

**Autor**  
Wissenschaftler  
**Status**  
Aktuell  
**Kategorie**  
Verfahrensbeschreibung

# Dreidimensionale Bildgebung mit dem GALILEOS-System

## Integriertes Konzept für Diagnose, Implantatplanung und -umsetzung

Dr. Jörg Neugebauer, Dr. Lutz Ritter, Prof. Dr. Dr. Joachim E. Zöller

**Die Anforderungen an die prothetische Rehabilitation sind in den vergangenen Jahren gestiegen. Um Implantate weitestgehend unter prothetischen Gesichtspunkten inserieren zu können, ist eine genaue Kenntnis der anatomischen Strukturen unerlässlich. Heute ermöglichen verschiedene Geräte, die hauptsächlich in radiologischen Zentren zum Einsatz kommen, eine dreidimensionale Diagnostik. Auf Basis dieser Planungsdaten ist der Zahntechniker in der Lage, die Implantatplanung vorzubereiten. Die Anwendung computerunterstützter hergestellter Bohrschablonen vereinfacht die Implantattherapie und erhöht die Sicherheit während der Behandlung. Sirona Dental Systems bietet anstelle dieses aufwändigen Verfahrens ein integriertes System, das alle diese Schritte – die dreidimensionale Bildgebung, die Implantatplanung und -umsetzung – direkt in der Zahnarztpraxis ermöglicht.**

Neben der klassischen Computertomografie (CT) steht seit einigen Jahren das Cone-Beam-Verfahren zur Verfügung. Diese Technik zeichnet sich neben der kompakteren Bauweise vor allem durch eine geringe Strahlendosis im Vergleich zur CT aus. Anstelle des kontinuierlichen Strahlenbündels der CT wird beim Cone-Beam-Verfahren ein kegelförmiger Strahl eingesetzt, um eine Serie von Einzelaufnahmen mit einem flächigen Detektor anzufertigen. Es gibt unterschiedliche Systeme, die in Gruppen eingeteilt werden können: Die Bildverstärkertechnologie zeichnet sich durch eine hohe Strahleneffizienz und damit geringe Strahlenbelastung für den Patienten aus. Sie hat sich seit vielen Jahren besonders in Geräten, die in der Allgemeinmedizin zum Einsatz kommen, klinisch bewährt und ist technisch ausgereift. Die Flat-

panel-Technologie benötigt eine höhere Strahlendosis als die Bildverstärkertechnologie, ist vor allem bei größeren Flatpanels im Gegensatz zur Bildverstärkertechnologie sensibel und die Geräte benötigen eine Aufwärmphase von bis zu einer Stunde.

Ferner unterscheiden sich die Geräte in der Darstellung der Bilddaten. Die meisten Systeme geben die 3D-Information als DICOM-Daten wieder, die in spezielle Anwendungsprogramme geladen werden müssen. Für eine effiziente Diagnostik ist es daher wichtig, dass die Befunde in einer gewohnten Panoramaansicht automatisch dargestellt werden, damit die Daten nicht erst zeitaufwendig optimiert werden müssen.

Das mit der Cone-Beam-Technik arbeitende 3D-Röntgensystem GALILEOS (Sirona Dental Systems, D-Bensheim) wurde speziell für die Anforderungen der zahnärztlichen Diagnostik entwickelt. Das Gerät verfügt über ein Aufnahmevolumen von 15x15x15 Kubikzentimetern und erfasst die gesamte für die implantologische Diagnostik und Planung relevante Anatomie des Gesichtsschädels.

Anders als bei der CT oder bei Geräten mit einem kleinen Aufnahmevolumen sind mit GALILEOS keine Vorscans notwendig. Der Patient wird ausschließlich an der Midsagittalen ausgerichtet. Im Falle einer präimplantologischen Planung kann vor dem Scan eine Wachsaufstellung angefertigt werden, die der Zahntechniker mit Bariumsulfat dotiertem Kunststoff in eine Röntgenschablone umsetzt. Damit es möglich ist, die Daten aus der klinischen Situation in die Planungssoftware zu übertragen, enthält der Prothetikvorschlag eine Referenzplatte mit Markerkugeln. Diese Kugeln dienen bei der Rekonstruktion des dreidimensionalen Datensatzes als Referenz für die tatsächliche Position im Raum. Später bildet die

Röntgenschablone die Basis für die CAD/CAM-gefertigte Bohrschablone.

