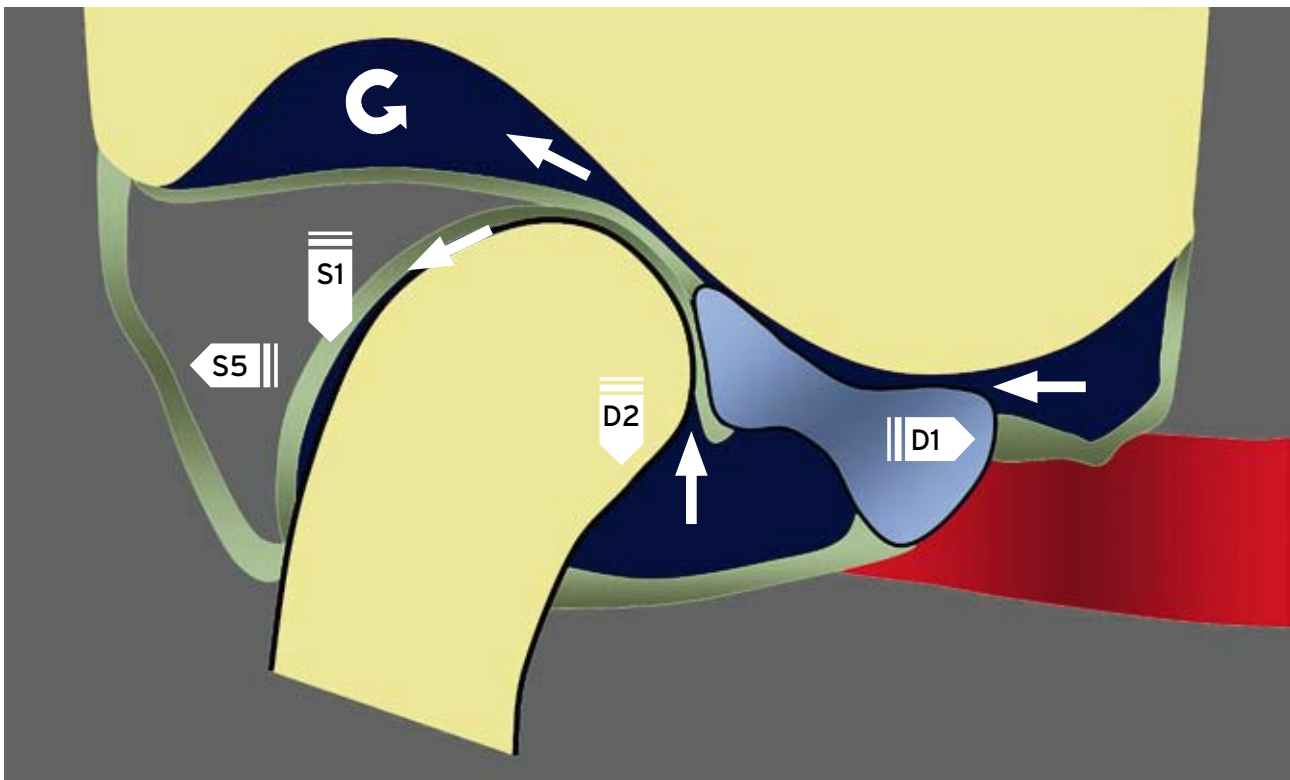


Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Abteilung Kieferorthopädie

Centre for Dentistry and Oral Medicine and Craniomaxillofacial Surgery

Department of Orthodontics



Funktionsbild einer anterioren Diskusverlagerung des Kiefergelenks als Resultat eines "entgleiten" synovialen Pumpsystems
Functional picture of an anterior disc displacement of the temporomandibular joint

Forschungsschwerpunkte Research Foci

- ▷ Allgemeine Biomechanik menschlicher Gelenke
- ▷ Biomechanik der Mandibula
- ▷ Algebraisierung verketteter Rotationen in MR Puls Sequenzen
- ▷ Entwicklung von Behandlungskonzepten zu kieferorthopädischen Fragestellungen
- ▷ Untersuchungen zu implantologischen Fragestellungen
- ▷ General Biomechanics of Human Joints
- ▷ Biomechanics of the Mandible
- ▷ Algebraization of concatenated rotations in MR pulse sequences
- ▷ Development of Drafts of Treatment to Orthodontic Questions
- ▷ Research on Dental Implantology



Abteilungsdirektor **Head of Department**
 Prof. Dr. med. dent. Dietmar Kubein-Meesenburg

Kontaktdaten **Contact**
 Abteilung Kieferorthopädie
 UNIVERSITÄTSMEDIZIN GÖTTINGEN
 Robert-Koch-Straße 40, D-37075 Göttingen
 Telefon +49-551 / 39-8344, Fax +49-551 / 39-8350
 kubein@med.uni-goettingen.de
 www.mi.med.uni-goettingen.de/ZMK/kfo

Hochschullehrer/innen **Professors and Lecturers**

+49-551 /

Kubein-Meesenburg, Dietmar	Prof. Dr. med. dent.	kubein@med.uni-goettingen.de	39-8344
Sadat-Khonsari, Reza	PD Dr. med. dent.	Reza.Khonsari@med.uni-goettingen.de	39-22017
Ihlow, Dankmar	PD Dr. med. dent.	Dr.Ihlow@t-online.de	39-9697
Knösel, Michael	PD Dr. med. dent.	mknoesel@yahoo.de	39-22017
Nägerl, Hans	Apl. Prof. Dr. rer. nat.	hnaeger1@gwdg.de	39-19376

Weitere Arbeitsgruppenleiter/innen **Group Leaders**

OA Hahn, Wolfram	Dr. med. dent.	weahahn@aol.com	39-22796
------------------	----------------	-----------------	----------

1. Allgemeine Biomechanik menschlicher Gelenke

In allen menschlichen Gelenken bewegt sich eine Konvexität entlang einer Konkavität oder einer weiteren Konvexität. Dieses Funktionsprinzip trifft auf das stomatognathe System (Kiefergelenke, konvex/konkave Abstützung der Seitenzahnhöcker, Frontzahnführung und konkav-konvexe interdentalen Abrasionen) ebenso zu. Fokus der Abteilung ist die Biomechanik der Gelenke im Allgemeinen, sowie speziell die Biomechanik der Mandibula und des Zahnbogens.

