

# Zahnmorphologische und morphometrische Untersuchungen des Gebissystems

Patricia Lowin

## Vorbemerkung

Die Morphologie der Zähne in ihrer natürlichen Form und in ihren gebrauchsbedingten Veränderungen von Schmelz- und Dentinstrukturen und Zahnstellungen, kann der Anthropologie Aufschlüsse geben über Ernährungszustände von Individuen, dem Gebrauch von Zähnen als Werkzeug, zur Untersuchung von Verwandtschaftsverhältnissen und Differenzierung von Geschlechtsmerkmalen sowie der evolutiven Einordnung.

In morphometrischen Untersuchungen steht der Zusammenhang von Morphologie und Funktion im Mittelpunkt jeder zahnmedizinischen Betrachtung, da die Funktionsfähigkeit des Gebissystems ein Ergebnis morphologischer Vorgaben ist, das auf pathologische Veränderungen von Zähnen, Kiefer, Muskulatur und Kiefergelenk Einschränkungen und Verlust seiner Funktionsfähigkeit erfahren kann. In diesem Zusammenhang soll auf die natürlichen und pathologischen Veränderungen des Gebissystems und deren funktionell-anatomischen Auswirkungen eingegangen werden wie dies bei natürlichen Abrasionen, Zahnverlusten, Gebrauch des Gebissystems als Werkzeug und Traumata zu beobachten ist. Vor allem in historischen Population ohne artifizielle zahnmedizinische Eingriffe ist die Anpassung der Morphologie von Zähnen und Gebissystem in ihrer eindeutigen Abhängigkeit zu pathologischen Veränderungen zu beobachten.

## Morphologische Unterscheidungsmerkmale von Zähnen

Entwicklungsgeschichtlich lassen sich Unterschiede in der Schmelzdicke von Molaren ausmachen. Eine Reduktion lässt sich von *Paranthropus* bis zum *Pan* erkennen. Auch die Anzahl von Zähnen unterliegt einer Reduktion, die vor allen Dingen heute im uneinheitlichen Auftreten von der Anlage der M3 und auch der möglichen Nichtanlage der oberen I2 und unteren P2.

Dem Fachmann ist es möglich, bei Vorliegen eines einzelnen Zahns außerhalb des Gebissystems eine nahezu eindeutige Zuordnung gemäß Oberkiefer/Unterkiefer und der seitenrichtigen Einordnung zu treffen. Vor allem die oberen Frontzähne können unter Umständen zu einer Geschlechtsbestimmung beitragen. Im Vergleich erscheinen Zähne weiblicher Individuen eher rundlicher und kürzer als die Zähne männlicher Individuen. Die wichtigsten morphologischen Merkmale der einzelnen Zahngruppen sollen zum besseren Verständnis kurz charakterisiert werden:

## Incisivi

Die Incisivi zeichnet ihre relativ breite und längliche Form aus. Im Längsschnitt stellt sich der Incisivus in einer leicht konkaven Form da, die jedoch in ihrer Krümmung stark variieren kann. In der Maxilla ist der erste Incisivus deutlich größer als der zweite; in der Mandibula ist der zweite Incisivus lediglich gering größer als der erste Incisivus. Ein Überbiss der maxillären Incisivi von 2 mm über die mandibulären Incisivi stellt den Optimalfall dar.

## Caninus

Der Caninus beschreibt im Durchschnitt eine dreieckige Form. Der incisale Bereich weist ebenfalls eine dreieckige Form auf, mit einem kurzen Schenkel nach mesial und einem längeren Schenkel nach distal. Die Wurzel des Caninus ist die kräftigste und längste des gesamten Gebissystems.

