

Autor
Wissenschaftler
Status
Innovativ
Kategorie
Untersuchung

Opto-elektronische Vermessung und 3D-Rekonstruktion ermöglichen Analyse der Nahrungsaufnahme

Dr. Olaf Winzen
Dr. Ottmar Kullmer

In der Anthropologie/Zahnmedizin werden seit langer Zeit statische Analysen natürlicher Zähne durchgeführt, um die Nahrungsaufnahme, Nahrungszerkleinerung und die Art der Nahrung zu bestimmen (Bild 1). In der Forschungsgruppe „Zahn“ im Forschungsinstitut Senckenberg wird im Rahmen der paläontologischen Forschung neben der Erforschung der Zahnoberfläche und deren lebenslange Veränderung durch Nahrungsaufnahme auch die Korrelation zwischen Kiefergelenkbewegung und natürlicher Zahnoberfläche untersucht.

Um eine möglichst optimale Verdauung zu ermöglichen, muss die Nahrung ausreichend mechanisch aufgeschlüsselt werden (Lucas & Luke 1984). Bei historischen Bevölkerungen waren vorwiegend

Getreide und andere harte pflanzliche Substrate Nahrungsgrundlage (Maier 1984, Rozzi, Walker & Bromage 1999).

Durch Vergleiche der Bezahnung heutiger Menschen mit historischen Populationen aus der ganzen Welt sollen Aussagen über die Auswirkungen verschiedener Ernährungsstrategien getroffen werden. Außerdem sollen die Analysen der Bewegungsmöglichkeiten der Kiefergelenke zeigen, ob eine Korrelation zwischen der Unterkieferbewegung und der sich verändernden Zahnoberfläche besteht oder ob diese Veränderungen ausschliesslich auf die Art der Substratzufuhr zurückzuführen ist.

Die Untersuchungen sind in zwei Teile gegliedert. Als Basis für diese Untersuchung dienen Zahnabgüsse von Probanden und ausgewählte rezente Schädel. Diese werden durch den 3D-Scanner „Opto-top“ als hochauflösende dreidimensionale Computermodelle rekonstruiert (Bild 2) und auf den Zähnen erkennbare Strukturen vermessen (z. B. Kaufacetten/Abkau-



Bild 1: Zahnanalyse (Quelle: Stefanie Müller)

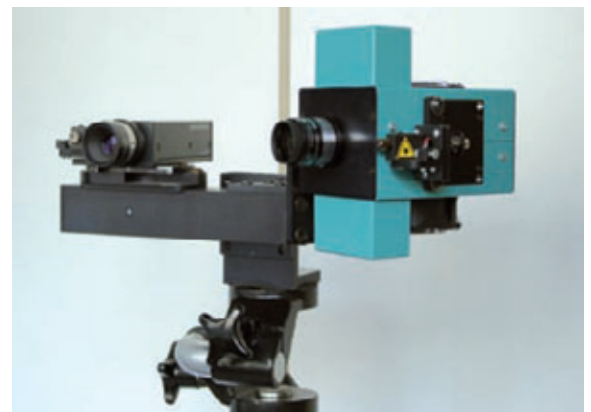


Bild 2: Opto-top 3D-Scanner

muster/Schliffacetten) (Bild 3) (Kullmer et al. 2002). Anschließend werden die gefundenen Strukturen auf ihre Korrelation zu bestimmten Bewegungen wäh-

