwangerschaftswoche bilden sich die Lippen und die Kieferabschnitte und in der 9. bis 11. Schwangerschaftswoche der harte und weiche Gaumen. Treten die schädigenden Einflüsse gegen Ende des 2. bzw. zu Beginn des 3. Schwangerschaftsmonats auf, können sie eine mögliche Ursache für die Spaltentstehung sein. Die Spaltformen entstehen nicht nur zu unterschiedlichen Zeitpunkten während der Schwangerschaft, sie unterscheiden sich auch in ihrer Häufigkeit des Auftretens und der Geschlechtsverteilung. Lippen-Kiefer-Gaumenspalten sind mit einem Auftreten von 1:500 pro Geburt einer der häufigsten Fehlbildungen, von der öfter Jungen und bevorzugt die linke Seite des Gesichtes betroffen sind. Mit einem Auftreten von 1:1.500 Geburten sind isolierte Spalten des harten und weichen Gaumens wesentlich seltener und treten häufiger bei Mädchen auf.

1.1 Die unterschiedlichen Spaltformen

Entsprechend des zeitlich versetzten Ablaufs der Entwicklung von Lippe, Kiefer und Gaumen und abhängig von Art, Schwere und Zeitpunkt einer während der Schwangerschaft einwirkenden Störung werden Lippen-Spalten, Lippen-Kiefer-Spalten, Gaumenspalten und Lippen-Kiefer-Gaumenspalten unterschieden. Bei den Gaumenspalten können der harte Gaumen und / oder der weiche Gaumen betroffen sein.

Bei genauerer Beschreibung der jeweiligen Spaltformen werden vier Spaltabschnitte und drei Ausprägungsgrade unterschieden:

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Lippe | Oberlippe einschließlich des Naseneingangs |
| 2. Kiefer | vorderer zahntragender Oberkieferanteil – auch Kieferkamm genannt |
| 3. harter Gaumen | Gaumendach mit Nasenboden – auch knöcherner, harter Gaumen genannt |
| 4. weicher Gaumen | vom Hinterrand des harten Gaumens bis zum Zäpfchen, muskulöser Anteil – auch Velum genannt |

Die Spalten können jeweils einseitig (rechts oder links) oder auf beiden Seiten des Gesichts gelegen sein. In ihrer Ausprägung erscheinen sie vollständig, unvollständig oder verdeckt.

- | | |
|-------------------------|---|
| 1. verdeckt | teilweise Spaltung der Muskulatur / des Knochens mit intakter Schleimhaut |
| 2. unvollständig | Spaltung von Muskulatur und / oder des Knochens mit teils intakter Haut oder Schleimhaut |
| 3. vollständig | Spaltung der Muskulatur und / oder des Knochens einschließlich der bedeckenden Haut / Schleimhaut |

Bei den verdeckten (submukösen) Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ist das Ausmaß der Spaltbildung oft nicht sofort erkennbar. Die intakte Schleimhaut des weichen Gaumens überdeckt die darunterliegende gespaltene Muskulatur. Da diese für die Aussprache und die Belüftung des Ohres wichtig ist, kann es bei ausbleibender Behandlung zu Sprachstörungen und Belüftungsstörungen des Mittelohrs mit eventuell daraus folgender Schwerhörigkeit kommen. Daher werden auch die submukösen Gaumenspalten wie offene Spaltformen behandelt. Darüber hinaus liegen vor allem bei den vollständigen Spaltformen Veränderungen des Nasenbodens und der Nasenscheidewand vor, die bei der Behandlung beachtet und korrigiert werden müssen (Abbildung B).