## Einfache Bedienung

Der Scan des gesamten Gesichtsschädels dauert nur 14 Sekunden und wird aus 200 Einzelaufnahmen generiert. Für die Routinediagnostik erzeugt GALILEOS aus diesen Einzelaufnahmen einen Datensatz mit einer Voxelgröße von 0,3 Millimetern. Anschließend werden die 3D-Daten innerhalb von 4,5 Minuten rekonstruiert. Die Aufnahme erscheint nach insgesamt sieben Minuten auf dem Bildschirm. Das System ist in der Lage, mit nur einem Scan das gesamte Volumen des Gesichtsschädels dreidimensional abzubilden. Leichte bis mittlere Positionierungsfehler wirken sich kaum negativ aus, da die Schichtlage nachträglich in der Software intuitiv angepasst werden kann. Deshalb ist die Rate der Aufnahmen ohne diagnostische Aussagekraft um den Faktor drei geringer als bei klassischen Aufnahmen.

Die integrierte Diagnose-Software GALAXIS stellt den dreidimensionalen Datensatz zunächst in einer Panoramaansicht dar. Auf diese Weise bietet das System dem Behandler einen Überblick, den er aus seiner Erfahrung mit Röntgensystemen gewöhnt ist. Innerhalb dieser Ansicht ist es möglich, sich mit einem beweglichen Fenster intuitiv und in Echtzeit jede beliebige Schicht im Volumendatensatz anzeigen zu lassen. Übersicht und 3D-Ansicht sind auf einen Blick verfügbar. Zusätzlich lassen sich die in der Radiologie üblichen Ansichten aufrufen.

## Integrierte Implantatplanung

Zur Implantatplanung steht die in GALAXIS integrierte Applikation GALILEOS Implant zur Verfügung, ohne dass der Behandler die Software wechseln muss. Es ist also möglich, die Befundung und Therapieplanung auf derselben Benutzeroberfläche vorzunehmen. Weitere Vorbereitungen wie die umfangreiche Segmentierung oder ein Datenex- und -import

sind nicht notwendig. Mit Hilfe von GALILEOS Implant lassen sich Implantate virtuell in den dreidimensionalen Datensatz einfügen und positionieren. Es ist möglich, aus einer Datenbank, die Modelle der gängigen Implantathersteller, über einen einfachen Dialog auszuwählen. Anschließend lässt sich die Lokalisation im Zahnschema bestimmen.

Das System zeigt das entsprechende Implantat in jeder gewünschten Darstellung an. Insbesondere die spezielle Implantatansicht hat sich in der klinischen Praxis bewährt: Der Anwender kann den gesamten Datensatz so um das Implantat als Mittelpunkt drehen, dass er das Knochenangebot und die Sicherheitsabstände zu anatomischen Strukturen exakt beurteilen kann. Diese Darstellung gibt dem Behandler darüber hinaus Aufschluss darüber, wie er die prothetische Einschubrichtung der Gesamtkonstruktion wählen muss.

Nach der Positionierung der Implantate lässt sich der 3D-Datensatz zusammen mit der Planung auf einem Datenträger abspeichern. Diese Daten bilden zusammen mit den Modellen und Röntgenschablonen die Basis für die CAD/CAM-Bohrschablone. Die zentrale Fertigung bei siCAT, D-Bonn, einem Tochterunternehmen von Sirona Dental Systems, überprüft zunächst die Qualität von Röntgenaufnahme und Schablone. Danach wird die Schablone referenziert und in einer CAD/CAM-gesteuerten Fünf-Achsen-Fräsmaschine exakt gebohrt. Die Implantatachsen der Bohrschablone sind auf Basis der 3D-Planungsdaten exakt definiert.

## Klinische Anwendung

Ein 52-jähriger Patient wurde in unserer Klinik vorstellig, weil sich ein herausnehmbarer Zahnersatz nicht mehr an den beiden unteren Eckzähnen verankern ließ (Abb 1). Um das Implantatlager zu bestimmen und den operativen Aufwand abzuschätzen, wurde eine Röntgenschablone mit Verankerung an den noch vorhandenen Unterkiefer Eckzähnen ange-



Abb. 1: Zustand nach Verlust der Unterkieferbeziehung mit nicht erhaltungswürdigen Eckzähnen.