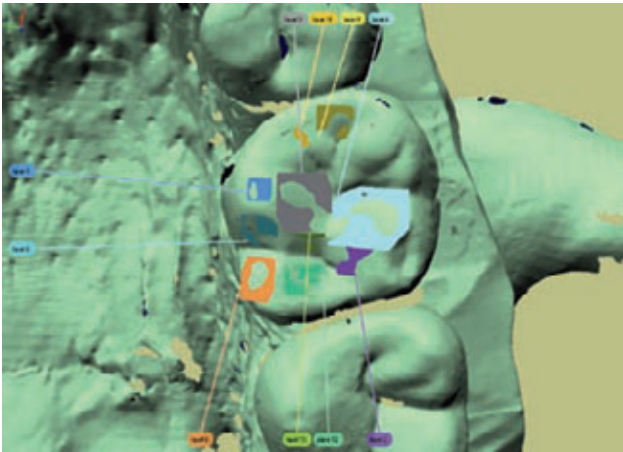


Bild 3: Computermodell mit Kaufacetten

rend des Kauvorgangs analysiert. Hierzu werden die Modelle der Patienten, rezente Schädel und virtuelle Modelle einer Bezugsebene, hier der Frankfurter Horizontale, zugeordnet (Bild 4). Es besteht die Voraussetzung, dass die Bewegungen ebenfalls dreidimensional und am Patienten berührungslos aufgezeichnet werden. Diese Bedingungen werden von dem sogenannten Condylcomp erfüllt (Winzen, O. & Christians, G. 1996).

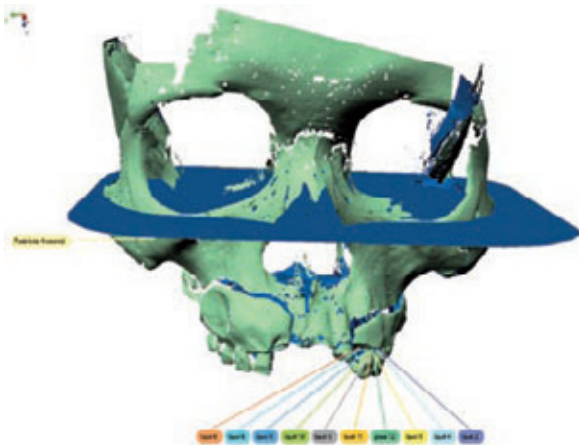


Bild 4: Bezugsebene am virtuellen Modell

Der Condylcomp® (Dentron, Höchberg) ist ein berührungsloses opto-elektronisches Registersystem zur Diagnostik von Unterkieferbewegungen in der Funktionsanalyse bei Kiefergelenkbehandlungen (Bild 5). Das Registersystem zeichnet Unterkieferbewegungen gelenknah berührungslos in Raum und Zeit dreidimensional (frontal/sagittal/horizontal) auf. Aufgrund des nutzbaren Algorithmus zur Bestimmung

der Position einzelner Zähne oder der Breite des Unterkiefers und seiner Genauigkeit von 0,01 mm ist das System auch zur Bestimmung der Korrelation zwischen Kiefergelenkbewegung und der Richtung und Neigung einzelner Facetten oder okklusionstragender Elemente nutzbar.



Bild 5: Condylcomp am Proband

Gesunde Freiwillige, die keine Restaurationen oder sonstige Veränderungen an den okklusionstragenden Elementen der Zähne aufweisen, stellen die Probanden für den ersten Teil der Untersuchung dar. Sie werden gebeten zu kauen, wobei die Unterkieferbewegung aufgezeichnet wird. Zu Beginn führen die Personen die Protrusion, Laterotrusion und Mediotrusion aus. Diese Daten werden zur Bestimmung des maximalen Freiraums der Unterkieferbewegung, auch für die Arbeitsseite, benötigt. Die für den Kauvorgang essentiellen, im funktionellen Nahbereich stattfindenden Bewegungen werden bei einem normalen Zerkleinerungsvorgang (Bild 6) aufgezeichnet.



Bild 6: Zerkleinerungsvorgang harter Substrate

Hierfür werden Materialien mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften (z. B. Banane und harte Apfelschalen) gekaut, um die für einzelne Kauvorgänge relevanten Facetten (wear facets) zu identifizieren. Bei diesen Kauvorgängen entstehen durch das extrem präzise Zusammenspiel antagonistischer Zähne typische Abnutzungsspuren (dental microwear) auf den Zahnkontaktflächen (Bild 7). Anschließend wird

