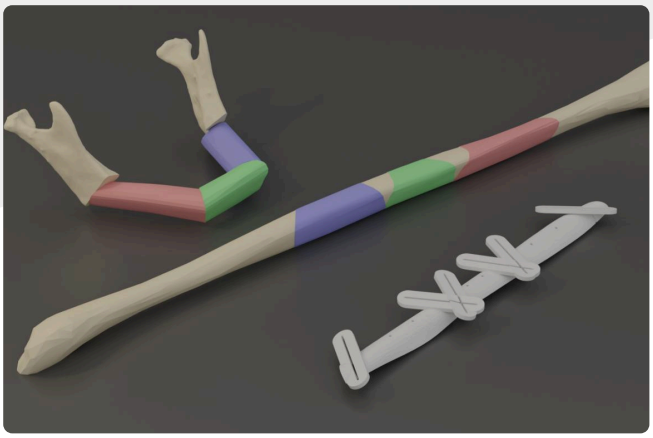
KI UND 3D-DRUCK IN DER MEDIZINTECHNIK

Individuelle Gesichtsrekonstruktion

(Ein Fachbeitrag aus 2022, Autor Max Wissing, Technologiemanager Additive Fertigung, Protiq GmbH, Blomberg)

Liegt aufgrund einer Tumorresektion bei entzündlichen Erkrankungen (zum Beispiel Osteomyelitis) oder Traumata (beispielsweise Kriegsverletzungen oder Verkehrsunfall) ein großformatiger Knochendefekt des Gesichtsschädels vor, erfordert dies eine komplexe knöcherne und weichgewebliche Rekonstruktion.



Durch die Kombination von künstlicher Intelligenz und 3D-Druck werden komplexe Operationen zur Wiederherstellung des Kiefers mithilfe eines körpereigenen mikrovaskulären Fibulatransplantats ermöglicht. (Quelle: Inzipio)

Die additive Fertigung, zumeist unter der Bezeichnung 3D-Druck bekannt, gewinnt seit Jahren immer mehr an Sichtbarkeit und Bedeutung. Wurde die Technologie anfangs vor allem für optische Modelle sowie die schnelle Erstellung von Prototypen genutzt, übernehmen 3D-gedruckte Bauteile mittlerweile vielfältige Aufgaben in einer großen Bandbreite von Einsatzfeldern – so auch der Medizintechnik.

Anwender können heute aus zahlreichen additiven Fertigungsverfahren und Materialien auswählen. Bauteile lassen sich aus technischen Kunststoffen, hochfesten Metallen oder exotischen Werkstoffen – beispielsweise medizinischem Silikon und Quarzglas – herstellen. Gemein ist sämtlichen additiven Fertigungsverfahren, dass die Bauteile schichtweise durch Materialzugabe aufgebaut werden. Anders als bei vielen konventionellen Produktionstechnologien – zum Beispiel dem Drehen, Fräsen oder Erodieren – wird kein Material abgetragen, sondern gezielt hinzugefügt. Deshalb zeichnen sich die additiven Fertigungsverfahren durch eine hohe Gestaltungsfreiheit und Flexibilität aus.