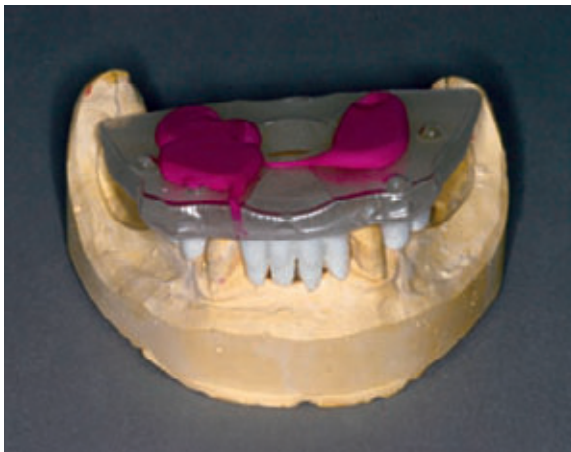


Abb. 2: Herstellung der Röntgenschablone im Unterkiefer mit GALILEOS-Referenz. Lagesicherung der Oberkiefer-Röntgenschablone mit Hilfe von Bissregistrierungsmaterial.



Abb. 3: Vorbereitung der DVT-Aufnahme zur Abschätzung der Implantationsmöglichkeit im Unter- und Oberkiefer.

fertigt (Abb 2). Es ist wichtig, den Prothetikkvorschlag lagestabil und reproduzierbar im Mund des Patienten zu platzieren. Zur Lagesicherung der Oberkiefer-Röntgenschablone wurde diese vor der DVT-Aufnahme im Patientenmund mit Bissregistrierungsmaterial verschlüsselt (Abb 3). Die mit GALILEOS angefertigte DVT-Aufnahme zeigte, dass ein ausreichendes Knochenangebot im anterioren Unterkiefer für eine Sofortversorgung zur Verfügung stand.

Nach Scannen des Gesichtsschädels wurden die Bilddaten in die integrierte Planungssoftware GALILEOS Implant geladen und die virtuelle Implan-

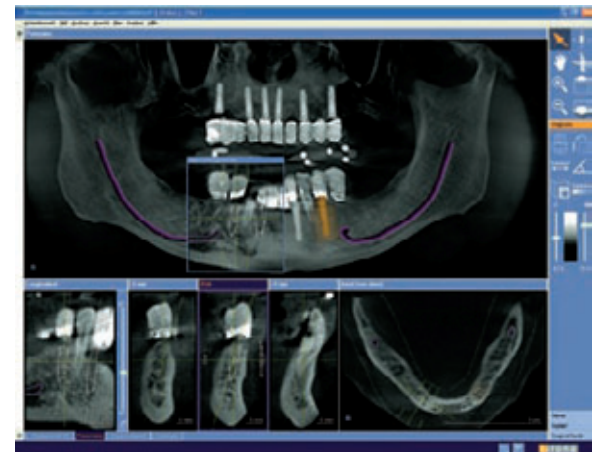


Abb. 4: Planung der Implantatversorgung im Ober- und Unterkiefer mit Darstellung des Nerv-Verlaufs und einblendeten Sicherheitszylinder.



Abb. 5: Fixierung der GALILEOS-Implantschablone an der Restbeziehung.

tatplanung vorgenommen (Abb. 4 und 5). Auf Basis der Röntgenschablone und der virtuellen Planungsdaten ließen wir eine CAD/CAM-Bohrschablone fertigen und setzten mit ihrer Hilfe die Implantate (Abb.



Abb. 6: Pilotbohrung für anteriore Implantatinsertion im Unterkiefer.

weise Nachbarzähne oder Nerven zu verletzen. Augmentationsbedarf kann frühzeitig geklärt werden. Die Nutzung der 3D-Röntgenaufnahmen ermöglicht eine detaillierte Planung unter anatomischen und prothe-



Abb. 8: Abdrucknahme im direkten Anschluss an die Implantatinsertion.