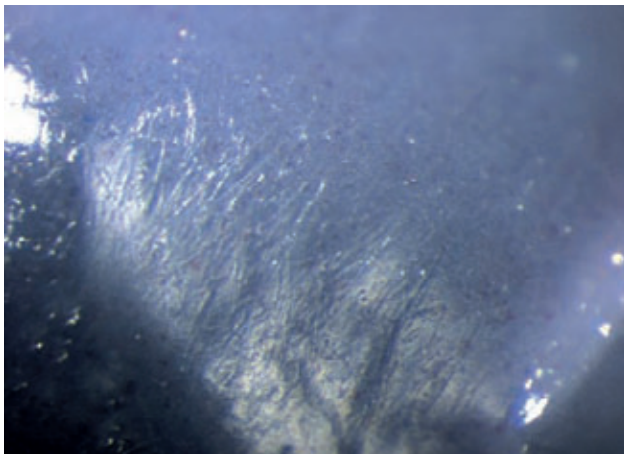


Bild 7: Dental microwear bei 80-facher Vergrößerung

eine Abformung von OK/UK des Probanden erstellt. Diese wird mit einem hochauflösenden Spezialgips ausgegossen und dreidimensional digitalisiert. Auf dem rekonstruierten 3D-Modell werden die verschiedenen kaumechanisch relevanten Strukturen vermessen und die Winkelwerte der Flächen der Abkaumuster (Bild 8) mit den 3D-Bewegungsdaten der Kaubewegung verglichen (Bild 13). Somit sind Aussagen über die Variabilität und den Zusammenhang zwischen Kiefergelenkbewegung und funktioneller Zahnoberfläche möglich.

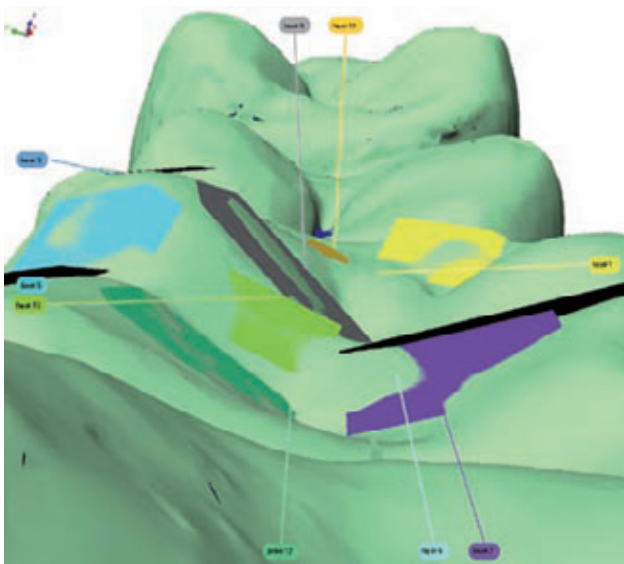


Bild 8: 3D-Modell mit Winkelwerten der Flächen der Abkaumuster

Im zweiten Teil der Untersuchung sollen rezente Schädel mit der gleichen Methodik untersucht werden. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, müs-



Bild 9: Repositionierung der Zähne mit Fixationssilikon, das mit Glaskügelchen versetzt ist

sen vorher die Hartgewebe zur Registrierung vorbereitet werden. Hierzu müssen die gelockerten Zähne neu positioniert, befestigt und die zentrale Relation von Kiefergelenken und die Zentrik zwischen den Zähnen bestimmt werden. Durch den Verlust des Weichgewebes und das Austrocknen des Knochens sind die Zähne in einem Schädel nicht mehr in ihrer natürlichen Position. Für rezente Schädel schlagen wir die Repositionierung der Zähne vor (Bild 9). Der natürliche Abstand zwischen Gelenkpfanne und Condylus wird mit Abformmaterial rekonstruiert, die in einer Stärke von 1,5 bis 2 mm die durchschnittliche Dicke der Gelenkkapsel und des Discus repräsentiert (Bumann & Lotzmann 2000). Die Zähne werden nach Hydratisierung vorsichtig aus dem Schädel gelöst; beim Wiedereinsetzen wird ein Fixationssilikon, das mit Glaskügelchen (Durchmesser 50 µm) durchsetzt ist, als dünne Schicht zwischen Zahn und Knochen eingebracht. Durch die Glaskugeln ergibt sich ein gleichmäßiger Abstand (Carranza & Ubios 1996). Die digitale Radiographie ermöglicht eine Prüfung der Abstände (Bild 10), sodass möglichst genau die Position der Zahnwurzeln im Kiefer eines lebenden Menschen simuliert wird. Sind die Zähne befestigt, wird die Position fixiert, wobei die natürliche