## Prämolaren, Molaren

Die Prämolaren und Molaren fallen zum einem durch ihre Höcker/Fossa-Anordnung und ihre Größe in mesio-distaler und oro-vestibulärer Richtung auf. Den unteren M1 liegt das Dryopethicinenmuster zugrunde. Die Anordnung der Höcker und Fossae von Zähnen der Maxilla und Mandibula nach dem MÖRSER-PISTILL-Prinzip ergibt eine eindeutige Positionierung der Zähne und damit der Kiefer zueinander. Die unteren Prämolaren sowie der zweite oberer Prämolar weisen eine Wurzel auf, wohingegen der erste obere Prämolar zwei Wurzeln in palato-vestibulärer Anordnung aufweist. Die unteren Molaren besitzen zwei Wurzeln in mesio-distaler Anordnung, die oberen Molaren weisen drei Wurzeln auf, wovon zwei buccal und eine palatinal liegt. Abweichend hiervon kann der untere M2 auch nur eine Pfahlwurzel haben. Die M3 weisen eine große Variabilität auf und können eine bis drei Wurzeln in gespreizter oder verschmolzener Form besitzen.

## Abrasion, Attrition, Usur

Abrasionen der Zahnhartsubstanzen sind im Allgemeinen als physiologische Gebraucherscheinungen bei der Mastikation anzusehen. Als Attrition bezeichnet man den direkten Kontakt der Zähne, ohne das Nahrungsbestandteile zerkleinert werden sollen. Kontakte entstehen pro Tag ca. 1500-mal, besonders beim Schlucken, Knirschen, Pressen und Kauen. Attrition und Abrasion hinterlassen deutliche Spuren in Form von Hartsubstanzverlusten auf allen Zähnen. Die Quantität der Abrasionen kann Rückschlüs-

se auf den Ernährungszustand eines Individuums oder einer ganzen Population geben. Auch der Gebrauch der Zähne als »Werkzeug« hinterlässt sichtbare, teilweise sogar dramatische Veränderungen an Zähnen. Abrasionen, Attritionen und Usuren sind das Ergebnis jahrelang, stetig fortschreitender Prozesse, die die Zahnpulpa meistens nicht eröffnen, sondern zu einer ausgeprägten Tertiärden-tinbildung und auch Hyperzementosen im Wurzelbereich führen kann.

Durch das Reiben benachbarter Zähne an den mesialen und distalen Zahnflächen verringern sich im Laufe des Lebens die Zahnbreiten des gesamten Gebissystems. Diese Form der Abrasion kann ca. 8 mm Substanzabtrag verursachen, die zum einen Platz schafft für den zuletzt durchbrechenden M3, zum anderen jedoch die Kariesanfälligkeit aufgrund der breitflächigen approximalen Abnutzung erhöht.

### Morphometrische Untersuchungen

Interessant ist nun, wie die natürlichen anatomischen Vorgaben in der »Gebrauchsphase« des Gebissystems verändert werden und die Funktion dadurch beeinträchtigt wird und so eine wechselseitige Beeinträchtigung von Form und Funktion beobachtet werden kann. Die Fragestellung ist nun, ob ein morphometrischer Zusammenhang zwischen den Abrasionserscheinungen auf Zähnen und der Steilheit der Fossa articulare besteht. Wird also die Bewegung des Unterkiefers, dessen Bewegungsfreiheit durch das Kiefergelenk limitiert ist, in messbaren, mechanisch verursachten Abrasionen deutlich? Findet sich beispielsweise der Wert der Steilheit der Fossa articulare auf den Abrasionsflächen der Zähne wieder? Dies auch im Zusammenhang, dass Gebissysteme untersucht werden, die keine zahnmedizinischen Eingriffe aufweisen. Bei der zugrunde liegenden Untersuchung wurden sechs Individuen einer mittelalterlichen Population vermessen.