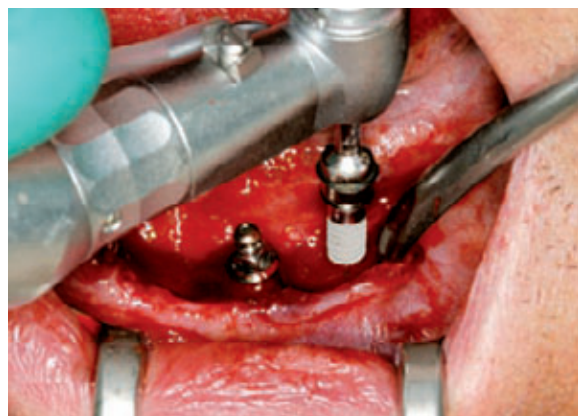


Abb. 7: Implantatinsertion nach Extraktion der Unterkiefereckzähne.



Abb. 9: Postoperative Kontrolle und Eingliederung der Stegversorgung zur Sofortbelastung.

6 und 7). Die genaue Positionierung der Implantate ermöglichte eine zeitnahe Herstellung von zwei Stegen, die durch die Prothese und eine weichbleibende Unterfütterung stabilisiert wurden (Abb. 8 und 9).

## Fazit

Die 3D-Bildgebung versetzt den Behandler in die Lage, die Position anatomischer Strukturen präzise zu bestimmen. Dadurch nimmt das Risiko ab, beispiels-

tischen Gesichtspunkten – insbesondere, wenn eine vorbereitete radioopake, prothetisch orientierte Schablone verwendet wurde. Zwar fällt der zahn-technische Aufwand vor der Operation höher aus als beim konventionellen Vorgehen, steht aber in keinem Verhältnis zu den Komplikationen und den Folgekosten bei prothetisch ungünstig gesetzten Implantaten. Auch die Herstellung der späteren prothetischen Versorgungen erfolgt effizienter, da der Prothetiker nur äußerst selten auf individuelle Aufbauten zurück-

greifen muss. Besonders größere Rekonstruktionen lassen sich deutlich wirtschaftlicher erbringen, da komplizierte Mesostrukturen oder mehrfache zahntechnische Anproben nicht notwendig sind. ■

### Dr. Jörg Neugebauer

■ 1984 bis 1989 Studium der Zahnheilkunde, Universität Heidelberg ■ 1990 bis 2001 Tätigkeit in der Dentalindustrie im Bereich wissenschaftliche Fortbildung und Forschung. Zuletzt Leiter Produktentwicklung ■ 2001 bis 2004 Weiterbildung zum Fachzahnarzt für Oralchirurgie ■ seit 2005 Oberarzt an der Interdisziplinären Poliklinik für Orale Chirurgie und Implantologie, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Universität zu Köln, Direktor: Univ.-Professor Dr. Dr. J. E. Zöller ■ zahlreiche Publikationen und Vorträge zu den Themen Sofortbelastung, Implantatoberflächen, Implantatplanung und Periimplantitistherapie



### Univ.-Prof. Dr. Dr. Joachim E. Zöller

■ Medizinstudium, Universität Heidelberg ■ Zahnmedizinstudium, Universität Mainz ■ Weiterbildung zum Facharzt der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universität Heidelberg ■ spezielle Weiterbildung in plastischer Chirurgie ■ Habilitation (Priv.-Doz.) in Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ■ Stellvertre-



tender Medizinischer Direktor der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Univ. Heidelberg ■ Direktor Zahnärztliche Chirurgie und Plastische Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Univ. Köln ■ Hauptarbeitsgebiete: Implantologie, Techniken zur Kieferkamm-Distraktion, Chemo-Prävention, ästhetische und funktionelle operative Rekonstruktionsmöglichkeiten, computergestützte Chirurgie ■ über 312 Publikationen und Vorträge

### Dr. Lutz Ritter

■ 1997 bis 2003 Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München und an der Universität zu Köln ■ seit 2003 Studium der Zahnmedizin an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn ■ 2000 bis 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Surgical Systems Laboratory unter Leitung von Dr. Keeve am Forschungszentrum caesar – zuständig für medizinische Anforderungen bei der Entwicklung der Software-Plattform Julius ■ seit 2002 zuständig für das Requirement Engineering bei der Entwicklung des ersten GALILEOS-Prototypen ■ seit 2004 zuständig für die Betreuung der klinischen Studien zum Thema GALILEOS an der Universität zu Köln ■ Autor von über 30 nationalen und internationalen Publikationen



## Kontakt

joerg.neugebauer@uk-koeln.de