



Prof Dr Bernd Kordaß

Deputy Director, Clinic for Prosthodontics and Dental Materials, Greifswald; Chairman, DGCZ Section of Informatics; Chairman, DGZMK study group for didactics and knowledge transfer in dentistry, oral medicine, and orthodontics; Founding director of the Center for Applied Informatics, Flexible Learning, and Telemedicine (CIFT) at the Ernst Moritz Arndt University in Greifswald. Dean for student education, Dental School (deputy dean for student education, medical school), Greifswald; Member of the Editorial Board of the IJCD. Greifswald, Germany

Stellv. Direktor der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde in Greifswald, Leiter der Abt. Zahnmedizinische Propädeutik und Community Dentistry; Vorsitzender der Sektion Informatik in der DGCZ; Vorsitzender des Arbeitskreises der DGZMK für „Didaktik und Wissensvermittlung in der ZMK“; Gründung und Leitung des „Instituts (Centrum) für angewandte Informatik, flexibles Lernen und Telemedizin (CIFT)“ an der Universität Greifswald; Studiendekan Zahnmedizin (stellv. Studiendekan Medizin); Beiratsmitglied des IJCD. Greifswald

Virtual Occlusion – Undreamed-of Possibilities

„Virtuelle“ Okklusion – ungeahnte Möglichkeiten

Occlusion is unquestionably an important foundation of all restorative work in dental medicine and dental engineering. If dental restorations are not sufficiently occlusally adapted both functionally and individually, secondary iatrogenous effects of a dysfunctional nature can be expected in the mid- and long term.

So far, in terms of occlusion, CAD/CAM has focused primarily on single-tooth restorations. Here, even coarser occlusal interferences can be removed by skillful grinding-in directly after insertion – provided that the anatomical structure of the occlusal surfaces to be integrated more or less corresponds with the antagonist and there is sufficient substance to subtractively rework the occlusal surface shape. However, CAD/CAM technologies are starting to take over new segments of more extensive restorations, such as dental bridges or removable dentures. In the future, not only framework structures without occlusal surfaces will stand in the foreground, but also complete occlusal surfaces will be produced by means of CAD/CAM – the increasing rationalization pressure in the production process alone will make this necessary. But what principles should CAD/CAM occlusal surfaces follow and where are

Die Okklusion ist ohne Frage ein wichtiges Fundament allen restaurativen Arbeitens in Zahnmedizin und Zahntechnik. Wenn zahnärztliche Restaurationen okklusal nicht ausreichend funktionell und individuell anpasst werden, sind iatrogen verursachte Folgeerscheinungen dysfunktioneller Natur mittel- und langfristig zu erwarten.

Bislang hat CAD/CAM okklusal primär auf Einzelzahnrestorationen fokussiert. Hier können durch geschicktes Einschleifen unmittelbar nach Eingliederung auch gröbere okklusale Interferenzen entfernt werden – vorausgesetzt, die anatomische Struktur der einzugliedernden Kauflächen korrespondiert halbwegs mit der Gegenbeziehung und es ist genügend Substanz vorhanden, um die Kauflächenform subtraktiv nachzuarbeiten. Die CAD/CAM-Technologien beginnen aber neue Segmente umfangreicherer Restaurationen, wie zahnärztliche Brücken oder herausnehmbaren Zahnersatz, zu erobern. Dabei werden in Zukunft nicht nur Gerüstkonstruktionen ohne Kauflächen im Vordergrund stehen, sondern auch komplette Kauflächen mittels CAD/CAM gefertigt werden – allein schon der zunehmende Rationalisierungsdruck im Fertigungsprozess wird dieses erforderlich



there “virtual” instruments for implementing principles of virtual occlusion? The concept of transferring the world of dental engineering 1:1 to the “virtual” world of computer technology does not lead very far, for it is almost impossible to imagine building up occlusal surfaces with “virtual” dropping instruments and “virtually simulated” waxy materials, and then checking them in a “virtual” articulator simulating the mechanical articulator. The “virtual” computerized world follows its own rules and has its own possibilities and opportunities which can exist and function only in and with it. For example, eBay auctions in their existing form are conceivable only as computerized transactions. Transferred to the “virtual” occlusion, all strategies and concepts which depart from the previous methods and forms of implementation are interesting, so that with the computer's own possibilities, the working processes are enormously accelerated and automated, but can nevertheless lead to an individually adapted, functional and stable occlusion.

