

Autor
Entwickler
Status
Fundamental
Kategorie
Verfahrensbeschreibung

Grundlagen des Rapid Prototyping für Dental-Applikationen

Basic principles of Rapid Prototyping for dental applications

Dr. Martin Klare, Frank Gischer (Teil 1 / Part 1)

Das Tempo des Fortschritts der Digitalisierung in Zahnarztpraxen und Dentallaboren nimmt zu und wird im Rahmen eines Technologiewandels innerhalb der Branche zu einer Verlagerung der Wertschöpfung sowie Veränderung der Prozessketten führen. Dieser Wandel wird unter dem Begriff „Digital Dentistry“ subsumiert. In diesem Beitrag wird zunächst auf die Motivation sowie die Märkte eingegangen und anschließend eine Übersicht über die Grundlagen von Schichtbauverfahren am Beispiel ausgesuchter dentaler Anwendungen gegeben. Dabei bilden die Verfahren dreidimensionales Drucken, Selektives Lasersintern beziehungsweise -cusing und die Stereolithografie die Schwerpunkte.

Ausgangspunkt für die Digital Dentistry bildet der rasche Fortschritt bei den bildgebenden Verfahren, durch den heutzutage in zunehmendem Maße dreidimensionale Datensätze zur Verfügung stehen (Abb. 1)^[1, 2]. Diese digitalen Datensätze können in Kombination mit leistungsfähigen CAD-Systemen und generativen Fertigungsverfahren, häufig auch als Rapid Prototyping (RP) bezeichnet, für alle Marktteilnehmer neue Chancen bieten.

Motivation und Märkte

Die Bedeutung der Medizintechnik in Volkswirtschaften hängt direkt von deren nationalen Gesundheitsausgaben ab. In hochentwickelten Industriestaaten sind die Gesundheitsausgaben pro Kopf deshalb am höchsten. Die Nachfrage nach medizinischen Produkten steigt überproportional mit

The progress of digitization in dental practices and laboratories is accelerating and will lead to a shift of value adding processes as well as a modification in the process chains. This technological change within the sector is subsumed under the term “Digital Dentistry”. This contribution will at first shed light on the motivation as well as the affected markets. Afterwards, overview on the basics of layer-manufacturing technologies will be given and illustrated by the example of selected dental applications. The article focuses on procedures of 3D printing, selective laser sintering or cusing and stereolithography.

The rapid progress in the development of imaging techniques, which is responsible for the widespread availability of three-dimensional data sets today (Fig. 1), is the starting point for the development of digital den-

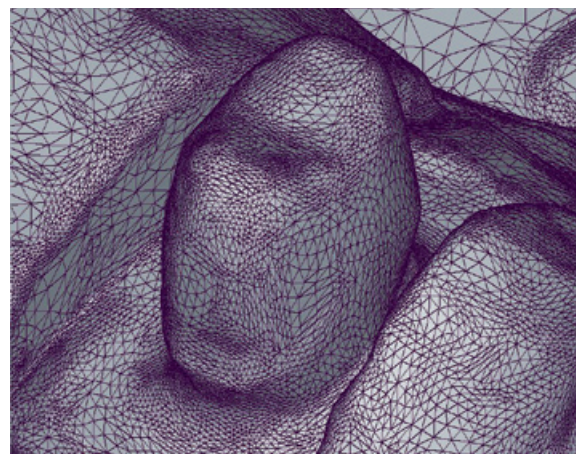


Abb. 1: Triangulierte Oberfläche eines Modells.

Fig. 1: Triangulated surface of a model.

der Einkommensentwicklung der Bevölkerung an^[3]. Deutschland bildet hinter den USA und Japan den drittgrößten Absatzmarkt der Welt und ist zugleich drittgrößter Produzent medizintechnischer Güter (Abb. 2).

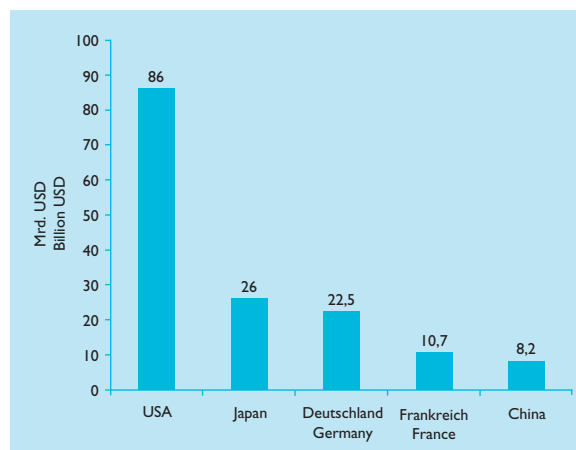


Abb. 2: Top 5-Medizinmärkte gemäß Umsatz (2006)^[4].

