

# Der Einfluss des stomatognathen Systems auf die Entwicklung des Menschen\*

## The impact of the stomatognathic system on the development of human beings



### Fragestellung

Welche der vielseitigen komplexen Funktionen des stomatognathen Systems spielen bei der Entwicklung des Menschen eine zentrale Rolle?

### Hintergrund

Das stomatognathe System wird selbst von Zahnmedizinern in seiner Ganzheitlichkeit und Bedeutung für den Gesamtorganismus unterschätzt. Wir sprechen zumeist nur vom „Kauorgan“. Allein schon dieser Begriff scheint unser Arbeitsgebiet auf die Wiederherstellung der Funktion des „Kauens“ allein zu reduzieren. Dabei hat das stomatognathe System viel mehr Aufgaben und spielte bei der Entwicklung von den Hominoiden zum Homo sapiens im Gegensatz zu anderen Organsystemen eine entscheidende Rolle. Es besteht aus zahlreichen Strukturen, die einen komplexen kybernetischen Regelkreis bilden (Abb. 1a, Abb. 1b), welche wiederum ossär, chondral, ligamentär, muskulär, faszial, organisch und neural mit anderen Systemen verbunden sind.

Primär hat und hatte das stomatognathe System die Aufgaben der Nahrungsaufnahme, der Verteidigung und der Darstellung von Drohgebärden zur Etablierung einer sozialen Rangordnung. Wir finden diese

einfachen Funktionen gegenwärtig noch bei zahlreichen phylogenetisch niederen Tierespezies. Aus dem Ekto-derm hatten sich aus ursprünglichen Hautschuppen Fangzähne ausgebildet [8], welche die Nahrung erfassten und fixierten. Ein einfaches Scharniergelenk mit einer eindimensionalen Klappbewegung reichte für diese Funktion aus. Die Nahrung wurde unzerkaut einfach nur heruntergeschlungen. Ein großer Teil der in der Nahrung erhaltenen Energie, musste daher für die Aufbereitung der Nahrung im Verdauungstrakt verwendet werden. Mehrdimensionale Kaubewegungen, Zerkleinerung der Nahrung und über Vorverdauung durch Zugabe von im Speichel enthaltenen Enzymen traten erst im Verlauf der Evolution mehr und mehr auf. Die komplexer werdenden Kaubewegungen führten letztlich zur Entwicklung eines neuen Kiefergelenkes, wie wir es heute bei Säugetieren (Mamalia) noch vorfinden. Das ursprüngliche Scharniergelenk wurde zu den Gehörknöchelchen des Mittelohres (Ossicula auditoria) umgestaltet. Aus dem Mesoderm differenzierte sich der knöchernen Corpus mandibulae, welcher speziell im Bereich des aufsteigenden Astes ein Wachstumszentrum besitzt, welches den Condylus Caput mandibulae

an die Strukturen des Neurokraniums anlagert. Charakteristisch für unser Kiefergelenk ist, dass sich parallel knöchernen und knorpelige Strukturelemente, wie Condylus, Kondylarknorpel, Discus articularis und Capsula articularis entwickeln und zusammenlagern. Dieser Entwicklungsvorgang erfordert angesichts der räumlichen Enge der sich rasch entwickelnden Strukturen des Neuro- und des Viszerokraniums sowie des Halses eine perfekte Koordination aller Wachstumsprozesse. Dadurch erklärt sich möglicherweise auch die Schwierigkeit in der Diagnostik von Störungen der Funktion des stomatognathen Systems. Kein System im menschlichen Organismus ist so komplex und vielfältig mit dem Gehirn bzw. dem ZNS vernetzt wie das stomatognathe System aufgrund seiner zahlreichen Einzel-funktionen. Die neuronale Steuerung der „einfachen“ Funktionen wie Kauen, Verteidigen oder Drohen übernimmt zu großen Teilen das Stammhirn. Hier liegt u.a. auch ein Kerngebiet, welches als „Kauenzentrum“ bezeichnet wird und nach Initiierung durch assoziative Zentren im Cortex cerebri weitgehend autonom, aber immer rückgekoppelt durch sensible, sensorische Zentren (welche Informationen aus der Peri-

\*Deutsche Übersetzung der englischen Version Behr M, Fanghänel J: The impact of the stomatognathic system on the development of human beings. Dtsch Zahnärztl Z Int 2019; 1: 171–174

Zitierweise: Behr M, Fanghänel J: Der Einfluss des stomatognathen Systems auf die Entwicklung des Menschen. Dtsch Zahnärztl Z 2019; 74: 295–299  
DOI.org/10.3238/dzz.2019.0295–0299

pherie verarbeiten) den Kauvorgang steuert.