Wirbelsäule

Erstmalige 6D-Analysen der Bewegungsstrukturen von Hals-, Thorax-, und Lendensegmenten durch Bestimmung der sich bewegenden momentanen Schraubachse (IHA): Benötigte Auflösung der segmentalen Positionsbestimmung: Translation: $0,5\mu\text{m}$, Rotation: $0,001^\circ$. Die von uns entwickelte Messapparatur ist mehr als 100mal sensitiver und präziser als jede Anordnung, die in der einschlägigen Literatur publiziert wurde. Allgemeiner Befund: Anordnung und Flächenkrümmung der Wirbelbogengelenke dominieren Mechanik und Kinematik der Segmente. Experimenteller Nachweis, dass einerseits die momentane Steifigkeit eines lumbalen Segments über den Satz von STEINER von der Lage der IHA bestimmt wird und andererseits die autochthone Muskulatur durch die Positionierung ihres Gesamtkraftvektors die Rotationssteifigkeit der lumbalen Segmente parametrisch um eine Zehnerpotenz verändern kann. In der Halswirbelsäule lösen sich die Wirbel- und die Unkovertebralgelenke bei Axialrotation oder Lateralflexion in der Führungsdominanz ab. In Flexion/Extension führen immer alle vier Gelenke gleichzeitig. Die Unkovertebralgelenke kontrollieren die Steifigkeit der Halswirbelsäule: Die Excision von nur einem Processus uncinatus reduziert die segmentale Steifigkeit in jedem Fall. Die Zygapophysialgelenke sind determinierend für die Richtung der IHA. Generell ändert die Entfernung aller Bänder die Segmentkinematik nur marginal, die Segmentsteifigkeit aber erheblich.

In Planung: Evaluation der kinematischen und mechanischen Eigenschaften von auf dem Markt angebotenen Implantaten für die Wirbelsäule und Vergleich mit der natürlichen Funktion der Wirbelsegmente.

Menschlicher Finger

Morphologischer Beweis, dass die Interphalangealgelenke vier und das Fingergrundgelenk fünf kinematische Freiheitsgrade besitzen: In Flexion-Extension besitzt jedes Fingergelenk zwei und nicht, wie üblich angenommen, nur einen Freiheitsgrad, hier konnten wir die übliche Annahme widerlegen: Die Gelenke drehen in Flexion-Extension gleichzeitig um 2 morphologisch definierte Achsen. Das Problem „Fingerstellung als Funktion äußerer und muskulärer Kräfte“ wurde allein durch die Vorgabe morphologischer Daten ohne weitere Zusatzannahmen gelöst. Entwicklung einer Fingermittelgelenks-Endoprothese (DIGIT) mit zwei Freiheitsgraden in Flexion/Extension und einer instrumentellen Navigationsassistenz (INA) zur Präzisionsimplantation für den klinischen Einsatz. Beide Entwicklungen sind bis zur Vorserienreife optimiert: Die DIGIT-Pro-

these wurde in 6 verschiedenen Größen konstruiert, ihre Fertigungstechnologie erforscht, verbessert und bis zur CE-/MP-Zulassung überführt. Der erfolgreiche Funktionsnachweis wurde an Leichen-Fingern erbracht. Die INA wurde zur CE-Zulassung überführt.

Zum Zwecke der klinischen Zulassung der Fingerprothese wurde eine innovative Testmaschine (GEVERS) zur Testung von Fingerprothesen konstruiert und hergestellt.

Laufende Entwicklung: Fingergrundgelenksendoprothese mit 5 Freiheitsgraden und ein Oberflächenersatz für das Daumensattelgelenk.

Kniegelenk

Weiterentwicklung der Knie-Endoprothese (AEQUOS) sowie einer Orthese, die kinematisch und mechanisch dem natürlichen Knie entsprechen. Die Knieendoprothese AEQUOS ist klinisch zugelassen und mit ihr sind bereits weit über 1000 Implantierungen durchgeführt worden. Diese werden von laufenden klinischen Nachuntersuchungen begleitet.

Laufende Entwicklungen weiterer Knieendoprothesen einerseits zum Einsatz bei stark geschädigtem Bandapparat sowie andererseits zum Einsatz bei gleichzeitiger Erhaltung des vorderen als auch hinteren Kreuzbandes.

1. General Biomechanics of Human Joints

In human joints, a convexity moves along a concavity or second convexity. This principle can also be found in the stomatognathic system (TM), convex/concave strut of the cusps in posterior teeth, palatal guidance of the incisors, and concave-convex inter-dental abrasion). Main research topics of the department: Biomechanics of joints in general and of the mandible and the dental arch.

Vertebral Column

First experimental 6D-analyses of the kinematic structure of the cervical, thoracic and lumbar segments by determination of the migrating instantaneous helical axis (IHA) have been carried out. Necessary resolution for determination of segmental positions: Translation: $0.5\mu\text{m}$, rotation: 0.001deg ! The custom-made measuring apparatus that we have constructed is much more sensitive and precise (by about factor 100!) than any measuring apparatus published in literature. General result: Spatial arrangement and curvature morphology of joints dominate mechanics and kinematics of the segments. Experimental evidence for lumbar segments: a.) the instantaneous stiffness is determined by the instantaneous position of the IHA via the theorem of STEINER; b.) the autochthonic musculature is able to vary axial stiffness by factor ten via positioning of the muscular force line. In cervical segments, the vertebral and uncovertebral joints alternate in guidance for axial rotation and lateral flexion, however, in flexion/extension simultaneous guidance of all four joints is ensured. The uncovertebral joints make the parametric control of axial stiffness through the neuromuscular system possible. In either case, excision of at least

one uncovertebral joint reduces the segmental stiffness. The vertebral joints determine the direction of the IHA. Generally, removal of all ligaments does not alter segmental kinematics but decreases segmental stiffness extensively.

Planning: Evaluation of the kinematic and mechanic properties of commercially available implants for spinal segments and comparison with the natural function of intact spinal segments.

Human Finger

Morphological evidence: the interphalangeal joints possess four and the metacarpophalangeal joint possesses five kinematic degrees of freedom. In flexion/extension, every finger joint possesses two degrees of freedom and not only one, as it is usually assumed in literature: There are two morphologically defined axes of flexion/extension. We were able to solve the problem "finger position as a function of exterior and muscular forces" solely through the application set by the morphological data without the use of any additional hypotheses.