### Vermessung der Modelle mit einem 3D-Digitizer

Von der Maxilla und der Mandibula wurden Abformungen mit einem zahnärztlichen Material vorgenommen und Gipsmodelle hergestellt, die nun zur Messung verwendet werden konnten (Abb. 1). Auf den Gipsmodellen wurden im Bereich der Fossa articulare pro Gelenk fünf Bahnen gemessen, die das Caput mandibulae bei einer Vorschub-bewegung beschreibt. Auf den Zähnen wurden die Gleit-flächen markiert, die zwei Zähne unter Kontakt bei der reinen Vorschubbewegung und den Seitwärtsbewegungen vollführen.

### Morphologisch-Funktionelle Bedeutung des Kiefergelenkes und der Okklusion

Die Mandibula ist am Schädel über ein Gelenk, diverse Bänder und Muskulatur verbunden. Diese Anteile bestimmen über die lateralen und sagittalen Bewegungsgrade in Zusammenarbeit mit den okkludierenden Zahn-

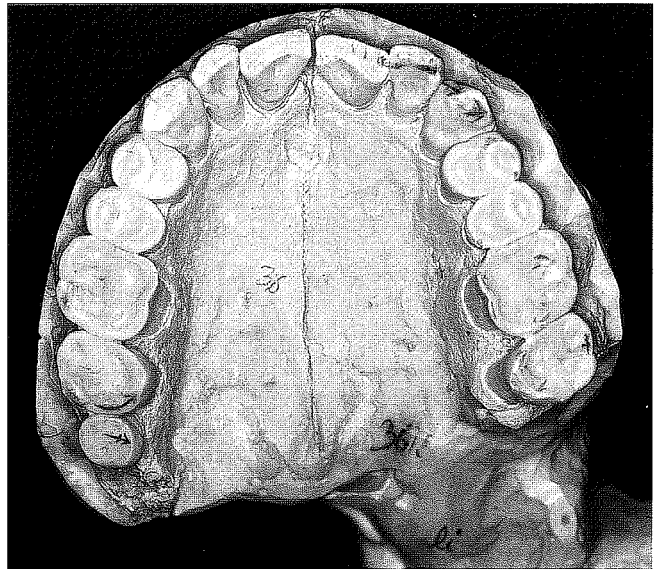
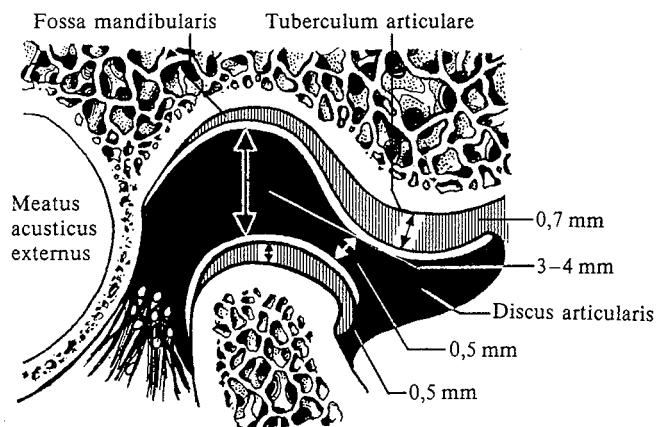


Abb. 1: Gipsmodell eines Individuums mit eingezeichneten Okklusionspunkten.

gruppen. Besondere Bedeutung außerhalb der dentalen Grenzbewegungen der Mandibula hat die anatomische Form des Kiefergelenkes. Das Caput mandibulae artikuliert mit der Fossa articulare der Schädelbasis und ist über eine Knorpelscheibe verbunden (Abb. 2). Vor allem die Steilheit des Fossa articulare bestimmt die Freiheitsgrade der Mandibula.