Bei Säugetieren (Mamalia) und Vögeln (Aves) werden die oben genannten Grundfunktionen des stomatognathen Systems um die Beteiligung an der Lautbildung ergänzt [2]. Der Schwerpunkt der Entstehung einer Lautbildung liegt unzweifelhaft im Kehlkopf, welcher durch seine spezifische Struktur eine Modulation von Lauten erst ermöglicht. Aber auch die Form der Mundhöhle als Resonanzraum spielt bei der Lautbildung eine wichtige Rolle. Die Ausgestaltung und Modifikation der Mundhöhle durch Zunge, Zähne, Wangen- und Lippenmuskulatur sowie der Muskulatur des weichen Gaumens und insgesamt der Schleimhaut sind somit an der spezifischen Formung von Lauten elementar beteiligt. Nur beim Menschen hat sich die Lautbildung bis hin zur Sprache entwickelt. Nach Popper [7] unterscheiden wir folgende Stufen der Laut-/ Sprachbildung:

- Stufe 1: Expressive oder symptomatische Funktion: Das Lebewesen drückt seine inneren emotionalen Zustände aus, wie Angst oder Wohlbefinden, beispielsweise das Schnurren einer Katze.
- Stufe 2: Signal oder Signal auslösende Funktion: Beispiele sind Warnrufe von Vögeln, welche andere Artgenossen vor einer Gefahr warnen und ein Fluchtverhalten auslösen sollen.
- Stufe 3: Deskriptive Funktion: Gegenstände oder Zustände, beispielsweise das aktuelle oder künftige Wetter, können mittels der Lautbildung anderen Lebewesen beschrieben und damit mitgeteilt werden, sodass sie davon Kenntnis nehmen können.
- Stufe 4: Argumentative Funktion: Austausch über abstrakte Vorgänge, welche in verschiedenen Zeitebenen (Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft) und Räumen ablaufen können. Kritische Bewertungen, Planungen und Entschlussfassungen zu Vorgängen in der Umwelt können abgesprochen werden.

Die Stufe 3 und vor allem Stufe 4 sind nur beim Menschen vorhanden. Selbst unsere engsten Verwandten,

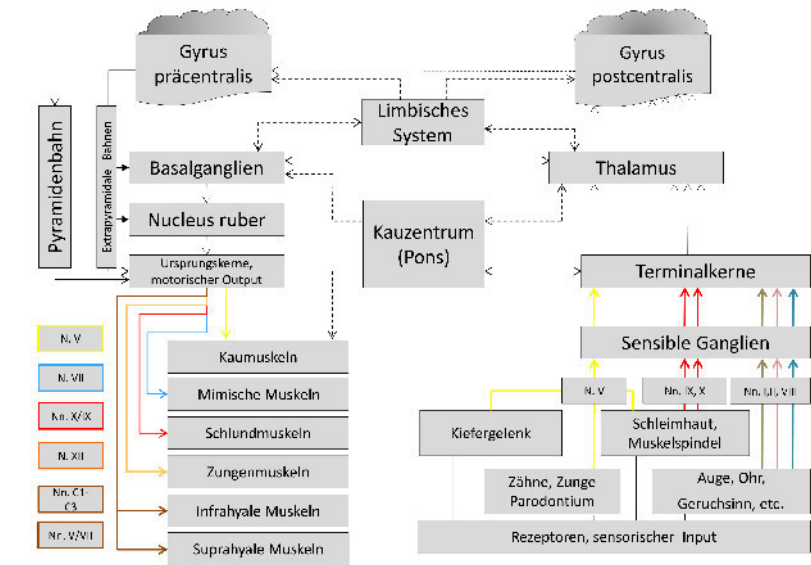


Abbildung 1a Kybernetischer Regelkreis und neuromuskuläre Steuerung der Kaufunktion

