

1. Einleitung

1.1 Die Entwicklung von der Gusstechnik zu den CAD/CAM-Verfahren

Seit Beginn des 19. Jahrhunderts versucht man, den Metallguss für die zahnärztliche Prothetik zu nutzen (Hofmann-Axthelm, 1985). In der Literatur findet man erste schriftliche Arbeiten zum Metallguss in der Zahnheilkunde von *A. Ollendorff* im Jahre 1904 und 1907 (Ollendorff, 1904). Die Technik des Metallgusses ist auch heute noch zahntechnischer Standard zur Herstellung von Kronen und Brücken.

Neben den guten mechanischen Eigenschaften des gegossenen Zahnersatzes, ist jedoch die Ästhetik für unseren westlichen Kulturkreis unbefriedigend. Es wurde versucht, die metallischen Gerüste mit zahnfarbenen Werkstoffen zu verblenden. Mitte der dreißiger Jahre wurde hierfür, durch die Entwicklung zahnfarbener Kunststoffe für die Zahnmedizin, der Grundstein gelegt. Ab 1960 kamen dann keramische Massen für die Verblendung von Kronen und Brücken zum Einsatz (Henning, 1976).

Die Metallkeramik mit gegossenem Gerüst ist eines der am häufigsten angewandten Versorgungsformen im Bereich des festsitzenden Zahnersatzes (KZBV, statistische Basisdaten 2004).

Trotz dieses Erfolges der Metallkeramik mit gegossenem Gerüst, wird seit Anfang der siebziger Jahre von verschiedenen Arbeitsgruppen an CAD/CAM-Systemen gearbeitet. Bereits 1971 begann *Francois Duret* mit der Planung eines CAD/CAM-Systems, mit welchem 1985 die erste Krone gefräst wurde. *Mörmann* und *Brandestini* begannen 1980 mit der Entwicklung eines Chairside-Systems, aus dem später das Cerec-System entstand (Mehl, 2001; Mörmann, Brandestini, 1987). Bis Mitte der neunziger Jahre war allerdings das Interesse an CAD/CAM-Systemen gering, da die Passgenauigkeiten nicht ausreichten und hohe Anschaffungskosten bestanden. Erst in den letzten Jahren kam es durch die rasanten Fortschritte in der Computer- und Fertigungstechnologie zur Entwicklung von mehreren brauchbaren CAD/CAM-Systemen (Schmidt, et al., 1998).

Unter CAD (computer aided design) versteht man die Konstruktion eines Werkstückes am Computer und unter CAM (computer aided manufacturing) die Herstellung dieses Werkstückes durch voll automatisierte Fräs-/Schleifeinheiten. Zielsetzung in der Zahnmedizin ist eine Automatisierung des aufwendigen, zahntechnischen Produktionsprozesses der Gusstechnik.

Bei der konventionellen Gusstechnik der Gerüste für Metallkeramikkronen wird die zahntechnische Arbeit auf einem Gipsmodell modelliert. Dieses Wachsgerst muss anschließend eingebettet werden und wird in Metall gegossen. Abschließend wird das Metallgerüst ausgebettet, ausgearbeitet und keramisch verblendet.

Aufgrund dieses komplexen zahntechnischen Werdeganges, treten in der Gusstechnik Probleme auf. Metallen müssen beispielsweise Elemente zugefügt werden, um eine gussfähige Legierung zu erhalten. Daraus ergibt sich eine verminderte chemische Beständigkeit und daraus folgend eine verminderte Biokompatibilität (Geis-Gerstorfer, et al., 1986).

Ein weiteres Problem der Gusstechnik besteht darin, dass es nicht immer gelingt, poren- und lunckerfreie Güsse zu erzielen (Kappert 1986; Marx, 1967).

Zahlreiche Studien haben die Problematik der Lunckerbildung beim Guss von Titan belegt (Geis-Gerstorfer, et al., 1989; Probster, et al., 1991).

Auch in der Präzision bringt die Gusstechnik Probleme mit sich. Hier wäre zunächst die Dimensionsänderung der Wachsmodellation zu nennen. Die feste Schwindung der Gusslegierung bei der Abkühlung vom Soliduspunkt zur Raumtemperatur liegt in einer Größenordnung von 1,5 bis 2,7 % (Gehre, 1967). Auch der Versuch, über die Expansion der Einbettmasse diese Dimensionsänderungen auszugleichen, ist ein Unsicherheitsfaktor für die Präzision einer zahntechnischen Arbeit.

Betrachtet man die Gusstechnik unter wirtschaftlichen Aspekten, so sind die anfallenden Metallreste in Form von Gusskanälen und Gusstrichtern auch von Nachteil. Der Metallverlust einer metallkeramischen Arbeit kann bis 23 % betragen (Schwickerath, 1981).

Die Arbeitszeit ist von hoher Wichtigkeit, wenn es um die Wirtschaftlichkeit eines Herstellungsverfahrens geht. Auch hier kommt es bei der umfangreichen Produktionskette in der Gusstechnik zu Nachteilen.