Ziel der Okklusion der Zähne ist es, eine möglichst stabile »Verzahnung« zwischen Maxilla und Mandibula zu haben. Dies wird durch möglichst viele Kontakte von Oberkiefer- und Unterkieferzähnen beim Zusammenbeißen erreicht. Aber auch durch eine vollständige geschlossene Zahnreihe, bei der sich die Zähne eines Kiefer gegenseitig abstützen können. Bei der Seitwärtsbewegung der Mandibula sind Zahnkontakte im Idealfall nur auf der Seite noch vorhanden, nach der die Mandibula schwenkt. Ein Sonderfall kann entstehen, wenn bei einer Seitwärtsbewegung lediglich die Canini von Maxilla und Mandibula okkludieren und alle anderen Zähne keinen Kontakt zueinander haben.

Abb. 2: Querschnitt durch das Kiefergelenk (aus SCHUHMACHER 1991).



## Zusammenhang zwischen funktionaler Belastung des Kiefergelenkes und Abrasionspuren auf Schmelzflächen des Zahnes.

In der Zahnheilkunde gilt das Zusammenspiel von Kiefergelenk und Zahnokklusion als zentrales Moment. In der klinischen Anwendung wird mit aufwendigen Apparaturen die Steilheit der Fossa articularis vermessen (Abb. 3), der Terminus technicus lautet im klinischen Gebrauch sagittale Kondylenbahnneigung (SKN) und wird beidseitig mittelwertig auf  $33^\circ$  eingestellt. Die individuelle SKN wird beispielsweise zur zahntechnischen Restauration von Frontzähnen herangezogen und muss vorher mit am Patienten gemessen werden. Die Bedeutung des Kiefergelenkes wird vor allem dann sichtbar, wenn arthrotische oder sonstige pathologische Veränderungen den Bewegungsablauf von Discus articularis und Caput mandibulae stören. Dies kann mit Hilfe o.g. Apparaturen vermessen werden und zeigt unregelmäßige, sprunghafte Verlaufsformen bei der Aufzeichnung der Bewegungsbahnen des Caput mandibulae. Am lebenden Individuum äußert sich dies meist in Kiefergelenksknacken oder stechenden Schmerzen in der Ohrregion. Diese Veränderungen im Kiefergelenk entstehen hauptsächlich durch pathologische Formen der Okklusion, also der Beziehungen der Zähne zueinander während der Bewegung und dem vollständigen Schließen des Kiefers. Die Komponenten, die zu diesen Störungen des gesamten Gebissystems führen können, sind sehr zahlreich. Zu nennen sind jegliche Lageverschiebungen des Unterkiefers zum Oberkiefer in Verbindung auch mit einem Größenmissverhältnis von Oberkiefer zu Unterkiefer. Wenn beispielsweise der Oberkiefer in Rücklage (Distalbiss) liegt oder die Unterkieferzähne samt Unterkiefer vor dem Oberkiefer liegen (Progenie). Bewegungseinschränkungen oder zwanghafte Bewegungsformen des Unterkiefers können aber auch durch Fehlstellung eines einzigen Zahnes hervorgerufen werden. Hierbei reichen Drehung, Kippung und Herauswachsen aus der Alveole bei Fehlen des Gegenzahns (Elongation) aus. Auch das Fehlen eines Zahnes oder ganzer Zahngruppen verändern die Bewegungsbahnen des Kiefergelenkes und das Zusammenspiel der Zähne untereinander.

An knöchernem Schädelmaterial wurde nun untersucht, ob die sagittale Kondylenbahnneigung in Korrelation zu Abrasionsflächen auf den Schmelzstrukturen steht. Hierfür wurde an merowingerzeitlichen Individuen die Steilheit der Fossa articularis in mehreren Bahnen vermessen. Gleichzeitig wurden auf den Zähnen die Abrasionsspuren gemessen, die unter Zahnkontakt bei der Vorschub- und Seitwärtsbewegung entstehen. Hierzu wurden an fünf Individuen 92 Winkel in Relation zu einer Schädelebene auf dem Zahnschmelz gemessen. Eine eindeutige Zuordnung von der Steilheit der Fossa articularis auf die Abrasionswinkel auf den Zähnen konnte jedoch nicht festgestellt werden. Vielmehr zeigte sich, dass bei einer Bewegungsrichtung nicht nur ein einzelner Kontakt auf einem Zahn entsteht, sondern wechselnde Führungsflächen sogar auf einem Zahn zu erkennen sind. Auf einem Incisivus wurden