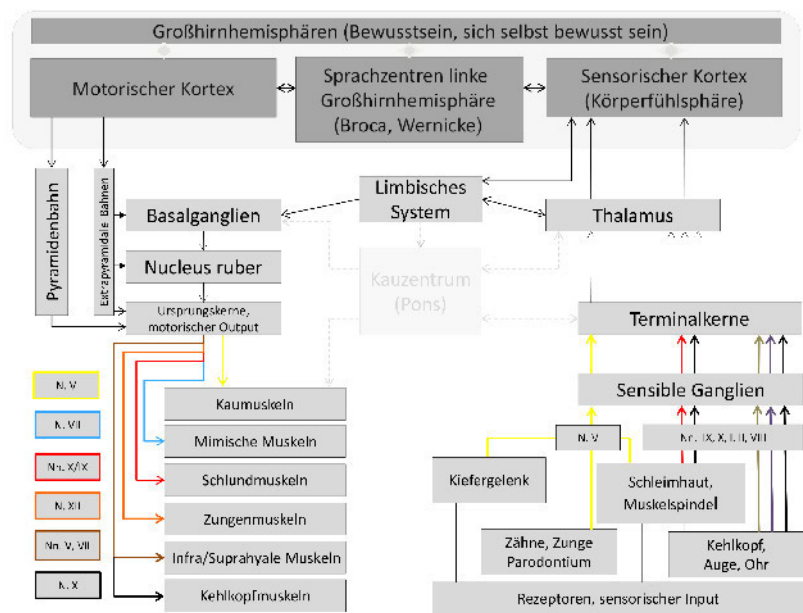
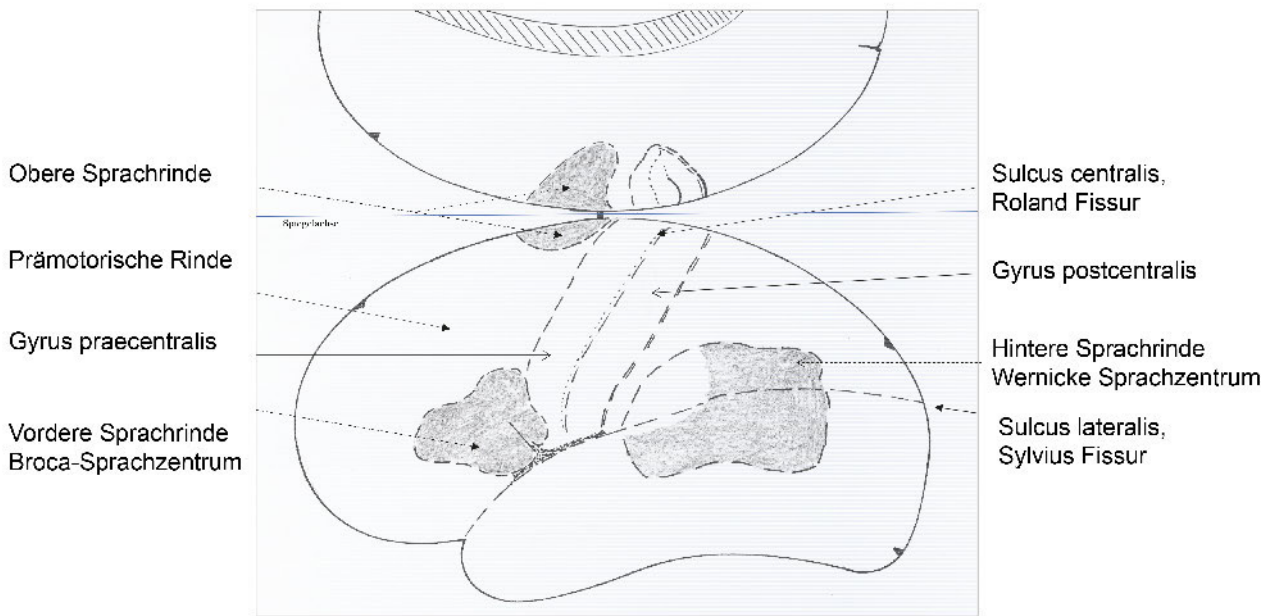


Abbildung 1b Kybernetischer Regelkreis und neuromuskuläre Steuerung der Sprachfunktion

die Schimpansen (Pan), sind in der Lage, nur Laute der Stufe 1 und 2 von sich zu geben.