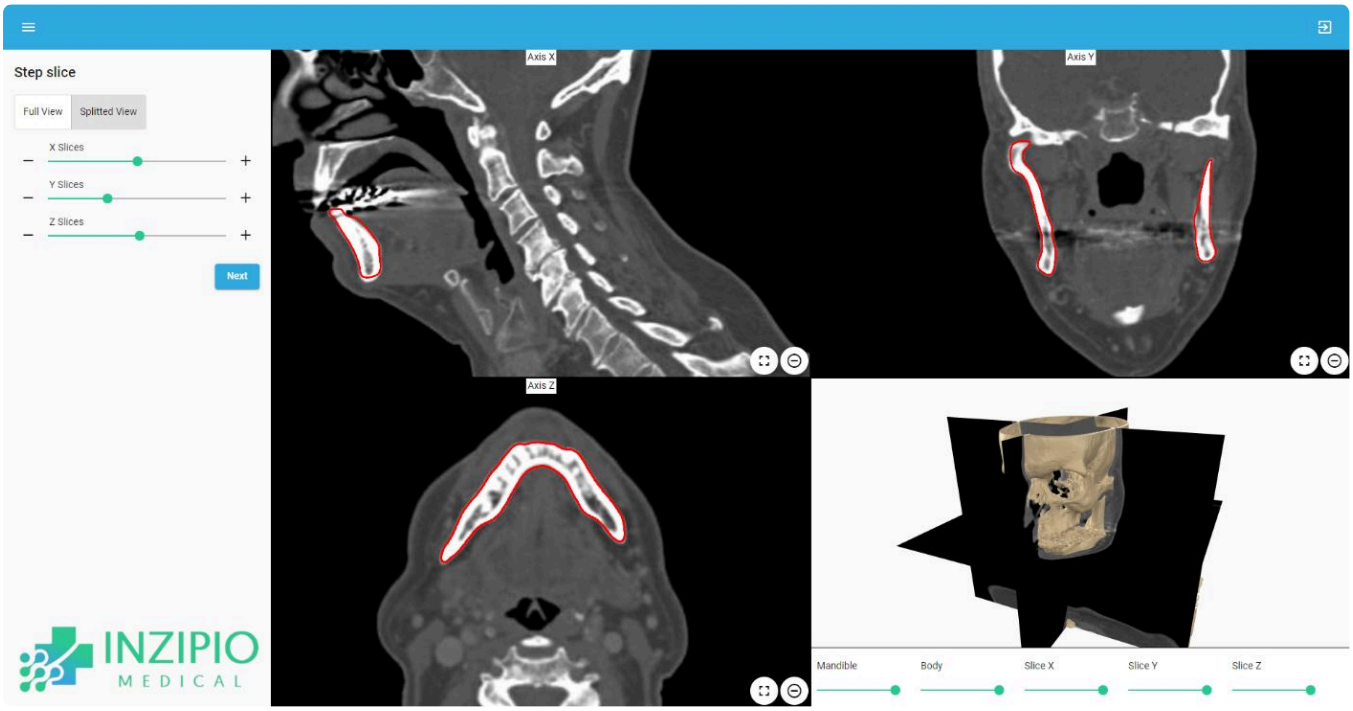
Die Bauteile lassen sich direkt aus den 3D-Daten des Konstrukteurs herstellen und individuell an den jeweiligen Anwendungsfall anpassen. In Kombination mit einer schnellen und wirtschaftlichen Produktion von geringen Stückzahlen macht diese Flexibilität die additive Fertigung insbesondere bei medizinischen Anwendungsfällen zum Mittel der Wahl.

Die Bauteile können maßgeschneidert auf die Form und Bedürfnisse des Patienten adaptiert werden, was sich sowohl für den Patienten als auch für die behandelnden Ärztinnen und Ärzte als vorteilhaft erweist.

Als bekannte Anwendungsfälle am und im Körper seien speziell angepasste orthopädische Schienen aus Kunststoff, Zahnkronen aus Edelstahl oder allgemeine Implantate aus Titan genannt.

Schnelle und vollständig digitale OP-Planung

Neben der direkten Herstellung des Implantats bieten 3D-gedruckte Schablonen, die nicht im Körper verbleiben, einen großen Mehrwert bei der Behandlung. In diesen Kontext fällt die Zusammenarbeit des Medtech-Startups Inzipio und des additiven Fertigungsdienstleisters Protiq. Gemeinsam haben beide Unternehmen innovative Schnittschablonen, sogenannte Cutting Guides, im Bereich der rekonstruierenden Gesichtschirurgie hergestellt. Die Protiq GmbH, die Teil der Phoenix Contact Gruppe ist, verfügt über eine mehr als zehnjährige Erfahrung im 3D-Druck. Der Dienstleister legt seinen Fokus auf Projekte mit besonderen Anforderungen und hohen Qualitätsansprüchen. Protiq stellt additiv gefertigte Bauteile aus einer Vielzahl an etablierten Kunststoffen und Metallen zur Verfügung. Gleichzeitig



Mithilfe von künstlicher Intelligenz werden CT-Daten durch Inzipio automatisiert zu 3D-Daten aufbereitet. Diese ermöglichen eine vollständige digitale Operationsplanung, sodass auch komplexe Rekonstruktionen möglich werden. (Quelle: Inzipio)

sticht das Unternehmen durch die aktive Entwicklung und Qualifizierung neuer, innovativer Werkstoffe hervor.

