



Doctoral Thesis

## Dynamic stereometry of the temporomandibular joint from 3D imaging and tracking data

**Author(s):**

Krebs, Martin

**Publication Date:**

1997

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001760997> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 11 976

# Dynamic Stereometry of the Temporomandibular Joint from 3D Imaging and Tracking Data

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of  
Doctor of Technical Sciences

presented by

Martin Krebs

dipl. Informatik-Ing. ETH  
born on July 19th, 1964  
citizen of Winterthur (ZH)

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. P. Niederer, examiner  
Prof. Dr. G. Schweitzer, co-examiner  
Prof. Dr. S. Palla, co-examiner



1997

## **Abstract**

### *Dynamic Stereometry of the Temporomandibular Joint from 3D Imaging and Tracking Data:*

In the past, the kinematics of the temporomandibular joint (TMJ) has been studied extensively by means of jaw tracking devices, fluoroscopy or magnetic resonance (MR) imaging. In case of an abnormal condylar path it can be very difficult to diagnose whether this is caused by impaired articulating surfaces or, for instance, by irregular movements caused by the disc. Moreover, a single condylar point does not allow to deduce the spatial movement of the whole condyle. Thus, a method was developed that combines static MR tomograms and recorded data from motions with six degrees of freedom in order to obtain a three-dimensional and dynamic description of the articulating bony surfaces of condyle and fossa. MR images were used to reconstruct three-dimensionally the osseous joint components. Mandibular movements were recorded with an opto-electronic tracking device consisting of three one-dimensional cameras. These determine the spatial position of six light emitting diodes (LEDs) fixed at the vertices of two triangular target frames rigidly connected to the maxillary and mandibular teeth. The actual joint motion then corresponds to the movement of the lower target frame relative to the upper one. The combination of structural and movement data was achieved by means of a reference device that could be localized in MR tomograms as well as with the motion tracking system. The osseous joint components were visualized on a graphics workstation and the condyle was animated in real-time. In order to investigate the relative movement of condyle and fossa, the distance between the articulating bony surfaces was measured for all condylar points and all steps of the motion. It was then visualized by appropriate shading of the condyle with pseudo colors from a lookup table. A mechanical joint simulator was used to estimate the accuracy of the TMJ animation and to assess the

clinical relevance of the method. This allowed to compare the reconstructed condylar position and angulation with its true location calculated from the known geometry of the simulator. In two studies, the joint kinematics during physiological and functional movements was analyzed and joint loading during mastication was estimated qualitatively. For masticatory movements, significant differences were found between the opening and closing phase and between the working and balancing side. Some possible extensions of the method, such as the online animation, the simultaneous animation of both joints as well as the animation of a finger joint, were realized in a straightforward way.

## **Zusammenfassung**

### *Dynamische Stereometrie des Kiefergelenks aus 3D Bild- und Bewegungsdaten:*

Bisher wurde die Kinematik des Kiefergelenks zur Hauptsache mit Hilfe von Tracking-Systemen, Fluoroskopie oder Magnetresonanz (MR) Tomographie untersucht. Bei einer gestörten Condylusbahn kann es sehr schwierig sein zu entscheiden, ob dies eine Folge von Defekten der artikulierenden Oberflächen oder zum Beispiel einer durch den Diskus verursachten fehlerhaften Bewegung ist. Zudem ist es nicht möglich, aus der Bahn eines einzelnen Condyluspunktes Rückschlüsse auf die räumliche Bewegung des gesamten Condylus zu ziehen. Aus diesem Grund wurde ein Verfahren entwickelt, das MR Tomogramme und Bewegungsdaten aller sechs Freiheitsgrade miteinander kombiniert, um so eine dreidimensionale und dynamische Beschreibung der artikulierenden Gelenkflächen von Condylus und Fossa zu erzeugen. Die MR Bilder ermöglichten eine dreidimensionale Rekonstruktion der knöchernen Gelenkteile. Unterkieferbewegungen wurden mit einem opto-elektronischen System aufgezeichnet, das aus drei eindimensionalen Kameras besteht. Diese bestimmen die räumliche Lage von sechs Leuchtdioden (LEDs), von denen je drei auf einem dreieckigen Träger montiert sind, der starr mit den Zähnen des Ober- bzw. Unterkiefers verbunden ist. Die eigentliche Gelenkbewegung entspricht der Relativbewegung dieser beiden Dreiecke. Die Kombination der Form- und Bewegungsdaten wurde mit Hilfe eines Referenzsystems ermöglicht, das sowohl auf den MR Tomogrammen als auch mit dem Trackingsystem lokalisierbar war. Die artikulierenden Gelenkflächen wurden auf einem Grafikcomputer dargestellt und der Condylus in Echtzeit animiert. Um die Relativbewegung von Condylus und Fossa zu untersuchen, wurde der Abstand zwischen den artikulierenden Flächen für jeden Zeitschritt gemessen und durch geeignete Schattierung des Condylus mit Pseudofarben visualisiert. Ein me-

chanischer Gelenksimulator wurde verwendet, um die Genauigkeit der Gelenkanimation und damit die klinische Relevanz der Methode zu bestimmen. Dieser Simulator erlaubte es, die rekonstruierte Condylusposition mit der exakten Lage, die sich aus der bekannten Geometrie des Simulators berechnen liess, zu vergleichen. In zwei Studien wurde die Gelenkkinematik während physiologischen und funktionellen Bewegungen untersucht und die Gelenkbelastung während des Kauens qualitativ abgeschätzt. Dabei konnten für Kaubewegungen signifikante Unterschiede zwischen Öffnungs- und Schliessphase sowie zwischen Arbeits- und Balanceseite gefunden werden. Mögliche Erweiterungen der Methode, so die Online-Animation, die gleichzeitige Animation beider Gelenke oder die Animation eines Fingergelenks wurden zu Demonstrationszwecken auf einfache Weise realisiert.