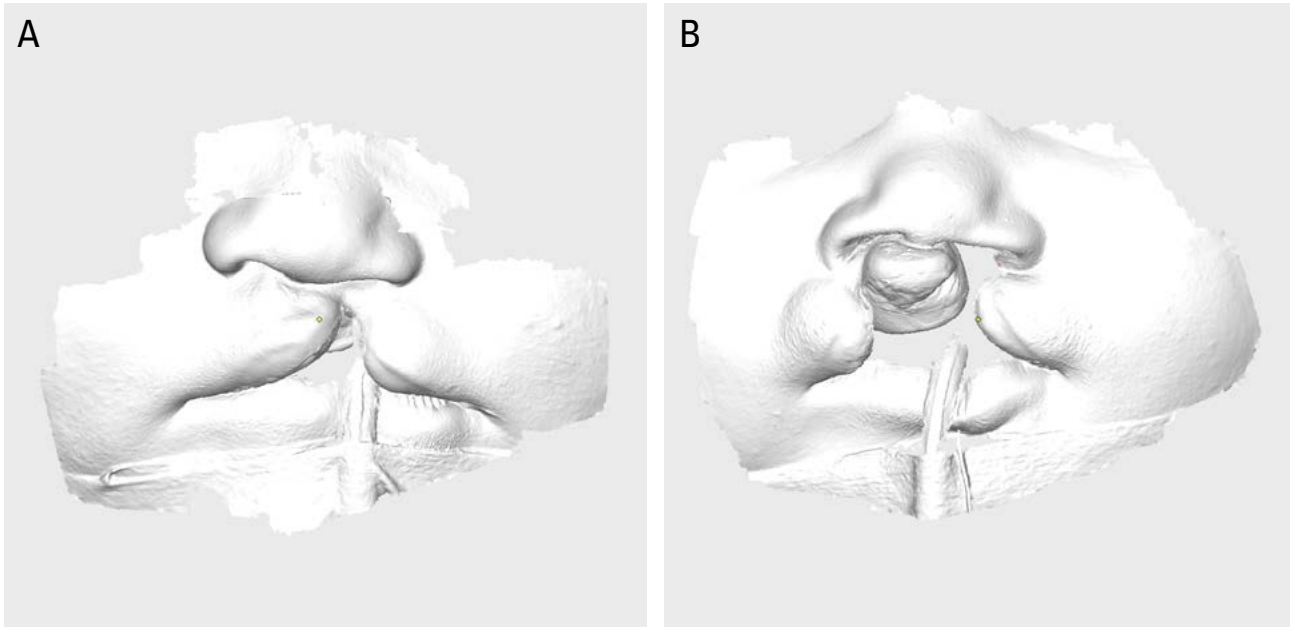


Abbildung B: Extraoralscans. A) Einseitige und B) beidseitige Lippenspalte

Spaltbildungen im Bereich des Kieferkammes können zum Fehlen oder zu Fehlbildungen insbesondere des seitlichen Schneidezahnes und / oder der spaltnahen Zähne führen. Zusätzlich können Zahnkeime schräg im Knochen liegen und im Durchbruch behindert werden. Hier ergibt sich die Notwendigkeit einer kieferorthopädischen Behandlung.

1.1.1 Nichtsyndromale orofaziale Spalten

Nichtsyndromale LKGS und GS unterscheiden sich in der Geschlechtspräferenz (Verhältnis Jungen zu Mädchen etwa 1,7:1 bei der nichtsyndromalen LKGS und etwa 1:2 bei der GS). Etwa 90 % der nichtsyndromalen Lippenspalten und etwa 70 % der durchgehenden Spalten von Lippe, Kiefer und Gaumen zeigen sich in einseitiger Ausprägung; dabei ist die linke Seite deutlich häufiger betroffen als die rechte.

Nichtsyndromale Spalten sind multifaktoriell sowie genetisch komplex und bergen relativ geringe Wiederholungsrisiken für Angehörige. Folgende empirische Wahrscheinlichkeiten treten auf:

- / Wiederholungsrisiko bei bereits einem Kind mit LKGS: 2–6%, abhängig von Typ und Ausprägung
- / Wiederholungsrisiko bei bereits zwei Kindern mit LKGS: ca. 10 %
- / Wiederholungsrisiko bei einem betroffenen Elternteil mit LKGS: 3–6 %
- / Wiederholungsrisiko bei zwei betroffenen Elternteilen mit LKGS: Mehr als 30 %

Als zusätzliche disponierende exogene Noxen spielen Alkohol, Nikotin (auch Passivrauchen), Folsäuremangel und verschiedene Medikamente (z.B. Kortikosteroide, Antiepileptika) bei der Entstehung nichtsyndromaler Spalten eine wichtige Rolle.

1.1.2 Syndromale Formen orofazialer Spalten

Formen der LKGS und GS wurden im Zuge von über 600 Syndromen beschrieben. Bei vielen Syndromen können sowohl LKGS als auch GS auftreten, oft aber nicht gleich häufig. Etwa 30 % der Patienten mit LKGS und bis zu 50 % der Patienten mit GS haben ein übergeordnetes Syndrom. Manche syndromalen Spaltformen beruhen auf Chromosomenaberrationen, die meisten sind jedoch monogen.

2 Behandlungsablauf

Vor der Geburt – Gynäkologie / MKG-Chirurgie

- / Ultraschall des Embryos im Mutterleib zur Feststellung einer vorhandenen Fehlbildung (Gynäkologie)
- / bei Feststellung einer LKGS erfolgt Beratung zu den Therapieschritten durch die MKG Chirurgie

Direkt nach der Geburt – MKG-Chirurgie

- / Anfertigung der Gaumen- bzw. Trinkplatte aus Kunststoff bei Gaumen bzw. Lippen-Kiefer-Gaumenspalte (Trennung von Mund- und Nasenraum / Förderung der korrekten Kiefer- und Zungenlage) (Abbildung C)