Development of a pip-endoprosthesis (DIGIT) with 2 degrees of freedom in flexion/extension and additionally an instrumental navigation assistance (INA) for a precise clinical implantation. Both developments are optimized to preseries: The DIGIT-endoprosthesis is constructed in 6 different sizes and production technology was analyzed as well as optimized and has reached the status of licensure. The correct function of the PIP-endoprosthesis was tested in cadaver-fingers. Parallel the INA has reached the status of licensure as well.

A new innovative testing-machine for finger-endoprostheses (GEVERSI) was constructed and produced.

Currently we develop an endoprosthesis for the MCP-joint with 5 degrees of freedom as well as an endoprosthesis for the thumb carpometacarpal joint..

Knee Joint

Development of a knee endoprosthesis (AEQUOS) and an orthosis which kinematically and mechanically correspond to the natural knee function. More than 1000 implantations were already completed, followed by regular clinical screening.

Current development of diverse knee endoprostheses to be applied in case of strongly marred ligamentous apparatus or in case of maintenance of the anterior and posterior cruciate ligaments.

Arbeitsgruppenleiter/innen Group Leaders

Prof. Dr. D. Kubein-Meesenburg

Prof. Dr. H. Nägerl

Kooperationen Cooperations

Prof. Dr. K.M. Stürmer, OA PD Dr. C. Dumont, OA PD Dr. K.-H. Frosch, Dr. M.M. Wachowski, Abteilung Unfallchirurgie, Universitätsmedizin Göttingen, Universität Göttingen

Prof. Dr. P. Adam, Dr. C. Abicht, Dipl. Ing.Ch. Fiedler Technisches Institut der Universität Jena Dr. J. Dörner, Klinik und Rehasentrum Lippoldsberg

Prof. Dr. K. Endlich, Prof. Dr. J. Fanghänel, OÄ PD Dr. B. Mieke, Anatomisches Institut, Universität Greifswald

Firmenkooperationen Industrial Cooperations

aap Implantate AG, Berlin

AEQUOS GmbH, München

Otto Bock HealthCare GmbH, Duderstadt

Drittmittelförderung Funding

Die Entwicklung der DIGIT-Prothese und der instrumentellen Navigationshilfe INA wurde mit Mitteln des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert (Förderkennzeichen: KF0028402UL7).

Die Förderung der Entwicklung der klinischen Phase der neuartigen PCL-Endoprothese „Protheos“ mit Mitteln des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Förderkennzeichen: KF-0028403MD8) wurde bewilligt.

Arbeitsgemeinschaft Biomechanik Research Group Biomechanics

Prof. Dr. D. Kubein-Meesenburg, Prof. Dr. H. Nägerl, PD Dr. med. C. Dumont und PD Dr. med. K.-H. Frosch (beide OÄ der Abt. Unfallchirurgie), Dr. rer. med. V. Bockermann (Abt. Neurochirurgie), PD Dr. med. dent. D. Ihlow, Dr. H. Burfeind, PD Dr. med. dent. M. Knösel, Dr. med. dent. J. Fialka-Fricke, Dr. med. dent. S. Fricke-Zech, Dr. med. L. Meeseburg, Dr. med. S. Bodenbun, Dr. med. dent. P. Bodenbun

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Fanghänel J, Gedrange T, Kubein-Meesenburg D, Nägerl H (2008) About the Development of New Endoprosthetics for the Human Knee with Natural Knee Mechanics. German Medical Journal, 5: 63-68

Weingartner J, Proff P, Fanghänel J, Kundt G, Gedrange T, Kubein-Meesenburg D, Gredes T (2008) Different bone sensitivity to malformations induced by procarbazine in fetal rats. J PHYSIOL PHARMACOL, 59 Suppl 5:17-25

Dumont C, Albus G, Kubein-Meesenburg D, Dathe H, Fanghänel J, Stürmer KM, Nägerl H (2008) Morphology of the interphalangeal joint surface and its functional relevance. American Journal of Hand Surgery, Vol. 33A, 9-18

Dumont C, Kubein-Meesenburg D, Fanghänel J, Adam P, Abicht C, Wachowski MM, Frosch KH, Stürmer KM, Nägerl H (2008) Morphologische Betrachtung des Fingermittegelenkes und mögliche neue Wege der Endoprothetik. Obere Extremität 2: 76-83

Dumont C, Burfeind H, Kubein-Meesenburg D, Hosten N, Fanghänel J, Gredes T, Nägerl H (2008) Physiological functions of the human finger. J Physiol Pharmacol Vol. 59, 69-74

Nägerl H, Frosch KH, Wachowski MM, Dumont C, Abicht C, Adam P, Kubein-Meesenburg D (2008) A novel total knee replacement with rolling articular surfaces. In vivo functional measurements and tests. Acta of Bioengineering and Biomechanics, Vo. 10, No. 1, 55-60

Frosch KH, Nägerl H, Kubein-Meesenburg D, Buchholz J, Dörner J, Dathe H, Hellerer O, Stürmer KM (2007) Eine neuartige Kniegelenksendoprothese mit physiologischem Roll-Gleitverhalten. Hightech für Ärzte, 30-33

Wachowski M, Ackenhausen A, Dumont C, Fanghänel J, Kubein-Meesenburg D, Nägerl H (2007) Mechanical properties of cervical motion segments. Archive of Mechanic Engineering, Vol. LIV, No. 1, 5-15.

Frosch KH, Flörkemeier T, Buchholz J, Dörner J, Kubein-Meesenburg D, Nägerl H, Stürmer KM (2006) Eine neuartige Kniegelenksendoprothese mit physiologischem Roll-Gleitverhalten - Biomechanische Grundlagen und erste klinische Ergebnisse. Orthopädische Nachrichten, 2: 6

Frosch KH, Flörkemeier T, Dörner J, Buchholz J, Hellerer O, Beck C, Kubein-Meesenburg D, Nägerl H, Stürmer KM (2006) Eine neuartige Kniegelenksendoprothese mit physiologischem Roll-Gleitverhalten - Biomechanische Grundlagen und erste klinische Ergebnisse. Med-Report, 38:8

2. Biomechanik der Mandibula

Grundlagenforschung und klinische Anwendung von neu entwickelten Mess- und Analysemethoden zur Biomechanik der Unterkieferbewegung

Entwicklung von Verfahren zur Evaluation der Struktur rein neuromuskulär gesteuerter Unterkieferbewegungen: Im ungestörten stomatognathen System kann die freie sagittale Unterkieferbewegung durch Drehungen um zwei Achsen beschrieben werden, die ortsfest kranial und anterior der Kiefergelenke liegen. Dysgnathie-Patienten zeigen Störungen der Koordination der Drehungen um diese Achsen.