Als Spin-Off der Uniklinik RWTH Aachen entwickelt Inzipio eine medizinische Software, die durch den Einsatz künstlicher Intelligenz eine automatische Planung von Operationen zur Gesichtsrekonstruktion ermöglichen wird. Mit der Lösung von Inzipio lassen sich innerhalb von wenigen Sekunden digitale 3D-Daten aus der Bildgebung der Computertomographie (CT) erstellen. Bisher handelte es sich dabei um einen aufwendigen manuellen Prozess, der zusätzliches Klinikpersonal gebunden hat oder an externe Dienstleister ausgelagert wurde.

Die generierten 3D-Daten erlauben eine schnelle, vollständig digitale Operationsplanung vor dem eigentlichen Eingriff. Die eingesparte Zeit kommt nun dem Klinikbetrieb sowie einer besseren Versorgung der Patienten zugute.

Präzise Ermittlung von Schnittwinkel und -position

Von der Präzision und Vorbereitung anstehender Operationen profitiert vor allem die Gesichtschirurgie. Das Gesicht erfüllt nicht nur verschiedene lebenswichtige Funktionen – beispielsweise die Atmung und Nahrungsaufnahme –, sondern ist aufgrund der möglichen Darstellung von Emotionen auch eng mit der Identität des Menschen verknüpft. Muss wegen einer Tumorerkrankung oder eines Unfalls ein großer Teil des Kieferknochens und des Weichgewebes entfernt werden, erhält neben der funktionellen die ästhetische Rehabilitation umso mehr an Gewicht.

Zur Wiederherstellung des Ober- oder Unterkiefers können die Chirurgen auf ein sogenanntes mikrovaskuläres Fibulatransplantat zurückgreifen. Dazu wird der Kieferknochen durch Teile des körpereigenen Wadenbeins (Fibula) ersetzt. Die komplexe U-förmige Geometrie des Kiefers lässt sich durch eine Segmentierung des Transplantats in mehrere Längen und Winkel rekonstruieren. Abgesehen von den knöchernen Teilen der Fibula werden der Wade außerdem Haut und Muskeln – sogenannte Weichgewebeinseln – mit dem anzuschließenden Gefäß zur Versorgung des Transplantats entnommen. Die Weichgewebeinseln kommen ebenfalls zum Einsatz, um das durch die Resektion verlorene Gewebe des Gesichts bestmöglich zu rekonstruieren.

Der zu diesem Zweck benötigte Schnittwinkel und die Schnittposition zur Hebung des Transplantats werden in der digitalen OP-Planung präzise ermittelt. Der eigentliche Eingriff lässt sich auf diese Weise so schnell und effizient wie möglich durchführen, was die Erfolgschancen der Operation erhöht. Die Verwendung der Fibula als körpereigenes Transplantat eignet sich besonders gut

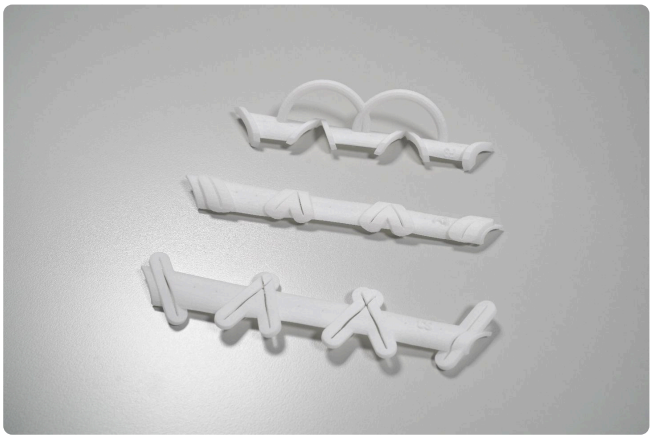
3D-Darstellung eines Patienten mit entzündetem Unterkiefer. Der betroffene Bereich wird vor der Rekonstruktion präzise mithilfe digital geplanter und 3D-gedruckter Resektionsschablonen entfernt. (Quelle: Inzipio)