Die Verarbeitung von Metallen in der Gusstechnik hat gegenüber des vollkeramischen Zahnersatzes aus der CAD/CAM-Technik auch einen ästhetischen Nachteil.

Alle diese genannten technologischen, wirtschaftlichen und ästhetischen Probleme der Gusstechnik sind Argumente, die Entwicklung der CAD/CAM-Systeme voranzutreiben.

1.2 Allgemeine Funktionsweise von CAD/CAM-Systemen

Eine CAD/CAM-Produktionskette beginnt zunächst mit der Digitalisierung des präparierten Zahnstumpfes. Der präparierte Stumpf kann intraoral erfasst werden, wodurch eine Abdrucknahme und Modellherstellung entfällt. Bei der extraoralen Erfassung ist die Modellherstellung nötig. Hier werden die Maße des Modellstumpfes ebenfalls digitalisiert. Bei einigen CAD/CAM-Systemen wird auch erst die Modellation aus Wachs oder Kunststoff erfasst. Die Gewinnung der Daten kann mechanisch über Abtasten, optisch mit Hilfe von Licht oder über Laserstrahlung erfolgen. Über eine CAD-Software werden die digitalen Daten zur Modellation eines virtuellen Gerüsts an einem PC genutzt.

Der so gewonnene Datensatz aus dem CAD-Prozess wird in eine Fertigungsanlage übertragen. Diese kann sich in der zahnärztlichen Praxis, in einem zahntechnischen Labor oder in einem Produktionszentrum befinden. Der dreidimensionale digitale Datensatz des Zahnersatzes wird in den meisten Fällen in CNC - Fräs - oder Schleifbahnen umgerechnet. Aus Rohlingen unterschiedlichster Materialien werden anschließend die Gerüste herausgefräst und/oder geschliffen. Etabliert haben sich aufgrund ihrer sehr guten Biokompatibilität Titan und Zirkoniumdioxid. Zirkoniumdioxid hat zusätzlich aufgrund seiner weißen Farbe einen hohen ästhetischen Vorteil.

Ausnahmen zur Herstellung des Zahnersatzes bei der CAM-Fertigung mittels Fräsen und/oder Schleifen aus Rohlingen bilden das Laserschmelzen und die Funkenerosion. Das Laserschmelzen findet seine Anwendung im CAD/CAM-System der Firma BEGO Medical (Bremen, D), welches Gegenstand dieser In-vitro-Studie ist.

1.3 Das CAD/CAM-System der Firma BEGO Medical

Die Firma BEGO Medical (Bremen, D) hat ein Laser-Schmelz-Verfahren auf den Markt gebracht, wo durch einen Laser, gesteuert durch eine CAM-Software, einzelne Schichten aus einem Metallpulver örtlich definiert kompaktiert werden, und somit ein Gerüst für eine Metallkeramikkrone oder für eine Metallkeramikbrücke aufgebaut wird (Abb. 1).

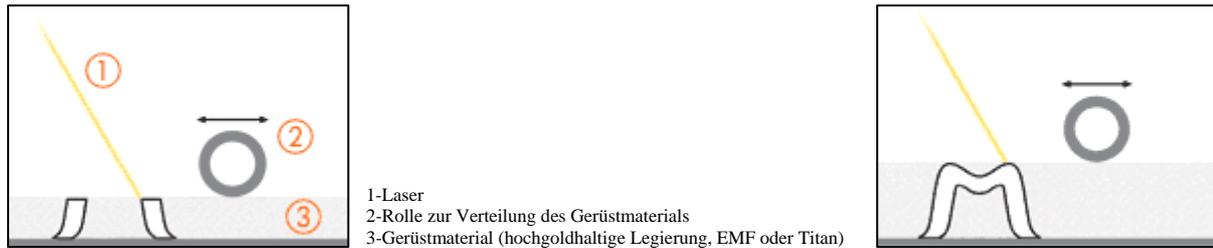


Abb. 1: Laserschmelzung des Gerüsts (Quelle: BEGO Medical)

Die Kompaktierung eines Metallpulvers mittels eines Lasers ist auf dem umfangreichen Markt der CAD/CAM-Verfahren einzigartig. Ein Vorteil gegenüber der Frästechnik anderer CAD/CAM-Verfahren liegt in der Materialersparnis.

Es wird ausschließlich nur Metall für das Gerüst kompaktiert. Im Gegensatz dazu kommt es bei der Herstellung von Gerüsten mittels einer Fräs – oder Schleiftechnik immer zu einem Metallverlust bedingt durch das Abtragen von Metall von einem Rohling. Weiterhin entsteht bei der Kompaktierung des Legierungspulvers ein homogeneres Metallgefüge als beispielsweise bei der Gusstechnik. Die Oxidbildung der Legierung ist beim Laserschmelzen geringer als bei der Gusstechnik (Strietzel, 2002). Verarbeitet werden kann gegenwärtig eine hochgoldhaltige Edelmetalllegierung, eine CoCrMo-Legierung und Titan.