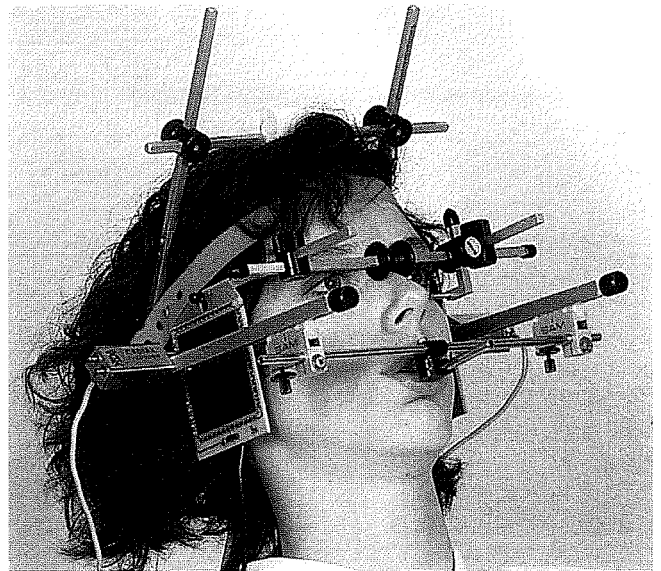


Abb. 3: Registrierungsgerät in der klinischen Anwendung (aus: Funktionsstörungen des Kauorgans. PDZ Bd. 8, 1995).

vier Winkel, auf einem Molaren drei Winkel gemessen. Interessante Ergebnisse zeigten sich darin, dass von acht Fällen die Winkel von Frontzähnen und Molaren in drei Fällen exakt übereinstimmten, und in fünf Fällen nur zwischen  $0,5^\circ$  und  $1,1^\circ$  abwichen, so dass von einer fronto-dorsalen Führung gesprochen werden kann. Im Hinblick auf das Kiefergelenk ergaben sich jedoch keine Gesetzmäßigkeiten. Besondere Abweichungen in SKN der Kiefergelenke im Rechts/Links-Vergleich zeigt sich vor allem beim Fehlen aller Molaren in einem Kiefer. Durch die fehlende Abstützung der Kiefer zueinander kommt es auf der Seite der fehlenden Zähne zu einer stärkeren Belastung des Kiefergelenkes und einer Schwenkung des Unterkiefers um 6 mm, was sich in arthrotischen Veränderungen und einer Abflachung des SKN bemerkbar macht.

## Weitere Aussagemöglichkeiten durch zahnmorphologische Untersuchungen

### Ernährung

Die Nahrung hinterlässt deutliche Spuren an den Zahnhartsubstanzen in Form von Substanzverlusten. In diesem Zusammenhang sind vor allem die starken Abrasionen durch verunreinigtes Mehl oder durch Rückstände vorindustrieller Schleifmühlen zu nennen. Alle Nahrungsbestandteile, die intensives Kauen erfordern und stark abrasive Bestandteile beinhalten, tragen zu ausgeprägten Abrasionen bei. Häufig sind je nach Alter des Individuums großflächige Schmelzareale abradert worden, so dass Dentin freiliegt und auch die Pulpa eröffnet werden kann. Rückschlüsse lassen sich so auf die Güte der Nahrung ziehen. Ein Substanzverlust entsteht auch durch den häufigen Verzehr von säurehaltigen Nahrungs- oder Genussmitteln. Es entstehen hierdurch glattflächige Erosionen an allen Flächen der Zähne, vor allem aber an den vestibulären