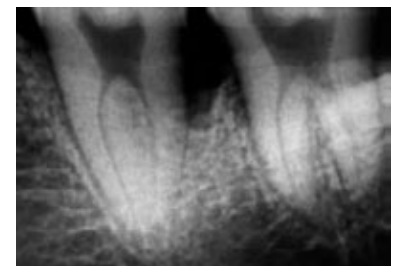


Bild 10: Röntgenkontrollaufnahme nach Fixation

Zahnbeweglichkeit durch die Verwendung eines Biss-silikons gewährleistet bleibt.

Zur Registrierung der Bewegungsbahnen wird der rezente Schädel in einen modifizierten Condylomptisch (Bild 11) eingebaut, wodurch eine Simulation der Unterkiefergrenzbewegung durch Verschiebung des Unterkiefers per Hand ermöglicht wird



Bild 11: Modifizierter Condylomptisch

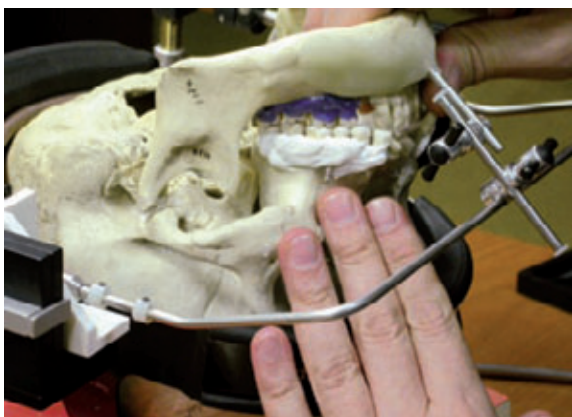


Bild 12: Manuelles Verschieben des Unterkiefers



Bild 13: 3D-Analyse der Unterkieferbewegung

(Bild 12). Hierbei sind zahngeführte Bewegungen über jeden einzelnen Zahn und ungeführte Bewegungen ohne Zahnkontakt möglich. Die zahngeführten Bewegungen lassen so auch die Analyse der möglichen Bewegungen (Bild 13) über die Abkaumuster zu.

Die Erkenntnisse aus den Untersuchungen beider Untersuchungsgruppen werden durch die 3D-Analysen der Zähne erweitert. Die Interpretation der Abkaumuster (Bild 14) in Korrelation zu den zugehörigen Kiefergelenkbewegungen als Grenzbewegungen oder Kaubewegungen ermöglichen eine Analyse der mechanischen Nahrungszerkleinerung.

Zahlreiche Patienten weisen aufgrund von Zahnfehlstellung oder unzureichende Rekonstruktion der Zahnoberfläche eine entscheidend negative Beeinflussung des Kauvorgangs auf. Auch diese Fälle fließen in die Untersuchungen ein, um eine noch bessere Interpretation der natürlichen Zahnmerkmale durchführen zu können.

Durch das Verständnis der Funktionalität der Zähne und des Kauvorgangs wird die Interpretation der Nahrungsaufnahme unserer Vorfahren genauso möglich, wie grundlegende Aussagen über die Rekonstruktion natur- und funktionsgerechter Zahnoberflächen.

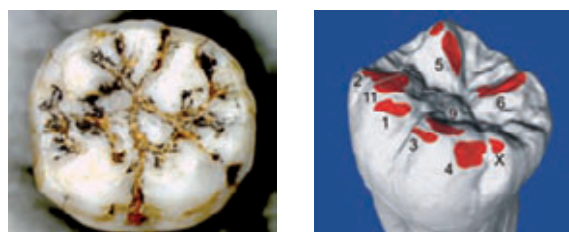


Bild 14: 3D-Rekonstruktion eines Zahnes mit Flächen des Abkaumusters

Literatur

A. Bumann & U. Lotzmann (2000). Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien, S. 23. In: Raetschak, K. H. & Wolf, H. E., Farbatlant der Zahnmedizin 12, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2000.