Die Ansichten, inwieweit es die Morphologie des Kehlkopfes Primaten nicht erlaubt, zu sprechen, sind unterschiedlich. Tobias [10] vertritt im Gegensatz zu Liebermann [6] die Ansicht, dass grundsätzlich die Unterschiede in der Morphologie der oberen Luftwege bei höheren Primaten keine Erklärungen für ihre mangelhafte Sprachfunktion sein können.

In einem Versuch in den USA wuchsen zeitgleich in einer Familie ein Schimpansenbaby und ein Menschenbaby auf [4]. Die Umgebung und Förderung waren für beide Säuglinge praktisch gleich. Während das Menschenkind seine Sprachfunktion durch ständiges Lallen und Lautbilden einübte, war das Schimpansenkind weitgehend stumm. Es erlernte niemals unsere Sprachfunktion Stufe 3, vorhandene Gegenstände im Raum zu benennen oder gar Sprach-



**Abbildung 2** Kortikale Sprachfelder der linken dominanten Großhirnhemisphäre. Die linke Großhirnhemisphäre ist von lateral (unten) als auch von medial (oben) dargestellt. Nachzeichnung nach [2]



**Abbildung 3A–C** Veränderung des Sphenoidal-Clivus-Winkels (Schädelbasisknickungswinkel) am Schädel von Hund (*Canis familiaris*) (A), Affe (*Pan*) (B) und Mensch (*Homo sapiens*) (C) im Verlaufe der Evolution [3]

funktionen der Stufe 4, welche sich das Menschenkind im Laufe seiner Entwicklung aneignete.

Eine Erklärung für diesen Sachverhalt sieht Eccles auch in der Gehirnentwicklung. Dabei spielt die Gehirngröße allein nicht die entscheidende Rolle. Beim Menschen nahm – vor ca. 30.000 Jahren – die Entwicklung der beiden Hirnhemisphären eine neue Richtung zur Großhirnhemisphäre. Im Gegensatz zu anderen Säugetieren spezialisierten sich die Hirnhälften, welche sonst praktisch identische Funktionen mehr oder weniger spiegelbildlich erfüllen. Beim *Homo sapiens* unterscheiden wir eine dominante von einer nicht-dominanten Hirnhälfte [2, 5]. Die dominante linke Großhirnhemisphäre besitzt die Verbindung zu unserem Selbstbewusstsein als eigenständige Person. Sie analysiert verbale, sprachliche Beschreibungen, begriffliche Ähnlichkeiten, analysiert die Zeit und ist zu arithmetischen und computerartigen Funktionen fähig (Abb. 2). Die rechte Großhirnhemisphäre hat eine Verbindung zum Bewusstsein (jedoch nicht Selbstbewusstsein). Sie verarbeitet non-verbale Informationen, taktile Informationen der Geometrie, des Raumes, analysiert Bild- und Raum-Muster sowie visuelle Ähnlichkeiten

und kann Synthesen über die Zeit durchführen.

