

«Das Fundament dieser Innovation»

Seit Jahrhunderten arbeiten Chirurgen mit denselben Knochensägen und -bohrern, die in vielen Fällen an die eines Schreiners erinnern. Die Advanced Osteotomy Tools AG in Basel hat sich zum Ziel gesetzt, stattdessen Knochen mit einem Laserstrahl zu schneiden. Das Verfahren hat viele Vorteile, wie der vorliegende Anwenderbericht verdeutlicht. Entwickelt und ständig verbessert wird der medizinische Laserroboter «Carlo» mit der 3D-CAD/CAM/CAE-Software «Creo» von PTC und mit Unterstützung durch Inneo.

Die AOT Advanced Osteotomy Tools AG wurde im Jahr 2010 in Basel gegründet, um die Idee von Firmengründer und Laserphysiker Alfredo Bruno umzusetzen. Gemeinsam mit Robotik-Experte Philippe Cattin und den beiden MKG-Chirurgen Hans-Florian Zeilhofer und Philipp Jürgens suchte er nach einem Weg, die althergebrachte Art der Knochenbearbeitung zu revolutionieren.

Mit Knochensägen und -bohrern lassen sich nur entweder gerade Schnitte oder runde Löcher erstellen, was in vielen Fällen dazu führt, dass mehr geschnitten werden muss, als eigentlich nötig wäre. Zudem tragen oszillierende Sägen und Bohrer viel Hitze ins Material ein. Diese Hitze und die mechanische Belastung beeinflussen die Knochenstruktur am Schnitt. Der ursprünglich poröse Knochen wird an den Schnittkanten geschlossen und nicht mehr richtig durchblutet, was die Heilung verzögert. Zudem entstehen viel Knochenstaub und -splitter, die mühsam entfernt werden müssen. Die genutzten Instrumente müssen sterilisiert werden, und oft sind komplexe Bohr- und Sägeschablonen anzufertigen.

Der von AOT entwickelte OP-Roboter Carlo (Cold Ablation Robot-guided Laser Osteotome) schneidet dagegen jede beliebige Form und bringt keine Hitze ins Gewebe ein. So sind beispielsweise puzzle- oder zinkenartige Schnitte möglich, die ein implantiertes Knochenstück mechanisch verankern. Das ermöglicht eine schnelle und komplikationsarme Heilung. Der Laser sitzt an der Spitze eines Industrieroboterarms und wird über eine 3D-Kamera, die sowohl den Laserkopf als auch Marker am Patienten verfolgt, sehr zielgenau positioniert und bewegt. Dabei folgt er autonom einem vom OP-Planer vorgegebenen Schneidpfad.

Der Laser erhitzt den Knochen punktuell und sprengt ihn an einem winzigen Punkt. Eine am Laserkopf angeord-

nete Düse sprüht einen Wassernebel genau auf diese Stelle und wäscht so die Splitter sofort weg. Der Hitzeeintrag ist dank des hochfokussierten Lasers extrem konzentriert, so dass sich das Gewebe um den Schnitt nicht erwärmt und sich am Ende aus vielen kleinen Punkten ein «kalter» Schnitt ergibt. So lassen sich patientenspezifische, saubere und minimalinvasive Schnitte setzen, die schnell wieder verheilen.

CEO Elmar Zurbruggen beschreibt die technischen Herausforderungen so: «Der komplette Laserkopf wiegt bei allem Leichtbau zwischen fünf und sechs Kilo. Der Roboterarm und das dahinter sitzende Gerät müssen diesen Kopf millimetergenau positionieren, ohne in Schwingungen zu geraten. Wenn beispielsweise ein Mitglied des OP-Teams gegen das Gerät stösst, darf der Laserstrahl nicht unkontrolliert weiterschneiden, sondern muss sofort ausschalten. Gleichzeitig muss das gesamte Gerät robust sein und sich einfach zwischen OP-Sälen transportieren lassen.»

Langjährige Entwicklungsarbeit

In den ersten zehn Jahren der Entwicklung, die über die Gründung des Unternehmens hinausreicht, stand Grundlagenarbeit im Mittelpunkt – am Laser, an der Robotik und an der Integration des gesamten Geräts inklusive der Bediensoftware. Schon die erste Version von Carlo wurde mit Creo entwickelt. Das System bewährte sich insbesondere, als das Design von Carlo überarbeitet wurde, wie sich Zurbruggen erinnert: «Man musste nicht alles neu modellieren, sondern es konnten viele Teile weiterverwendet und dank der eingebauten Parametrik einfach angepasst werden.»