F. A. Carranza Jr. & A. M. Ubios (1996). The Tooth-supporting structures, In: Carranza, F. A. Jr.

and Newman, M. G., *Clinical Parodontology*, p. 35. W. B. Saunders Company, 1996.

O. Kullmer, M. Huck, K. Engel, F. Schrenk & T. G. Bromage: Hominid Tooth Pattern Database (HOTPAD) based on optical 3D topometry. In: *Three-Dimensional Imaging in Paleoanthropology and Prehistoric Archaeology*, Acts of the XIVth UISPP Congress, University of Liège, Belgium, 2-8 September 2001, Colloque, Symposium 1.7 eds. Bertrand Mafart & Hervé Delingette, BAR International Series 1049, 71-82.

P. W. Lucas & D. A. Luke (1984). Chewing it over: Basic principles in food breakdown. In: D. J. Chivers, B. A. Wood & A. Blisborough, Eds., *Food Acquisition and Processing in Primates*, p. 283-301. Plenum Publishing Corporation, 1984.

W. Maier (1984). Tooth Morphology and Dietary Specialization. In: Chivers, D. J. et al., Eds., *Food Acquisition and Processing in Primates*. Plenum Publishing Corporation, 303-330.

F. Ramirez Rozzi, C. Walker & T. G. Bromage (1999). Early Hominid Dental Development and Climate Change, p.349-363. In: Bromage, T. G. & Schrenk, F., Eds., *African Biogeography, Climate Change, & Human Evolution*. Oxford University Press, New York.

O. Winzen & G. Christiansen (1996): Electronic Functional Analysis – Electronic Functional Therapy, *The Journal of Gnathology*, Volume 16, Number 1, 1997, p. 15-25. Quintessenz Verlags GmbH, Berlin.

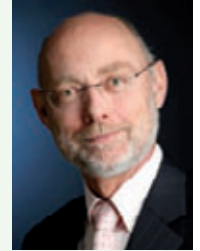
Kontakt

Dr. Olaf Winzen
Dr. Ottmar Kullmer
Forschungsinstitut Senckenberg
Senckenberganlage 25
D-60325 Frankfurt a. M.
Teil des European Virtual Anthropology
Network (EVAN)
www.evan.at

Dr. med. dent.

Olaf Winzen

Frankfurt/Main, Deutschland



■ Gründung einer vernetzten Praxis zur Behandlung von Tinnitus- und Kiefergelenkpatienten ■ Gründungsmitglied der Europäischen Gesellschaft für computergestützte Registrierungsverfahren (EUROCOMP) ■ Entwickler des Kiefergelenkpositionierungsgerätes CAR für das computergesteuerte Registriergerät Condylcomp LR3 der DENTRON GmbH ■ Grundlagenforschung über die Korrelation zwischen Kiefergelenkbewegung und natürlicher Zahnoberfläche am Forschungsinstitut Senckenberg ■ Mitglied der DGFDT sowie der International Academy of Gnathology, american section, USA ■ jahrelange Tätigkeit als Dozent, Autor zahlreicher Publikationen und Mitautor des Buches „Basiswissen zur Datenübertragung“

Kontakt: info@drwinzen.de

Dr. rer. nat.

Ottmar Kullmer

Frankfurt/Main, Deutschland



■ Leiter der Sektion Tertiäre Säugetiere, Abteilung Paläoanthropologie und Quartärpaläontologie, am Forschungsinstitut Senckenberg ■ Lehrstuhl am Institut für Zoologie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main ■ Gastprofessur am Anthropologischen Institut der Universität Wien, Österreich ■ Betreuung des Labors Morphometrie und der 2D/3D-Bildverarbeitung des Hessischen Landesmuseums Darmstadt ■ Grundlagenforschung und Autor zahlreicher Studien über die funktionellen Aspekte der Zahnkronengestalt bei Säugetieren

Kontakt: okullmer@senckenberg.de