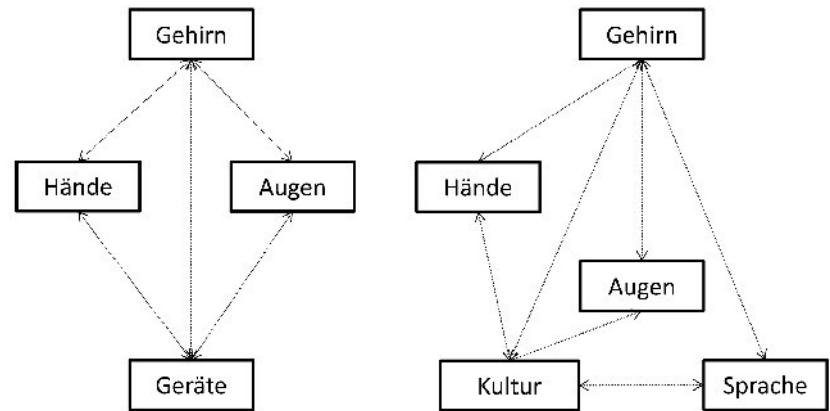
Die Fähigkeit zur Sprache der Stufen 3 und 4 verdanken wir cross-modalen Verknüpfungen verschiedener sensorischer Zentren beider Großhirnhälften sowie speziell entwickelten Arealen der linken Hemisphäre. Diese sind die vordere Sprachrinde (Broca-Sprachzentrum), die obere Sprachrinde und vor allem die hintere Sprachrinde (Wernicke-Sprachzentrum) (Abb. 2). Während im Tierreich taktile, visuelle oder audiotische Sinnesreize immer mit einem „limbischen Reiz“ [2] verknüpft sind und somit das Handeln des Lebewesens bestimmen, kann der Mensch auch nicht-limbische Sinnesreize zu einer Assoziation verknüpfen, sich dieser bewusst werden und sein Handeln danach richten. Über die Sprache lässt sich die Teilung zwischen den verschiedenen Sinnen überwinden. Sie hilft uns, die verschiedenen Sinnesmodalitäten zu einer Einheit in Information, Erkenntnis und Erfahrung zusammenzufügen. Teuber [9] hat diese Tatsache so ausgedrückt: „Die Sprache befreit uns zu einem hohen Ausmaß von der Tyrannei der Sinne.“ Erst durch die Sprache ist es dem Menschen gelungen, seine Sinnes-Erfahrungen zu formulieren, zu

(Abb. 3: Mit freundlicher Genehmigung der Leopoldina)

bewerten und anderen mitzuteilen, bzw. vom Erfahrungsschatz anderer Menschen zu profitieren. Durch die Sprache konnten auch die Vorteile des aufrechten Ganges (Vertikalisierung) mit einem entsprechenden Umbau der Schädelbasis (Abb. 3) [3], der die Hände für manuelle Tätigkeiten frei werden lässt, voll zur Entfaltung kommen. Die Ergebnisse der manuellen Fertigkeiten konnten „diskutiert“ und vor allem weitergegeben werden, sodass sich ein immer weiter aufbauender Erfahrungsschatz bildete. Die Sprachentwicklung förderte und ermöglichte es erst, die Vorteile altruistischen Handelns und den Wert kultureller Leistungen für den Menschen zu entwickeln und nutzbar zu machen (Abb. 4). Dadurch potenzierte sich das Entwicklungspotenzial des Menschen explosionsartig. Er war auf zufällige „Verbesserungen“ durch Mutationen im Erbgut, wie andere Lebewesen, nicht mehr allein angewiesen [2].

Die Entwicklung dieser einzigartigen neuen cross-modalen Verknüpfungen im Gehirn des Menschen sind in der Topografie des menschlichen Gehirns ablesbar (Abb. 2). Wir finden das vordere Sprachzentrum unmittelbar vor Zonen, welche die für die Sprache zuständige Muskulatur steuern. Im Falle einer motorischen Aphasie liegt aber die Ursache der Störung im Gebrauch und nicht in einer Lähmung der für die Artikulation zuständigen Muskulatur. Entscheidend für die Anbahnung, Durchführung und das Verstehen von Sprache ist das hintere Sprachzentrum der linken Großhirnhemisphäre. Ist diese Struktur gestört, kann geschriebene wie gesprochene Sprache nicht verstanden werden. Im Seitenvergleich lässt sich im Bereich des Gyrus temporalis superior in der linken Hemisphäre eine Hypertrophie der als Planum temporale bezeichneten Struktur des hinteren Sprachzentrums feststellen.