Die kieferorthopädisch-chirurgische Therapie führt zu einer Harmonisierung der Struktur der Unterkieferbewegung, entsprechend unbehandelten störungsfreien Kl.-I-Probanden (Normalverzahnte).

Langzeituntersuchungen bei Kl.-II-Therapien lassen die Optimierung der Mandibulafunktion im Rahmen der Therapie in verschiedenen Ausprägungen entsprechend der Ausgangsbefunde erkennen.

Funktionsstörungen des kranio-mandibulären Systems

Drehachsen der Unterkieferbewegung: Die Aufzeichnung der Unterkieferbewegung ist ein etablierter Bestandteil zahnärztlicher Diagnostik und hat zum Ziel, Rückschlüsse auf den funktionellen Status des stomatognathen Systems zu ermöglichen. Mit Hilfe der Ermittlung der momentanen Drehzentren ist es im Gegensatz zur Achiographie möglich, die Bewegung des gesamten Unterkiefers zu analysieren. Die Studien hatten zum Ziel, die fehlerbehaftete Vorgehensweise der kondylären Bewegungsanalyse durch die Untersuchungsverfahren der allgemeinen Gelenkmechanik zu erweitern.

Biomechanik des Zahnbogens und der Zahnbewegung

Die strukturelle Analyse des Zahnbogens als Reihenschaltung von Gelenken lässt die Instabilität heutiger Zahnbögen als Reihenschaltung labiler Ketten erkennen.

- ▷ Frontzahn-Engstand: Morphologie und biomechanische Theorie des Frontzahnengstandes in normalen und Abrasionsgebissen. Es wurde ein Lagemess-System entwickelt, mit dem Asymmetrien der Zahnbewegung in mesialer/distaler Richtung, wie sie bei Patienten mit Engständen vorliegen, sowie eine interdentalen Vorspannung im Zahnbogen nach mesial nachgewiesen werden können.
- ▷ Prophylaxe eines Frontzahn-Engstandes nach kieferorthopädischer Behandlung durch ein von uns entwickeltes ultraschallbetriebenes Abrasionsverfahren, das die Langzeitstabilität des Zahnbogens erhöhen soll. Patent angemeldet. Langzeitstudie zum Stabilitätsverhalten.
- ▷ Entwicklung von Retentionsstandards, die in Abhängigkeit von Fasersymmetrien, Engstand und Gerätauswahl die Tragzeit vorgeben. Der entsprechende Retentionskatalog dient als Patienteninformation und sichert den Arzt forensisch ab.

2. Biomechanics of the Mandible

Basic Research and Clinical Application of New Measuring Methods and Analysis Methods of the Biomechanics of the Mandible Movement

Development of evaluation methods for the kinematics of purely neuromuscular guided mandible movements: The free mandible movements in undisturbed stomatognathic systems can be described by rotations around two axes, which are stationary and located cranial and anterior of the TMJ. Dysgnathic patients display disturbances of the coordination of the rotations around these two

axes. Combined orthodontic/orthognathic-surgical therapy leads to coordination of the mandibular motion structure comparable to the one in class.-I-persons without symptoms and orthodontic treatment.

Longtime analysis under class-II-therapy shows the optimisation of the function of the mandible in general, even though to a different extent corresponding to the initial findings.

Craniomandibular Disorders

Instantaneous helical axis (IHA): The recording of mandibular movement is a common diagnostic tool in the dentistry to evaluate the functional status of the stomatognathic system. Axiographic tracings represent merely the movement of single mandibular points. With the use of instantaneous centres of rotation (ICR), however, it is possible to analyse the movement of the whole mandible as opposed to axiographic tracing. Object of the investigations is to broaden the possibilities of movement analyses with regard to general joint mechanics.

Biomechanics of the Dental Arch and the Tooth Movement

The structural analysis of the dental arch as a serial connection of joints shows the instability of current dental arches as a serial connection of unstable chains.

- ▷ Anterior crowding: Morphology and biomechanical theory of the anterior crowding in normal and abrasive dental arches. An in vivo measuring system was developed to prove asymmetries of tooth movement and interdental pretension in mesial/distal direction, especially in patients with anterior crowding.
- ▷ Prevention of anterior crowding after orthodontic treatment by the use of an ultrasonic "enamel stripping method" were developed which should enhance long time stability of the dental arch. A patent has been registered. Longterm study to analyse the stability of the dental arch.
- ▷ Development of retention standards in relation to fibre asymmetry, crowding, selection of removable retention appliances, time of wear. The corresponding retention catalogue serves as patient information and provides forensic security to the doctor.

Arbeitsgruppenleiter/innen Group Leaders

Prof. Dr. D. Kubein-Meesenburg

Prof. Dr. H. Nägerl

PD Dr. R. Sadat-Khonsari

Kooperationen Cooperations

PD Dr. Dr. Oskar Bauss, Abteilung Kieferorthopädie, Medizinische Hochschule Hannover

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Kubein-Meesenburg D, Thieme KM, Weber S, Fanghänel J, Dumont C, Spassov A, Hahn W, Ihlow D, Nägerl H (2008) Mandible, maxilla and cervical spine - a functional unit? J PHYSIOL PHARMACOL, 59 Suppl 5: 75-80

Thieme KM, Kubein-Meesenburg D, Sadat-Khonsari R, Ihlow D, Nägerl H (2008) Neuromuskuläre Veränderungen unter Klasse-II FKO-Therapie (Neuromuscular changes during class-II orthodontic therapy). J orofac Orthop, 69(6): 499-500

Ihlow D, Kubein-Meesenburg D, Fanghänel J, Thieme KM, Hahn W, Dathe H, Zech S, Nägerl H (2007) Aspects of morphology and guidance of the human temporomandibular joint. ANN ANAT, 189(4): 339-41

Kubein-Meesenburg D, Thieme KM, Dumont C, Ihlow D, Nägerl H. (2007) The movement structure of the mandible and alignment of the neck. *ANN ANAT*, 189(4):387-9

Sadat-Khonsari R, Hahn W, Knösel M, Thieme KM, Nägerl H, Kubein-Meesenburg D (2007) Dimeric link chain and instantaneous centers of rotation of the mandible. *ANN ANAT*, 189(4): 390-2

Kubein-Meesenburg D, Fanghänel J, Ihlow D, Lotzmann U, Hahn W, Thieme KM, Proff P, Gedrange T, Nägerl H (2007) Functional state of the mandible and rolling-gliding characteristics in the TMJ. *ANN ANAT*, 189(4): 393-6