Flächen der oberen Frontzähne. Dies kann ebenfalls bis zum Freiliegen des Dentins führen. Ungehemmte exzessive Säurezufuhr kann zur Destruktion des Zahns führen. Ein aktuelles Beispiel stellen kubanische Plantagenarbeiter von Orangenplantagen dar. Deren Hauptnahrungsquelle sind Orangen, was sich innerhalb von Monaten in starken Erosionen und Zahnerkrankungen der Arbeiter widerspiegelt. Abrasionen können somit Aussagen über die Nahrungsverhältnisse von Populationen geben, unter Berücksichtigung funktioneller Zahnveränderungen. Die Ergebnisse stehen jedoch nicht für sich allein, sondern stehen im Zusammenhang allgemeiner kultureller und soziologischer Gegebenheiten.

## Usuren

Usuren können Aufschluss geben über den Gebrauch der Zähne als »Werkzeug«, beispielsweise bei der Lederherstellung. Hierbei werden mit den Frontzähnen Lederstücke während der Bearbeitung festgehalten. Langfristig führt dies zu sehr starken glatten Abrasionen der Frontzähne, die bis zu einer völligen Abrasion auf Gingivaniveau führen kann. Weitere Usuren entstehen durch das berufsbedingte Durchtrennen von Nähgarnen. Hierdurch entsteht eine raue Einkerbung meistens an einem Frontzahn. Auch durch Pfeifenrauchen entstandene ovale Abrasionen in Maxilla und Mandibula sind in diesem Zusammenhang zu nennen, sie erleichtern das Halten der Pfeife bei geschlossener Zahnreihe. Viele Veränderungen der Zahnhartsubstanz von Zähnen sind jedoch von Usuren abzugrenzen und können entstanden sein durch kleine Frakturen an der Inzisalkante, durch Bruxismus bedingte Habits.

## Sexualdimorphismus

Von besonderer anthropologischer Bedeutung ist die Geschlechtsbestimmung an Hand skelettaler Merkmale. In diesem Zusammenhang können auch die Messung von Zahnbreiten und -längen sowie ausgewählte Messpunkte des Ramus hinzugezogen werden. Die Ergebnisse müssen diskriminanzanalytisch gewonnen werden. Korrekte Klassifikationen lassen sich vor allem bei Kindern mit bekanntem Alter erreichen. Bei erwachsenen Individuen können hiermit nur Tendenzen verstärkt und als Teilaspekt angesehen werden. Von größerem Interesse ist die Zahnform der oberen Incisivi. Rein deduktiv lassen sich bei weiblichen Individuen eher rundliche kurze Zahnkronen feststellen, wohingegen männliche Individuen eher viereckige längere Zahnformen aufweisen. Diese Typologie findet seine Anwendung in der modernen Zahntechnik, bei der Herstellung von Prothesen.

## Verwandtschaftsanalyse

Die genetische Verwandtschaft von Individuen kann an Hand von Zahnmerkmalen ermittelt werden. Merkmale hierfür sind Höckerkonfigurationen, Kronenformen, Leisten, Carabellihöcker, Nichtanlage von Zähnen und Dys-

gnathieformen. Die statistische Auswertung der Kombination dieser Merkmale kann Verwandtschaftsgrade darlegen (z. B. ALT & VACH 1994). Auch das Auftreten von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, Tumoren oder sonstiger Osteopathien (Syndrome) kann auf genetische Verwandtschaften hinweisen. Verwandtschaften von Sippen, Stämmen und Bevölkerungsteilen können auch durch iatrogene künstliche Veränderungen vor allem der oberen Frontzähne analysiert werden. Diese haben vor allem psychosoziale Funktionen und symbolisieren Stammeszugehörigkeit, mythische Bedeutung oder Darstellungen von Initiationsriten. Bei diesen künstlichen Veränderungen von Zahnkronen handelt es sich um Schleifen verschiedener künstlicher Zahnformen oder Absplitterungen von Zähnen, Entfernen von Zähnen, Verzierungen mit Gold- oder Edelsteinen und Anfärben von Zähnen (WINKLER & SCHWEIKARDT 1982). Zugehörigkeiten zu Stämmen, Bevölkerungsschichten und auch Geschlechtszugehörigkeiten lassen sich so evaluieren.