Von 2016 bis 2021 dauerte die Zertifizierung, in deren Verlauf auch das äussere Design nochmals überarbeitet wurde. «Wir haben heute ein wesentlich eleganteres Gehäuse»,



«Carlo», der weltweit erste Roboter, der Knochen per Laser schneidet, wurde mit der 3D-CAD-Software «Creo» entworfen. (Bild: Dante Simonitto)

erläutert Zurbriggen, «bei dem beispielsweise die Griffe, mit denen Carlo bewegt wird, gleichzeitig als Bumper dienen, die das Gerät beim Anstossen schützen.» Aktuell arbeiten sechs Zentren der Gesichtschirurgie mit der ersten Seriengeneration von Carlo und sammeln positive Erfahrungen.

Chief Product Officer Tobias Wilken sagt: «Wie innovativ Carlo ist, zeigt sich an zwölf Patentfamilien mit über 30 Patenten, die für Komponenten und Funktionen des Geräts erteilt wurden. Das Fundament dieser Innovation ist unser CAD-System Creo, das wir von Beginn an nutzen. Es ermöglichte uns, die medizinische Zulassung, bei der Zeichnungen aller Bauteile gefordert werden, zügig abzuschliessen.» Wilken fügt an: «Creo ermöglichte es uns auch, das Design weiterzuentwickeln, beispielsweise durch die einfache Definition von Freiformflächen bei der Gestaltung der Aussenhaut des Gehäuses und des Laserkopfs. Im Kopf konnten wir Teile optimieren und im 3D-Druck herstellen, die zum Beispiel zusätzliche Kühlrippen an der Aussenseite besitzen und so zusätzliche Funktionen übernehmen. So konnten wir bei der zweiten Carlo-Generation das Gewicht des Laserkopfs signifikant reduzieren.»

Ausweitung des Einsatzgebiets

Aktuell arbeiten die AOT-Entwickler schon an der dritten Generation des Carlo-Systems, während die zweite Generation die Zulassungsphase durchläuft. Wilken verdeutlicht: «Wir sind weiter im Entwicklungsmodus. Wir lernen ständig dazu, vor allem bei der praktischen Nutzung der Systeme und der zunehmenden Ausweitung des Einsatzgebiets über

die Gesichtschirurgie hinaus. Und diese Erfahrung fliesst in die weitere Entwicklung ein.»

Für die eigentliche Zulassung sind CAD-Daten nicht direkt erforderlich, aber sehr nützlich für potenzielle Root-Cause-Analysen, die beim Auftreten eines Fehlers vorgeschrieben wären – was bisher allerdings nicht passiert ist. Wilken dazu: «In dieser Analyse würde genau hinterfragt, welche Bauteile am Auftreten der Fehlfunktion beteiligt waren, und da wird das 3D-CAD-Modell sehr beim Verständnis der Abläufe helfen, die zum Fehler geführt hätten.»

Inneo beliefert AOT nicht nur mit der CAD-Software und der dazugehörigen Hardware, sondern auch mit «NeoSpace», einer AR-Anwendung, die im Marketing gute Dienste leistet. Marketing-Manager Sebastian Fischer erläutert: «Mit NeoSpace lassen sich CAD-Daten per Knopfdruck in der Grösse reduzieren und für eine Augmented-Reality-Anwendung aufbereiten. So konnten wir schon auf Messen, auf denen wir Carlo nicht live präsentieren konnten, das Gerät virtuell zeigen.» Die CAD-Daten des Systems wurden auch für 3D-Renderings genutzt, die auf der AOT-Website zu sehen sind, ebenso für eindrucksvolle Animationsfilme.

«Mit Carlo revolutionieren wir die Knochenchirurgie», schliesst Zurbriggen. «Statt mit mechanischen Geräten am Knochen zu arbeiten, kann der Operationsplaner auf Basis eines 3D-Modells des Patienten, das mithilfe der Computertomografie gewonnen wurde, jeden einzelnen Schnitt genau planen, lange bevor der Patient in den OP geschoben

wird. Carlo arbeitet dann die gewünschten Schnitte exakt, sauber und eigenständig ab. Der Operateur hat mehr Sicherheit, der Patient – und auch das Krankenhaus – profitiert von der kürzeren Heilungsphase, und nicht zuletzt wird der Operateur nicht mehr vom Werkzeug in seiner Arbeit beschränkt.» Wilken fügt an: «Mit Creo haben wir das richtige Werkzeug, die Vision unseres Firmengründers Dr. Alfredo Bruno in die Realität umzusetzen, und Inneo stellt sicher, dass wir auf diesem Weg zügig vorankommen.» (jvo) ■

Advanced Osteotomy Tools AG

4051 Basel, Tel. 061 201 10 10

info@aot.swiss

Parametric Technology GmbH

8004 Zürich, Tel. 044 824 34 34

information@ptc.com

INNEO Solutions GmbH

8306 Brüttisellen, Tel. 044 805 1010

inneo@inneo.ch