Rottner K, Richter EJ, Fanghänel J, Gedrange T, Kubein-Meesenburg D, Nägerl H, Proff P (2007) Effects of centric relation prematurities of the frontal teeth. *ANN ANAT*, 189(4): 397-403

Ihlow D, Kubein-Meesenburg D, Fanghänel J, Bernitt K, Hahn W, Dathe H, Sadat-Khonsari R, Thieme KM, Nägerl H (2007) Biomechanical aspects of mandibular growth. *ANN ANAT*, 189(4): 404-6

Thieme KM, Kubein-Meesenburg D, Ihlow D, Sadat-Khonsari R, Moldovan O, Nägerl H (2007) The mandibularly fixed hinge axis - investigation of patients with sound and pathological jaws. *ANN ANAT*, 189(4): 384-6

Thieme KM, Kubein-Meesenburg D, Ihlow D, Nägerl H (2006) Is a "movable hinge axis" used by the human stomatognathic system? *Acta Bioeng Biomech*, 8(1): 13-25

3. Algebraisierung verketteter Rotationen in MR Puls Sequenzen

Quantitative Verfahren gewinnen in der modernen Kernspintomographie (MRT) an Bedeutung, da sie Kennzahlen für funktionelle, pathologische und entwicklungsbedingte Veränderungen liefern. Sie beruhen wesentlich auf der modellhaften Beschreibung des Signals einer MRT-Pulssequenz, das durch eine Abfolge von Rotationen durch sog. HF-Pulse und Relaxationsintervalle bestimmt wird.

Der theoretische Rahmen zur Beschreibung verketteter Rotationen wurde von der Kinematik (H. Dathe) auf MRT-Pulssequenzen (G. Helms) übertragen. Dies führte zu geschlossenen Lösungen für instationäre und Gleichgewichtssituationen. Mittels der Halbwinkelsubstitution des Tangens wurden MRI Signalgleichungen in eine algebraische Form überführt und damit der Weiterverarbeitung durch Computeralgebra zugänglich gemacht. Dadurch erhielten wir symbolisch vereinfachte aber näherungsfreie Signalgleichungen weit verbreiteter MRI Sequenzen. Diese erlaubten eine unmittelbare Einsicht in die zu Grunde liegenden physikalischen Zusammenhänge und führten zu verbesserten Vorgehensweisen zur Quantifizierung und Optimierung von Experimenten.

3. Algebraization of concatenated rotations in MR pulse sequences

Quantitative methods are of increasing importance in modern magnetic resonance imaging (MRI), because they can provide parameters reflecting functional, pathological or developmental processes. They are based on modelling the signal of an MRI pulse sequence, which comprises a sequence of rotations (by RF-pulses) and relaxation intervals. The theoretical framework to describe concatenated rotations was transferred from kinematics (H. Dathe) to rotations in MRI pulse sequences (G. Helms). This yielded closed solutions for transient and steady state problems.. By means of the half-angle tangens transformation, MRI signals are rendered in algebraic form

and thus made accessible to symbolic computer analysis. Symbolically simplified exact signal equations of widely used MRI sequences were obtained.. These provided an easy insight into the underlying physical relationships and led to improved strategies for quantification and optimization of experiments.

Arbeitsgruppenleiter/innen Group Leaders

Dr. G. Helms, MR-Forschung in Neurologie and Psychiatrie, Anwendung

Dr. H. Dathe Abt. Kieferorthopädie, Theorie

Kooperationen Cooperations

Dr. Nikolaus Weiskopf, Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, Institute of Neurology, University College, London, UK

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Helms G, Hagberg GE. Pulsed saturation of the standard two-pool model for magnetization transfer - Part I: The steady state. *Concepts Magn Reson A* 2004; 21A: 37-49.

Helms G, Dathe H, Hagberg GE. Pulsed saturation of the standard two-pool model for magnetization transfer - Part II: The transition to steady state. *Concepts Magn Reson A* 2004; 21A: 50-62.

Helms G, Dathe H, Dechent P. Quantitative FLASH MRI at 3T using a rational approximation of the Ernst equation. *Magn Reson Med* 2008; 59(3):667-672.

Helms G, Dathe H, Kallenberg K, Dechent P. High-resolution maps of magnetisation transfer with inherent correction for RF inhomogeneity and T1 relaxation obtained from 3D FLASH MRI. *Magn Reson Med* 2008; 60(6): 1396-1407.

Helms G, Dathe H, Dechent P. Modeling the influence of TR and excitation flip angle on the magnetization transfer ratio (MTR) in human brain obtained from 3D FLASH MRI: *Magn Reson Med (submitted)*

Helms G, Weiskopf N. Multi-parameter mapping of the human brain at 1 mm resolution in less than 20 minutes. *Proc Intl Soc Magn Reson Med* 2008;16.

4. Entwicklung verbesserter kieferorthopädischer Behandlungskonzepte

Kieferorthopädisch-kieferchirurgische Fragestellungen

Für die kieferorthopädisch-chirurgische Behandlung von ausgeprägten dentofazialen Anomalien wurde ein Verfahren für die dreidimensionale gelenkbezügliche Einstellung von Kiefersegmenten nach biomechanischen Kriterien bei der Operationssimulation an Modellen entwickelt. Wesentlicher Bestandteil dieses Verfahrens ist die Anwendung des „Modell-Repositionierungs-Instrumentes“, das es ermöglicht, skelettal zu verlagernde Segmente nach Simulation im Artikulator intra-operativ exakt zu positionieren. (Schwestka-Polly).

Vergleichend wurden die Ergebnisse der mandibulären Vorverlagerung durch Funktionskieferorthopädie und durch kieferorthopädisch-chirurgische Therapie mit sagittaler Spaltung analysiert.