Solutions for the “virtual occlusion” are discussed in this issue. The working group of J. Richter and A. Mehl in Munich orients itself to mathematical models for describing morphological properties of occlusal surfaces, to “biogenetically” reconstruct lost tooth structure in the occlusal surface area as individually as possible for inlays. In addition, the study by M. Busch on the development of software for the automatic setup of artificial teeth and their prosthetic implementation also shows that CAD/CAM is making inroads into removable dentures, such as the total prosthesis. Something like a “3rd tooth eruption” is actually only possible in the computer. The paper by Ch. Späth examines such a settling strategy, in which occlusal surface shapes from a database approach occlusally and

adjust to the antagonist as in tooth eruption. The article by F. Hartung examines whether the virtual occlusion generated in this way agrees with the occlusion of the milled crown. The GEDAS software system (Greifswald Digital Analyzing System), which helps to digitize the real occlusion of a patient in a simple manner and makes it available in the computer, is used in this case. The paper by D. Hützen introduces the software system itself and measurement of clinical reproducibility as one of the most important quality features.

GEDAS will make it possible for the first time to occlusally examine a larger number of persons representative of the population, while keeping resource expenditures at an acceptable level. GEDAS will therefore be used in the SHIP basic epidemiological study (Study of Health in Pomerania, $n = 3000$ to 4000 , according to final response) and will acquire for the first time real prevalence data on occlusal contact patterns of functional and dysfunctional form. Initial analyses of the results already indicate that forms of occlusion which function well must not necessarily obey strict gnathological principles, and that there is great variability in occlusally functioning dentition. The concepts and principles of “virtual” occlusion and occlusal surface design will be able to profit greatly from these results. The age of purely mechanistic occlusion oriented to the possibilities of the mechanical articulator is past. In the future, “virtual” occlusion will have to be oriented to new standards. Neurobiological and neuronal aspects of the control of masticatory movements and chewing forces will play an increasingly important role in the future consideration of functional occlusion. Computerized techniques and “virtual” methods are indispensable to acquire, adequately display and implement this. Approaches

to the analysis of movement patterns, which can serve for controlling “virtual” articulators, are explained in the last paper contributed by myself.

The optimum “virtual” occlusion is without doubt one of the most important tasks which the CAD/CAM technique must take on today. There are innovative approaches which already reveal the undreamed-of possibilities of virtual techniques. It is my hope that the enthusiasm of the working groups and the commitment to the scientific work on this subject will prove contagious to our readers.

Prof. Dr. Bernd Kordaß



machen. Aber welchen Prinzipien sollten CAD/CAM-Kauflächen folgen und wo gibt es „virtuelle“ Instrumente zur Umsetzung von Prinzipien einer „virtuellen“ Okklusion?

Das Konzept, die Welt der Zahntechnik 1:1 auf die „virtuelle“ Welt der Computertechnologie zu übertragen, führt nicht sehr weit, denn es ist schlechterdings kaum vorstellbar, Kauflächen mit „virtuellen“ Tropfinstrumenten und „virtuell-simulierten“ wachstypischen Materialien aufzubauen, um sie dann in einem, dem mechanischen Artikulator nachempfundenen, „virtuellen“ zur kontrollieren. Die „virtuelle“, computergestützte Welt folgt eigenen Regeln und hat eigene Möglichkeiten und Chancen, die nur in ihr selbst und mit ihr existieren und funktionieren können. Ebay-Auktionen beispielsweise sind in der existierenden Form nur computergestützt denkbar. Übertragen auf die „virtuelle“ Okklusion sind alle Strategien und Konzepte interessant, die die bisherigen Methoden und Umsetzungsformen verlassen, damit mit den ureigenen Computermöglichkeiten die Arbeitsprozesse enorm beschleunigt und automatisiert werden und trotzdem zu einer individuell angepassten, funktionellen und stabilen Okklusion führen können.