## Orale Manifestationen von Krankheiten (Perikoronitis, Karies)

Besonderes Interesse medizinhistorischer Untersuchungen gelten den pathologischen Erscheinungen. In diesem Zusammenhang sollen speziell die oralen Manifestationen von Allgemeinerkrankungen beschrieben werden:

### 1. Infektionskrankheiten

Dentale Veränderungen äußern sich bei einer frühkindlichen Syphilis mit tonnenförmigen oberen bleibenden Frontzähnen mit einer muldenförmigen Einsenkung an der Inzisalkante. Diese Zähne werden nach der Erstbeschreibung als sog. Turnerzähne bezeichnet. Knöcherne Veränderungen sind bei manifesten Formen von Lepra und Pest zu erkennen. Diese äußern sich in osteolytischen Prozessen, die in Verbindung standen mit Verstümmelungen der benachbarten Weichteile, und gleiche Veränderungen am postcranialen Skelett aufweisen.

### 2. Tumore des Knochens und des Weichgewebes

Tumore des Knochens können sich osteolytisch und osseoproliferativ darstellen. Wobei letztere am knöchernen Material eindeutiger zu diagnostizieren sind als osteolytische Tumore, da diese von Artefakten, Entzündungen, Traumata oder osteolytischen Veränderungen infolge Lepra und Pest abgegrenzt werden müssen. Auch vom Weichgewebe können Infiltrationen in den Knochen erfolgen und Defekte des Knochens hervorrufen.

### 3. Chemische Einflüsse

Das moderne Antibiotikum Tetracyclin führt zu hypoplastischen Veränderungen mit punkt- oder flächenförmiger Braunfärbung der Zähne. Sekundär kann hier auf eine bakterielle Infektion während der Zahnentwicklung hingewiesen und sogar auf das Lebensalter des Individuums während der Infektion geschlossen werden. Eine weitere Symptomatik an den Palatinalflächen der Zähne lässt sich

durch häufigen Reflux von Magensäure in die Mundhöhle erkennen. Dies kann organisch bedingt sein durch Magen-erkrankungen, kann aber auch Hinweise auf häufiges Erbrechen geben, was wiederum durch ein organisches Leiden hervorgerufen ist, oder Ausdruck einer Bulimie sein kann.

Anschrift der Verfasserin:

Dr. med. dent. Patricia Lowin  
Am Palmen 4  
D-55124 Mainz

## Literatur

- ALT, K. W. & W. VACH (1994): Rekonstruktion biologischer und sozialer Strukturen in ur- und frühgeschichtlichen Bevölkerungen. *Prähist. Zeitschr.* 69, 56–91.
- KOECK, B. (Hrsg., 1995): Funktionsstörungen des Kauorgans. *Praxis der Zahnheilkunde* Bd. 8., 3. Aufl. Urban und Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore.
- LOWIN, P. (1998): Zahnmorphologische, Zahnpathologische und Morphometrische Untersuchungen am knöchernen Schädel des Merowingerzeitlichen Gräberfeldes Essingen (Rheinland-Pfalz). Inauguraldissertation FB Medizin der Johannes Gutenberg-Universität, Mainz.
- SCHUHMACHER, D.-H. (1991): Anatomie. Lehrbuch und Atlas. Bd. 1, Edition Zahnheilkunde, 2. Aufl., J. A. Barth Verlag-Leipzig, Heidelberg.
- WINKLER, E. & B. SCHWEIKARDT (1982): Expedition Mensch. Streifzüge durch die Anthropologie. Carl Ueberreuter-Verlag, Wien, Heidelberg.