Frontzahntorque

Studien zur axialen Inklination (Winkel 3. Ordnung, „Torque“) oberer und unterer humaner Schneidezähne und zur Einstellung einer biomechanisch günstigen Frontzahnzuordnung. Vergleich der Ergebnisse von Modellvermessungen und kephalometrischen Befunden. Es wurden die Bereiche der kephalometrischen Fallplanung, die das Festlegen der individuell optimalen Schneidezahninklination auf Basis der basal-sagittalen Kieferrelation vorsieht, mit der Therapie (Korrektur der Winkel 3. Ordnung) verbunden. Damit ergibt

sich erstmals eine konkrete Richtlinie zur präzisen orthodontischen Behandlung gemäß der kephalometrischen Diagnostik. Es wurde weiterhin die funktionelle Vernetzung zwischen Winkeln 3. Ordnung und der Inklination einzelner Abschnitte der palatinalen Schmelzmorphologie demonstriert und die Basis für den Vergleich der Programmierungen 3. Ordnung von Straight-wire-Brackets und Lingualbrackets und damit für den Transfer etablierter Programmierungen 3. Ordnung in die Lingualtechnik geschaffen. Weiterhin wurde die funktionelle Vernetzung der individuellen morphologischen Ausprägung der Kronen-Wurzel-Geometrie und den verschiedenen Methoden der Frontzahninklinationsdiagnostik demonstriert. Entsprechend können die morphologischen Kronen-Wurzel-Parameter mittels einfacher Regressionsgleichungen und auf der Basis individueller, strahlenhygienischer Kiefermodellmessungen kalkuliert werden.

Untersuchungen zur intraoralen Kompartimentbildung

Es soll die Frage beantwortet werden, in welchem Umfang beim Schlucken und in Ruhe eine intraorale Kompartimentbildung zwischen Weich- und Hartgeweben stattfindet, und ob diese in Abhängigkeit von der bestehenden Zahnstellung variieren. Ziel ist das Testen der Nullhypothese, dass in Abhängigkeit verschiedener Malokklusionen (Kl. I; Kl. II/1; Kl. II/2; offener Biss) keine signifikanten Unterschiede bzgl. der Druckverlaufskurven im (a) subpalatinalen Raum und (b) interokklusalen Raum bestehen. Die Untersuchung der Kompartimentdifferenzierung erfolgt dabei manometrisch, d.h. es werden Luftdruck-Verlaufsprofile im Bereich des Vestibulums (zwischen Wange und Zahnreihe) sowie subpalatinal (zwischen Zungenrücken und Hartgaumen) erstellt.

Die Null-Hypothese, dass während der Funktion keine Kompartimentdifferenzierung stattfindet, wurde auf einem Signifikanz-Level von 5 % zurückgewiesen. Schluckamplituden und Plateauphasen waren durchgängig negativ. Die Kompartimentformation stellen einen in bisherigen Weichteil-Equilibriums-Modellen bislang unzureichend berücksichtigten Faktor dar.

Die Anwendung von Schienen in der Kieferorthopädie

Die Anwendung der Schienentherapie in der Kieferorthopädie findet bisher auf zweierlei Arten statt. Zum Einen werden hochelastische Tiefziehschienen (Positioner) für geringe Zahnbewegungen in der Endphase einer kieferorthopädischen Therapie eingesetzt. Zum Anderen ist es auch möglich, mit einer Sequenz von weniger elastischen, tiefgezogenen Schienen kieferorthopädische Behandlungen durchzuführen (Invisalign[®], individuell hergestellte Schienen).

Im Zuge dieses Forschungsprojektes werden unter Anwendung einer individuell konstruierten Messapparatur die beim Einsetzen verschiedener Schienensysteme freiwerdenden Kräfte und Drehmomente gemessen. Anhand der gemessenen Daten soll zunächst die Biomechanik dieses Behandlungsmittels beschrieben werden. Durch Messung modifizierter Schienensysteme sollen weiterhin Aussagen gewonnen werden, die es erlauben, die Schienen bezüglich des verwendeten Materials und ihres Aufbaus so zu variieren, dass eine Optimierung der Therapie möglich wird. In diesem Zusammenhang soll auch die mögliche Anwendung von shape memory Kunststoffen untersucht werden.

4. Development of Drafts of Treatment to Orthodontic Questions

Orthodontic-surgical problems

For the combined orthodontic-surgical treatment of distinct dento-facial abnormalities, a procedure has been developed for the three-dimensional joint-related set-up of jaw segments in accordance with biomechanical criteria in surgical simulation on model casts. An essential component of this procedure is the application of the "Modell-Repositionierungsinstrument" (Schwestka-Polly).

The results of mandibular-advancement with orthodontic functional appliances to sagittal split osteotomy were compared.

Individual torque of incisors

Studies on axial inclination of upper and lower incisors (III. order angle) for biomechanical ideal alignment of incisors. Comparison of measurements on casts and cephalometry.

These studies linked the realms of cephalometric diagnosis, with the field of therapy (correction of 3rd order angles). In addition, the functional enmeshment between 3rd order angles and the inclination of various sites of the palatal enamel surface was demonstrated, thus providing a basis for a comparison between 3rd order prescriptions of straight wire and lingual brackets. Furthermore, the functional enmeshment between individual morphological features of the crown-root geometry and 3rd order angles was demonstrated. Accordingly, morphological features can be calculated using simple regressions and on the basis of individual, radio-hygienic cast measurements.

Studies on intraoral Compartment differentiation

It is the aim of the investigation to test the null hypotheses of no significant differences between distinctive malocclusion classes (Kl. I; Kl. II/1; Kl. II/2; open bite) and intraoral pressure curve characteristics in the (a) subpalatal and (b) interocclusal compartment. Compartment differentiation is performed manometrically, i.e. pressure curve characteristics are recorded in the area of the vestibulum (between cheek and dental arches) and subpalatal (between tongue and hard palate).

The null-hypotheses of no compartment differentiation during function was rejected on a significance level of 5 %. Peaks and plateau phases were negative throughout all measurements. Compartment formation is a factor contributing to soft tissue equilibrium models that have received too little attention. so far.

The use of clear-aligner in orthodontics

The use of resin-clear-aligner in orthodontic therapy is now applicable in two ways. Firstly, highly elastic tracks (positioners) are used for diminutive tooth movements during the final steps of an orthodontic treatment. Secondly, it is also possible to carry out orthodontic treatment with a sequence of less elastic resin-track-appliance (Invisalign[®] individually constructed resin-track-appliance).

The forces and movements generated by a resin-track-appliance are measured with an individually designed force-torque-sensor-

system. It would be possible to optimise orthodontic therapy with this kind of appliances concerning forces and torques. In this context, the possible use of shape memory polymers for track-appliances in orthodontics is being tested.