Im peripheren Nervensystem lassen sich auch die topografischen und funktionellen Beziehungen aufzeigen. Die Hirnnerven V (N. trigeminus), VII (N. facialis), IX (N. glossopharyngeus), X (N. vagus) und XII (N. hypoglossus) versorgen alle Strukturen des Kauapparates, die Hirnner-



**Abbildung 4** Links: System positiver Rückkopplung zwischen 3 biologischen und einem kulturellen Element. Rechts: Modifiziertes Rückkopplungssystem über Generationen hinweg unter Einbeziehung der Sprache, einer biologischen determinierten Fähigkeit, die kulturelle Anschauungen und Praktiken von Überlebenswert an künftige Generationen weitergeben kann. In dem autokatalytischen System spielt die Sprache vermutlich eine überragende Rolle. Nachzeichnung nach [2].

(Abb. 1, 2 und 4: M. Behr, J. Fanghänel)

ven IX (N. glossopharyngeus) und X (N. vagus) versorgen die Strukturen des Sprechapparates im und außerhalb des Kehlkopfs. So werden beispielsweise bei verschiedenen Erkrankungen (Erkältung, Kinderkrankheiten) Hirnnerven sowohl des Kau- als auch des Sprechapparates gleichzeitig gefordert.

Letztendlich sei auch das limbische System im Großhirn genannt. Es handelt sich um eine nicht-homogene Struktur. Sie besteht u.a. aus dem Gyrus cinguli, der Hippocampusformation sowie dem Corpus amygdaloideum. Dieses System ist u.a. verantwortlich für Emotionen sowie für das Erinnerungsvermögen. Es ist funktionell auch mit dem Kau- sowie Sprechapparat verbunden: Bei gut und schlecht schmeckenden Speisen werden beispielsweise Emotionen erzeugt, welche in Erinnerung bleiben. Wir sprechen dann emotional über unser Empfinden. Dabei sind stomatognathes System und Sprechapparat gleichsam beteiligt.

### Statement

Für das stomatognathe System bedeuten die weitverzweigten neuronalen Vernetzungen, dass seine Muskulatur mehreren Funktionen dienen muss [1]. Während Steuerimpulse für die Kaufunktion überwiegend aus den entwicklungsgeschichtlich älteren Abschnitten des Hinterhirns

(Pons, Kleinhirn) sowie des Mittelhirns und der Basalganglien stammen, kommen die neuronalen Impulse zur Sprachbildung hauptsächlich aus den jüngeren Sprachzentren der linken Großhirnhemisphäre. Neben der bereits beschriebenen räumlichen Komplexität der Einrichtung des stomatognathen Systems während der Wachstumsphase in die Strukturen des Schädels, besteht eine weitere Komplexität in der neurologischen „Verschaltung“ des stomatognathen Systems (Abb. 1a, Abb. 1b), welches Impulse aus verschiedenen neurologischen Zentren mit unterschiedlichen Aufgaben erhält. Es lässt sich leicht nachvollziehen, dass es hier häufiger Störungen geben kann. Weiterhin erklärt diese Komplexität auch die Schwierigkeit, Störungen in der Funktion des stomatognathen Systems zu diagnostizieren und zu verstehen. Als Zahnmediziner sollten wir uns dieser Tatsache bewusst sein. Wer beispielsweise die Lage der Kauebene ändert, Zähne im Kiefer bewegt oder Implantate in den Kieferknochen einsetzt, greift in einen extrem sensiblen und hochkomplexen biokybernetischen Regelkreis ein (Abb. 1a, Abb. 1b). Es ist nicht einfach nur ein Kauorgan, in dem wir tätig sind, es ist ein wesentlicher Teil unseres Körpers, welches uns erst zu dem macht, was wir sind, nämlich Menschen.