für einen derartigen Eingriff. Der lange Röhrenknochen bietet genügend Material für eine flexible Segmentierung des erforderlichen Knochenmaterials und verfügt darüber hinaus über eine ausreichende Stabilität für die Wiederherstellung der Kieferfunktion. Patienten werden durch das fehlende Wadenbein nicht wesentlich eingeschränkt, denn das Schienbein kann die beim Gehen auftretende Last allein aufnehmen.

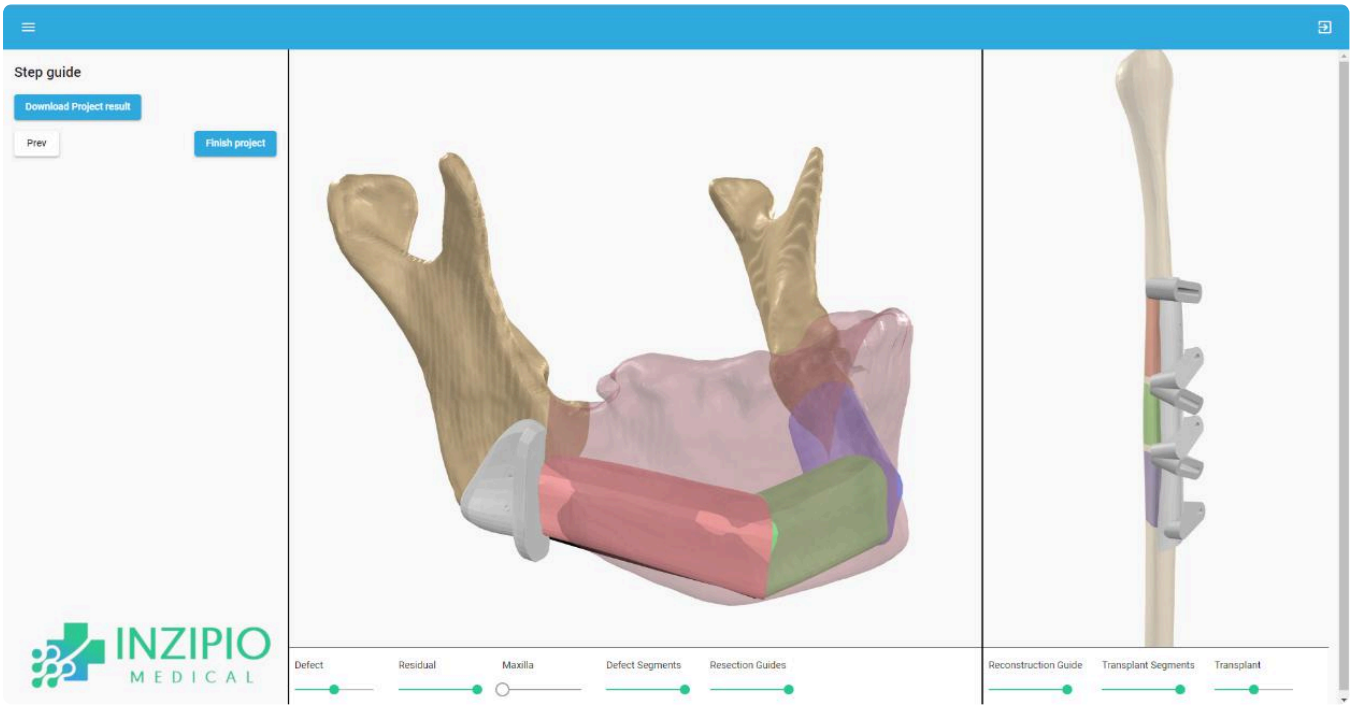
Additiv gefertigte Cutting Guides

Zur präzisen Übertragung der digitalen Planung auf den OP-Situs können von Inzipio patientenindividuelle Cutting Guides generiert werden. Diese kommen sowohl bei der Resektion des betroffenen Unterkieferanteils ebenso wie bei der Hebung des Fibulatransplantats zur Anwendung. Die von Inzipio digital geplanten Schnittschablonen können vor der Operation innerhalb von kurzer Zeit von Protiq im 3D-Druck hergestellt werden. Die Bauteile bestehen aus dem technischen Kunststoff PA12, sind sterilisierbar und erfüllen alle notwendigen Anforderungen der Medizinproduktklasse 1 für einen kurzzeitigen Wundkontakt. Diese Cutting Guides zeigen die genaue Position der zu setzenden Schnitte, die Länge der zu hebenden Transplantate und den benötigten Schnittwinkel an, damit sich die Kieferform wie geplant rekonstruieren lässt. Ein entsprechender Eingriff ohne diese Hilfsmittel – quasi „freihändig" – wäre prinzipiell auch möglich, beschränkt sich aber auf kleinere Defekte.

Bis zum erfolgreichen Einheilen der transplantierten Segmente werden diese mit einer Titanplatte verschraubt und so in Position gehalten. Dabei handelt es sich in der Regel um ein Standardprodukt, das anhand einer weiteren 3D-gedruckten Hilfsgeometrie in Form gebogen wird. Alternativ lassen sich mittlerweile ebenfalls direkt 3D-gedruckte Titanimplantate nutzen, die bereits digital auf den Patienten angepasst werden können.