Arbeitsgruppenleiter/innen Group Leaders

Dr. W. Hahn

Prof. Dr. D. Kubein-Meesenburg

PD Dr. M. Knösel

Kooperationen Cooperations

Prof. Dr. Charles Burstone, Department of Orthodontics, University of Connecticut Health Centre, Farmington, USA

Prof. Dr. Dr. Wilfried Engelke, Abt. MKG-Chirurgie

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Bauss O, Röhring J, Sadat-Khonsari R, Kiliaridis S (2008) Influence of orthodontic intrusion on pulpal vitality of previously traumatized maxillary permanent incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 134(1): 12-7

Hahn W, Fricke J, Fricke-Zech S, Zapf A, Gruber R, Sadat-Khonsari R (2008) The use of a neodymium-iron-boron magnet device for positioning a multi-stranded wire retainer in lingual retention - a pilot study in humans. *Eur J Orthodont (Internet-Ausgabe)*, 30(5): 433-6

Hahn W, Fricke-Zech S, Fricke J, Gruber R, Dullin C, Zapf A, Hannig C, Kubein-Meesenburg D, Sadat-Khonsari R (2008) Detection and size differentiation of simulated tooth root defects using flat-panel volume computerized tomography (fpVCT). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*

Knösel M, Attin R, Becker K, Attin T (2008) A randomized CIE L*a*b* evaluation of external bleaching therapy effects on fluorotic enamel stains. *QUINTESSENCE INT*, 39(5):391-9

Knösel M, Engelke W, Attin R, Kubein-Meesenburg D, Sadat-Khonsari R, Gripp-Rudolph L (2008) A method for defining targets in contemporary incisor inclination correction. *Eur J Orthodont (Internet-Ausgabe)*, 30(4): 374-80

Knösel M, Attin R, Becker K, Attin T (2007) External bleaching effect on the color and luminosity of inactive white-spot lesions after fixed orthodontic appliances. *ANGLE ORTHOD*, 77(4):646-52

Knösel M, Attin R, Kubein-Meesenburg D, Sadat-Khonsari R (2007) Cephalometric assessment of the axial inclination of upper and lower incisors in relation to the third-order angle. *J Orofac Orthop*, 68(3): 199-209

Knösel M, Kubein-Meesenburg D, Sadat-Khonsari R (2007) The third-order angle and the maxillary incisor's inclination to the NA line. *ANGLE ORTHOD*, 77(1): 82-7

Cronau M, Ihlow D, Kubein-Meesenburg D, Fanghänel J, Dathe H, Nägerl H (2006) Biomechanical features of the periodontium: an experimental pilot study in vivo. *Im J Orthod Dentofacial Orthop*, 129(5): 599.e13-21

Cronau M, Kubein-Meesenburg D, Ihlow D, Nägerl H, Fanghänel J (2006) High-resolution in vivo measurement of biomechanical features of the periodontium. *Acta Bioeng Biomech*, 8(1):27-36

Lohrmann B, Schweska-Polly R, Nägerl H, Ihlow D, Kubein-Meesenburg D (2006) The influence of functional orthodontic and mandibular sagittal split advancement osteotomy on dental and skeletal variables - a comparative cephalometric study. *EUR J ORTHODONT*, 28(6): 553-60

5. Untersuchungen zu implantologischen Fragestellungen

Weichgewebsmanagement in der Implantologie

Im Zuge dieses Projektes wurden drei neue Verfahren zur Beeinflussung des periimplantären Weichgewebes zur Optimierung der Ästhetik entwickelt. Zum Einen wurde eine nahtlose Papillenplastik in Kombination mit der Implantatfreilegung beschrieben (UPUP), zum Anderen wurde die mögliche Anwendung von Kombinationslappenplastiken zum periimplantären Weichgewebsaufbau dargestellt. Im Überschneidungsbereich von Kieferorthopädie und Im-

plantologie, so zeigen einige Fälle, ist es möglich, vor der kieferorthopädischen Therapie sowohl die Implantatinsertion als auch die prothetische Versorgung definitiv durchzuführen.

Die Beeinflussung der Primärstabilität von Mikroimplantaten in der Kieferorthopädie

Im Bereich der Kieferorthopädie werden Mikroimplantate zur Verankerung benutzt. In diesem Zusammenhang sind deren primäre Stabilität und der langfristige Erhalt derselben von entscheidender Bedeutung. Die Stabilität kann durch mechanische Einflüsse vermindert werden. Im vorliegenden Forschungsprojekt werden mögliche mechanische Einflussfaktoren auf die Stabilität untersucht.

5. Research on Implantology

Soft tissue management in implantology

In the course of this project, three methods of optimising the aesthetic of periimplant soft tissue are developed. One the one hand, a sutureless method to reconstruct periimplant papilla is established (UPUP). Secondly, a possible application of combination flaps to rebuild periimplant soft tissue is described. With a combined therapy linking orthodontics and implantology, it is possible to carry out implant insertion as well as prosthetic reconstruction prior to the orthodontic therapy.

The possible influences on the primary stability of the microimplants in orthodontics

In the field of orthodontics, microimplants are used for anchorage. In this context, their primary stability and durability are of key importance. Stability can be influenced by mechanical and thermal factors. In this research project, factors of influence on the stability are investigated.

Arbeitsgruppenleiter/innen Group Leaders

Dr. W. Hahn

PD Dr. R. Sadat-Khonsari

Kooperationen Cooperations

Prof. Dr. C. Fenske, Abteilung Prothetik, Universität Hamburg-Eppendorf

Prof. Dr. L. Frommann, Technische Universität Clausthal

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Hahn W, Klotz S, Gruber RM. Knochenaufbau in der zahnärztlichen Implantologie, Band 1: Allgemeine und operative Grundlagen, Spitta Verlag, Balingen, 2008, Seiten 9-26. ISBN: 978-3-938509-49-4

Hahn W, Klotz S, Gruber RM. Knochenaufbau in der zahnärztlichen Implantologie, Band 2: Weiterführende operative Techniken, Spitta Verlag, Balingen, 2008, Seiten 145-226. ISBN: 978-3-938509-67-8

Sadat-Khonsari R, Mohammed R (2008) Bewegungsanalyse des Unterkiefers mit Hilfe der momentanen Drehzentren. Shaker Verlag, Aachen, Seiten: 194

Hahn W (2006) Weichgewebsmanagement und Weichgewebeästhetik in der Implantologie. Spitta Verlag, Balingen, Seiten: 210

Anhang Appendix

Habilitationen

Ihlow D, Biomechanik des Zahnbogens und dento-alveoläre Vorspannung: Theorie, Messung und klinische Konsequenz. Habilitation Universität Göttingen 2006

Medizinische Dissertationen (Dr. med.; Dr. med. dent.)