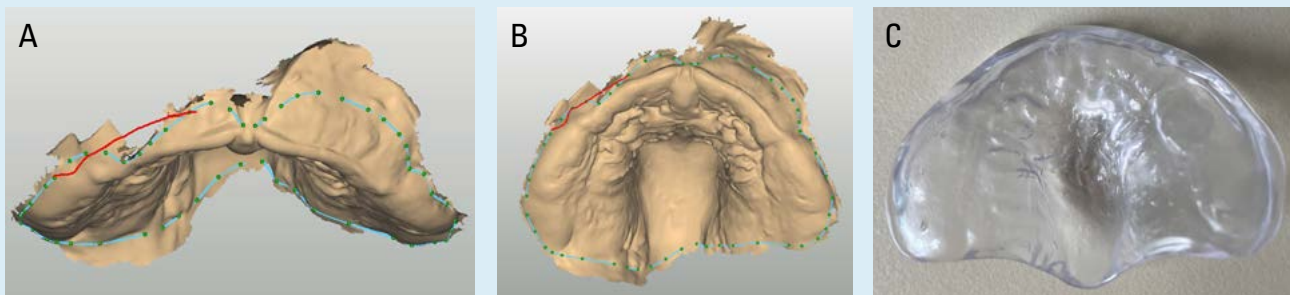
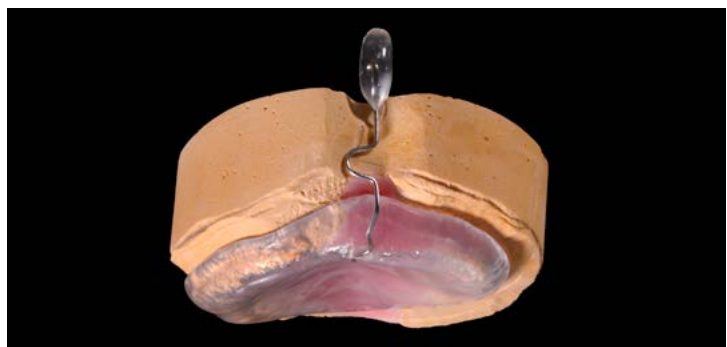


Abbildung C: (A) Labiale und (B) palatinale Ansicht des Intraoralscans mit eingezeichnetem Entwurf der Trinkplatte sowie (C) fertige Trinkplatte.

3. – 5. Lebensmonat – MKG-Chirurgie

- / Anpassung der Gaumen- bzw. Trinkplatte infolge des schnellen Kieferwachstums
- / Erweiterung der Platte mit Nasenpelotte um zusätzlich vor Lippenverschluss die Nase zu formen (Abbildung D)

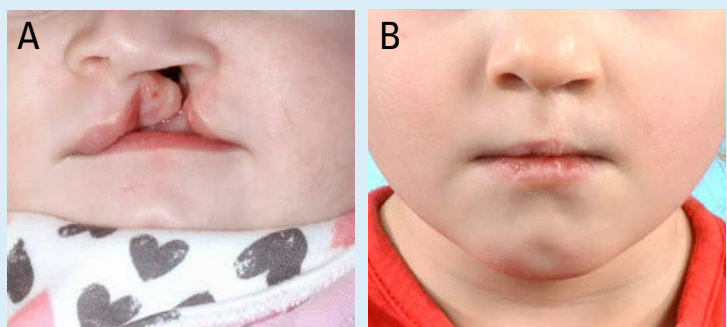
Abbildung D: Gaumenplatte hergestellt anhand eines Gipsmodells mit Nasenpelotte.



4. – 6. Lebensmonat – MKG-Chirurgie/HNO/Kinderarzt

- / 1. Operation „Lippenplastik“ (Verschluss Lippenpalte, Formen von Nasenflügel und Nasenspitze sowie Deckung der Kieferspalte) (MKG-Chirurgie; Abbildung E)
- / Ohrspiegelung, ggf. Einlage Paukenröhrchen (HNO)

Abbildung E: Lippenplastik bei LKGS-Patientin
A) vor Lippenverschluss im Alter von 4 Monaten und
B) nach Lippenverschluss im Alter von vier Jahren.



9. – 12. Lebensmonat – MKG-Chirurgie/HNO/Kinderarzt

- / 2. Operation „Gaumenplastik“ (Verschluss der kompletten Spalte von Hart- und Weichgaumen, mit Herstellung der Muskelschlinge) (MKG-Chirurgie; Abbildung F)
- / Ohruntersuchung, Einlage/Erneuern Paukenröhrchen (HNO)
- / für die Operationen stationäre Aufnahme des Kindes gemeinsam mit einem Elternteil in der Kinderklinik / Betreuung durch MKG-Chirurgie

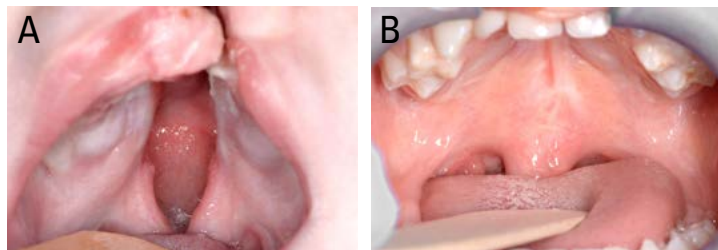


Abbildung F: Gaumenplastik bei LKGS-Patient
A) vor Gaumenverschluss im Alter von vier Monaten und
B) nach Gaumenverschluss im Alter von drei Jahren.