**Literatur**

1. Behr M, Fanghänel J: Kraniomandibuläre Dysfunktionen. Antworten auf Fragen aus der Praxis. Thieme, Stuttgart, New York 2019
2. Eccles JC: Die Evolution des Gehirns – Die Erschaffung des Selbst. Piper, München, Zürich 1994
3. Fanghänel J, Schumacher GH: Schädelwachstum und Statik. Nova acta Leopoldina NF 1986; 262: 585–595
4. Gardner RA, Gardner BT: Comparative psychology and language acquisition. In: Sebeok TA, Umiker-Sebeok DJ (eds.): Speaking of apes. Plenum Press, New York 1980, 287–330
5. Levy-Agresti J, Sperry RW: Differential perceptual capacities in major and minor hemispheres. Proc Natl Acad Sci 1968; 61: 1151
6. Liebermann P: On the origin of speech. Macmillan, New York 1985

7. Popper KR, Eccles JC: Das Ich und sein Gehirn. Piper, München, Zürich 1982
8. Schumacher GH, Schmidt H, Richter W: Anatomie und Biochemie der Zähne. Volk und Gesundheit, Berlin 1982, 33–51
9. Teuber HL: Lacunae and research approaches to them. In: Millikan CH, Darley

FL (eds.): Brain mechanisms underlying speech and language. Grune & Stratton, New York, London 1976, 204–216

10. Tobias PV: Recent advances in the evolution of hominids with special reference to brain and speech. In: Chagas C: Recent advances in the evolution of primates. Pontificiae academiae scientiarum. Scripta varia, Vatican City 1983, 85–140



(Foto: UKR)

**PROF. DR. MICHAEL BEHR**  
Universität Regensburg  
Fakultät für Medizin  
Franz-Josef-Strauss-Allee 11  
93053 Regensburg  
michael.behr@klinik.uni-regensburg.de



(Foto: UKR)

**PROF. DR. JOCHEN FANGHÄNEL**  
Universität Regensburg  
Fakultät für Medizin  
Franz-Josef-Strauss-Allee 11  
93053 Regensburg  
jochen.fanghaenel@ukr.de

## PRAXIS / PRACTICE

## BUCHNEUERSCHENUNGEN / NEW PUBLICATIONS

# Buchneuerscheinungen

*Dominik Nischwitz*

## In aller Munde

Mosaik (Verlag), ISBN 978-3-442-39343-4, 288 Seiten, ca. 20 s/w-Illustrationen, Softcover, 16,00 Euro  
Unser Mund ist nicht bloß zum Lächeln da, unsere Zähne können mehr als Kauen und unsere Zunge leistet mehr als nur zu schmecken und zu schlucken. Die Mundhöhle ist ein empfindliches Ökosystem und das Tor zu unserem Körper. Durch den Mund ernähren wir uns, durch ihn sprechen wir mit anderen – und er ist zentral für die Gesundheit des gesamten Körpers. Ist der Mund nicht gesund, entstehen Krankheiten: Von Gereiztheit, Müdigkeit und Übergewicht über Herz-Kreislauf-Erkrankungen bis hin zu Schlaganfall, Alzheimer und Krebs – im Mund nimmt alles seinen Anfang. Dr. Dominik Nischwitz, Vorreiter der biologischen

Zahnmedizin, denkt ganzheitlich und erklärt mithilfe der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse alles, was wir noch nicht über unsere Zähne wussten, und wie man über einen gesunden Mundraum zu einem gesunden Körper gelangt.

*Yasemin K. Özkan (Hrsg.)*

## Complete Denture Prosthodontics

Springer International Publishing (Verlag), ISBN 978-3-319-69031-5, 1st ed., Buch/Hardcover, XI, 347 Seiten, 631 Abbildungen, 213,99 Euro  
This excellently illustrated book equips dental students and practitioners with all the information and guidance required in order to plan optimally the treatment of edentulous patients. Introductory chapters identify

the anatomic landmarks and age-related changes in these patients and explain how evaluation should be performed. Preprosthetic planning and impression procedures are then described in detail, covering key principles, mouth preparation, selection of impression material and technique, construction and adjustment of the custom tray, and border molding techniques. The final part of the volume focuses on establishing the occlusal relationship. Readers will find clear explanation of concepts of occlusion in prosthodontics, the recording of maxillomandibular relations, types of mandibular movement, and other important topics. Throughout the book, much attention is devoted to problem solving. A companion volume covering the implementation of complete denture treatment, including resolution of postinsertion problems, is available separately.