Doctorate Theses (Dr. med.; Dr. med. dent.)

Zech S und Fricke J. Dr. med. dent., Morphologische und biomechanische Untersuchungen an menschlichen Kiefergelenken und Cercopithecus mona-Präparaten. Dissertation Universität Greifswald und Universität Göttingen 2006

Wachowski M, Dr. med., Biomechanik des C3/C4-Segments; Bedeutung der Unkovertebral- und Wirbelbogengelenke für die Kinematik und Steifigkeit. Dissertation Universität Göttingen 2006

Elsner V, Dr. med. dent., Biomechanik des Zahnbogens und des Frontzahnengstandes. Dissertation Universität Göttingen 2006

Perplies R, Dr. med. dent., Die Krümmungsmorphologie der drei Gelenke des Daumens. Dissertation Universität Göttingen 2007

Jähnig J, Dr. med. dent., Krümmungsmorphologie der Gelenkflächen im distalen Radioulnargelenk und funktionelle Konsequenzen. Dissertation Universität Göttingen 2007

Meesenburg L, Dr. med., Theoretische Studie zur Biomechanik der Hand. Dissertation Universität Greifswald und Universität Göttingen 2008

Naturwissenschaftliche und andere Dissertationen (Dr. rer. nat. und andere)

Doctorate Theses (Dr. rer. nat. and others)

Abicht Ch., Dr. rer. med., Künstliche Kniegelenke nach dem Vier-Gelenk-Prinzip. Dissertation Universität Jena, Universität Greifswald und Universität Göttingen 2006

Internationale wissenschaftliche Kooperationen

International Scientific Cooperations

Prof. Dr. Charles Burstone, Department of Orthodontics, University of Connecticut Health Centre, Farmington, USA

Firmenkooperationen Industrial Cooperations

aap Implantate AG, Berlin

AEQUOS GmbH, München

Otto Bock HealthCare GmbH, Duderstadt

Arbeitsgemeinschaft Biomechanik Research Group Biomechanics

Prof. Dr. D. Kubein-Meesenburg, Prof. Dr. H. Nägerl, PD Dr. C. Dumont und PD Dr. K.-H. Frosch (beide Abt. Unfallchirurgie), Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. H. Dathe, Dr. Bockermann (Abt. Neurochirurgie), PD Dr. D. Ihlow, Dr. H. Burfeind, Dipl.-Ing. Chr. Fiedler, Dr. R. Perplies, PD Dr. M. Knösel, Dr. U. Walter (geb. Nitsch), Dr. J. Fialka-Fricke, Dr. S. Fricke-Zech, Dr. med. L. Meesenburg, Dr. med. dent. P. Bodenburg, Dr. med. St. Bodenburg

Schutzrechte, Patente mit Bezug zu laufenden wissenschaftlichen Arbeiten

Intellectual Property Rights with relation to momentary scientific works

Kubein-Meesenburg D, Nägerl H „(DE) Künstliches Gelenk“ (Anmeldedatum: 08.12.1992, Veröffentlichungsdatum 15.10.2000, Veröffentlichungsnummer AT0000196838E)

Kubein-Meesenburg D, Nägerl H „(DE) Künstliches Gelenk zum Ersatz der menschlichen Knie-scheibe“ (Anmeldedatum: 16.02.1994, Veröffentlichungsdatum 15.09.1999, Veröffentlichungsnummer AT0000183631E)

Kubein-Meesenburg D, Nägerl H, Ihlow D, „Static link chain“ (Anmeldedatum: 07.12. 2001, Veröffentlichungsdatum 01.07.2002, Veröffentlichungsnummer AT0200226285A)

Kubein-Meesenburg D, Ihlow D, Nägerl H „, (DE) Zahnschleifkörper zur Behandlung eines Engstandes von Zähnen“ (Anmeldedatum: 13.09.1999, Veröffentlichungsdatum 19.07.2001, Veröffentlichungsnummer DE0019943868C2)

Kubein-Meesenburg, D, Ihlow D, Nägerl H „, Statische Gelenkkette“ (Anmeldedatum: 18.12.2000, Veröffentlichungsdatum 06.06.2002, Veröffentlichungsnummer DE 0010063149C1)

Kubein-Meesenburg D, Nägerl H „(DE) Künstliches Gelenk (EN) Artificial joint (FR) Articulation artificielle“ (Anmeldedatum: 08.12.1992, Veröffentlichungsdatum 11.10.2000, Veröffentlichungsnummer EP0000734701B1)

Kubein-Meesenburg D, Nägerl H „, (DE) Künstliches Gelenk zum Ersatz der menschlichen Knie-scheibe (EN)...“ (Anmeldedatum: 16.02.1994, Veröffentlichungsdatum 25.08.1999, Veröffentlichungsnummer EP0000691830B1)

Kubein-Meesenburg D, Ihlow D, Nägerl H „Dental abrading body for treating tooth crowding“ (Anmeldedatum: 13.03.2002, Veröffentlichungsdatum 26.09.2002, Veröffentlichungsnummer US2002137009A1)

Kubein-Meesenburg D, Nägerl H „Exoprosthesis for the human knee-joint“ (Anmeldedatum: 22.05.2000, Veröffentlichungsdatum 03.09.2002, Veröffentlichungsnummer US0006443994B1)

Kubein-Meesenburg D, Nägerl H „Artificial condyle for the human hip-joint“ (Anmeldedatum: 11.01.2000, Veröffentlichungsdatum 06.11.2001, Veröffentlichungsnummer US0006312471B1)

Kubein-Meesenburg D, Nägerl H „Artificial joint, in particular endoprosthesis for replacing natural...“ (Anmeldedatum: 17.02.1998, Veröffentlichungsdatum 19.09.2000, Veröffentlichungsnummer US0005879390A)

Kubein-Meesenburg D, Nägerl H „Artificial Joint“ (Anmeldedatum: 30.08.1996, Veröffentlichungsdatum 09.03.1999, Veröffentlichungsnummer US0005879390A)

Kubein-Meesenburg D, Nägerl H „Static link chain“ (Anmeldedatum: 07.12.2001, Veröffentlichungsdatum 27.06.2002, Veröffentlichungsnummer WO2002050451A1)

Kubein-Meesenburg, D, Nägerl H „(DE) Exoprothese für das menschliche Kniegelenk (EN) Exoprosthesis for...“ (Anmeldedatum: 17.11.1998, Veröffentlichungsdatum 22.03.2002, Veröffentlichungsnummer WO1999026564A1)