Durch die Cutting Guides kann die individuelle digitale Planung möglichst präzise auf den OP-Situs übertragen werden. Die Schnittschablonen erlauben beispielsweise eine U-förmige Rekonstruktion des Unterkieferdefekts anhand geplanter Segmentlängen und -winkel. Durch Protiq 3D-gedruckte Cutting Guides aus PA12. (Quelle: Protiq)



Rekonstruktion des Unterkiefers durch segmentiertes mikrovaskuläres Fibulatransplantat. Aufgrund der Verwendung von digital geplanten und 3D-gedruckten Cutting Guides wird die Operationszeit reduziert und die Präzision gesteigert und damit ein gutes funktionelles und ästhetisches Ergebnis erzielt. (Quelle: Inzipio)

Fazit

Die Kombination einer digitalen OP-Planung mittels künstlicher Intelligenz durch Inzipio sowie der additiven Fertigung bei Protiq trägt zum Erfolg und der Qualität von rekonstruierenden Behandlungen bei. Knöcherne mikrovaskuläre Transplantate stellen den State-of-the-Art in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie dar, werden jedoch wegen der beschriebenen Komplexität erst durch die Einbeziehung dieser neuartigen Technologien möglich.

Weitere Informationen:
www.protiq.com

3D-Druck in der Orthopädieschuhtechnik

Die Maßanfertigung orthopädischer Schuhe nimmt normalerweise mehrere Wochen in Anspruch. Ein entscheidender Zeitfaktor hierbei ist die individuelle Herstellung der Leisten, die zur Fertigung der Schuhe verwendet werden.

Dieser langwierige Vorgang lässt sich durch die additive Fertigung deutlich verkürzen. Besonders im orthopädischen Bereich zahlt sich als weiterer Vorteil die optimierte Passgenauigkeit aus. Protiq nutzt als 3D-Druckverfahren zur Herstellung der widerstandsfähigen Kunststoffobjekte das selektive Lasersintern (SLS).

Der kostenlose Leistenkonfigurator ermöglicht das Erstellen von individuellen 3D-Leistenmodellen und integriert das Modellieren direkt in den Bestellprozess.