In diesem Heft werden solche Lösungsansätze zur „virtuellen Okklusion“ thematisiert. Die Münchener Arbeitsgruppe J. Richter und A. Mehl orientiert sich an mathematischen Modellen zur Beschreibung morphologischer Eigenschaften von Kauflächen, um verloren gegangene Zahnhartsubstanz im Kauflächenbereich für Inlays „biogenetisch“ so individuell wie möglich zu rekonstruieren. Dass CAD/CAM aber auch an dem herausnehmbaren Zahnersatz, wie der totalen Prothese, nicht Halt macht, zeigt die Arbeit von

M. Busch zur Entwicklung einer Software für die automatische Zahnaufstellung künstlicher Zähne und deren prothetischer Umsetzung. Nur im Computer ist eigentlich auch so etwas wie eine „3. Zahnung/Zahntwicklung“ möglich. Die Arbeit von Ch. Späth untersucht eine solche Strategie des „Settlings“, bei der sich Kauflächenformen aus einer Datenbank dem Antagonisten wie bei der Zahnung/Zahntwicklung okklusal annähern und einstellen. Ob die auf diese Weise erzeugte „virtuelle“ Okklusion mit der Kauflächenokklusion der gefrästen Krone übereinstimmt, untersucht die Arbeit von F. Hartung. Dabei wird das Software-System GEDAS (Greifswald Digital Analyzing System) verwendet, das die reale Okklusion eines Patienten und Probanden auf einfache Weise digitalisieren hilft und im Computer verfügbar macht. Das Software-System selbst und die Messwerte zur klinischen Reproduzierbarkeit als eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale stellt die Arbeit von D. Hützen vor.

Perspektivisch bietet GEDAS erstmals die Möglichkeit, mit vertretbarem Aufwand eine größere, bevölkerungsrepräsentative Zahl von Menschen okklusal zu untersuchen. GEDAS wird deswegen in der epidemiologischen Basisstudie SHIP (Study of Health in Pomerania, N = 3000–4000 je nach endgültiger Response) eingesetzt und wird erstmals echte Prävalenzdaten zu okklusalen Kontaktmustern funktioneller und dysfunktioneller Form erheben. Erste Sichtungen der Ergebnisse lassen bereits erahnen, dass durchaus gut funktionierende Okklusionsformen nicht unbedingt strengen gnathologischen Prinzipien gehorchen müssen und dass es eine große Variabilität des okklusal Funktionierenden gibt.

Die Konzepte und Prinzipien für die „virtuelle“ Okklusion und Kauflächen-gestaltung werden von diesen Ergebnissen sehr profitieren können.

Das Zeitalter der rein mechanistischen, an den Möglichkeiten des mechanischen Artikulators orientierten Okklusion ist vorbei. Perspektivisch wird sich eine kommende „virtuelle“ Okklusion an neuen Maßstäben orientieren müssen. Neurobiologische und neuronale Aspekte der Steuerung von Kaubewegungen und Kaukräften werden bei zukünftiger Betrachtung einer funktionellen Okklusion eine zunehmend wichtige Rolle spielen. Um diese zu erfassen, adäquat darzustellen und umzusetzen, sind computergestützte Techniken und „virtuelle“ Methoden unverzichtbar. Ansätze zur Analyse von Bewegungsmustern, die der Einsteuerung „virtueller“ Artikulatoren dienen können, werden in der letzten Arbeit, die von mir selbst beigeleitet wurde, erläutert.

Die optimale „virtuelle“ Okklusion ist ohne Zweifel eine der wichtigsten Aufgaben, denen sich die CAD/CAM-Technik heute stellen muss. Es gibt innovative Lösungsansätze, die die ungeahnten Möglichkeiten virtueller Techniken bereits erahnen lassen. Es wäre schön, wenn ein wenig von der Begeisterung der Arbeitsgruppen und dem Engagement, das mit der wissenschaftlichen Bearbeitung dieses Themas verbunden ist, beim Lesen der Artikel herüberkäme.

Prof. Dr. Bernd Kordaß