1. – 16. Lebensjahr – Spaltsprechstunde (1 x jährlich)

- / Überwachen der Sprachentwicklung (Logopädie), ggf. sprechverbessernde Operation (Velopharyngoplastik)
- / Beobachtung der Entwicklung des bleibenden Gebisses und kieferorthopädische Korrektur von Zahn- und Kieferfehlstellen (KFO) (Abbildung G)
- / ggf. Kieferkorrekturoperation mit Knochenverpflanzung (Osteoplastik), um Einstellung der Eckzähne und seitlichen Schneidezähne zu ermöglichen (MKG-Chirurgie)
- / Narbenkorrektur vor der Einschulung (MKG-Chirurgie)

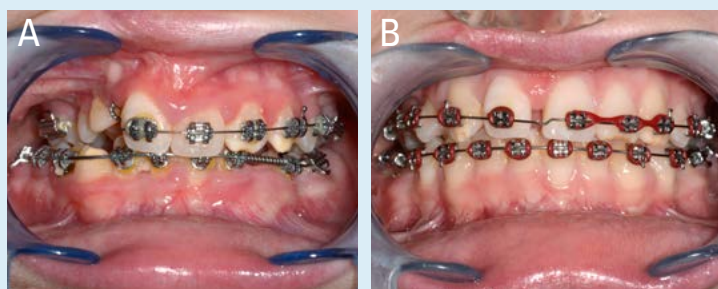


Abbildung G: Kieferorthopädische Behandlung einer LKGS-Patientin.
A) Zahnbogen zu Beginn und B) kurz vor Therapieende

Ab 16. Lebensjahr – Spätkorrekturen

- / Dysgnathie-Operation bei noch bestehendem Fehlbiss (MKG-Chirurgie; Abbildung H)
- / Insertion dentaler Implantate und Zahnersatz bei Fehlen von Zähnen (Prothetik; Abbildung I)
- / Nasen-, Lippenkorrektur mit Auszugleich funktioneller und ästhetischer Defizite (MKG-Chirurgie)

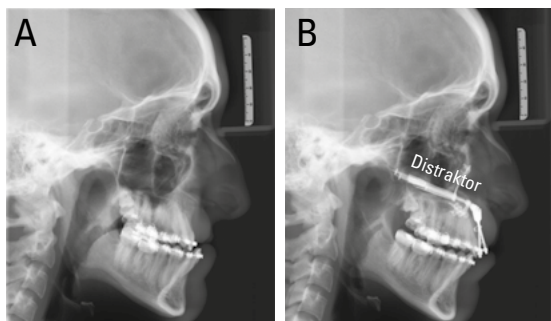


Abbildung H: Dysgnathie-OP eines LKGS-Patienten.
A) präoperativ: ausgeprägte Oberkieferrücklage und
B) postoperativ: Korrektur der Oberkieferposition mittels Distraktor.

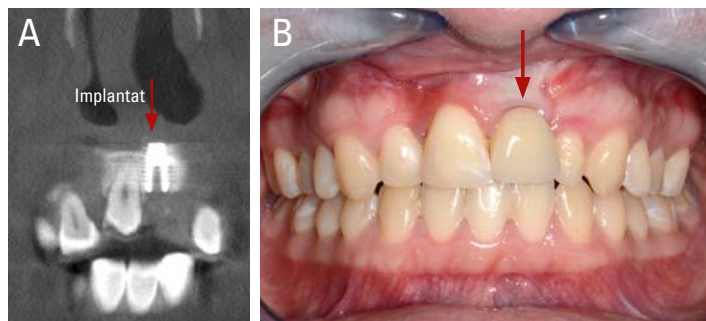


Abbildung I: Prothetische Versorgung.
A) Insertion eines dentalen Implantates und
B) Ersatz des mittleren oberen Schneidezahnes.

Impressum

Carus Consilium Sachsen GmbH

Fetscherstraße 74, 01307 Dresden, Deutschland

E-Mail: info@carusconsilium.de

Internet: www.carusconsilium.de

Gestaltung:

Ketchum GmbH Dresden

www.ketchum.de

Bilder Copyright:

Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden

Auflage Mai 2021