Fig. 2: Top 5 medical markets according to the turnover (2006)^[4].

Die dentalen medizintechnischen Produkte sind mit rund 15 % innerhalb des gesamten Medizintechnikmarktes die größte Einzelsparte^[5]. Das Gesamtumsatzvolumen des Dentalmarktes betrug im Jahr 2005 etwa 22,5 Milliarden Euro^[6]. Da alle medizintechnischen Waren den übergeordneten Bedarf^[7] nach Gesundheit bedienen, kann dieser Bereich selbst in weltkonjunkturell schwierigen Zeiten im Vergleich zum verarbeitenden Gewerbe allgemein weit bessere Entwicklungen verzeichnen. Exemplarisch kann dies für die Bundesrepublik Deutschland anhand des vom Statistischen Bundesamt fortlaufend ausgewiesenen Produktionsindex verdeutlicht werden. Der Produktionsindex beschreibt die Veränderungen der Nettoproduktion in den entsprechenden Wirtschaftszweigen (Abb. 3).

Abb. 3: Entwicklung des Produktionsindex der Medizintechnik-Industrie in Deutschland zwischen 1991 und 2007 (Verarbeitendes Gewerbe gesamt / Medizintechnik-Industrie)^[8].

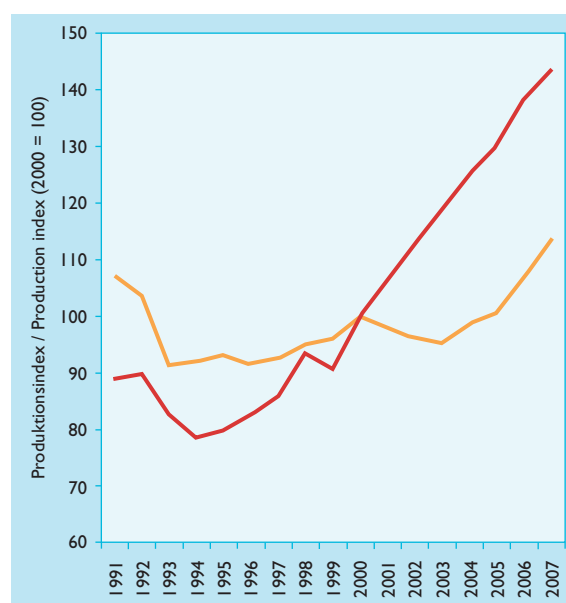
Fig. 3: Development of the index of production for the medical technology sector in Germany between 1991 and 2007 (manufacturing total / medical technology industry)^[8].

tistry^[1, 2]. In combination with powerful CAD systems and generative production techniques often termed rapid prototyping (RP), these digital data sets may provide new opportunities to all market participants.

Motivation and markets

The impact of medical technology in different economies is dependent on their national health expenditure. The highest health expenditure per capita is therefore found in highly developed industrialized countries. The demand for medical technology products grows disproportionately with the general income of the population^[3]. At present, Germany is the third largest sales market of the world behind the USA and Japan and is number three in terms of production of medical products (Fig. 2).

With a percentage of approximately 15 %^[5], dental medical technology products are the largest sector within this market. In 2005, the total turnover of the dental market was approximately 22.5 billion euros^[6]. Since all medical technology products satisfy the superordinate need^[7] for health, more positive developments are possible in this segment than in the manufacturing industry even in times of low worldwide economic performance. For the Federal Republic of Germany, this can be clarified exemplarily with the index of production. This index is regularly published by the Federal Statistical Office and describes the changes in the net production of the relevant industrial sectors (Fig. 3).



Eine Besonderheit des Medizintechnikmarktes gegenüber vielen anderen Märkten ist eine hohe Reglementierungsdichte. Diese schlägt sich u. a. in der Bundesrepublik Deutschland in der Ausgestaltung diverser Richtlinien, Verordnungen und Gesetze nieder, denen die Marktteilnehmer zwingend unterliegen und die im Wesentlichen dem Verbraucherschutz dienen. Zudem können sich die Rahmenbedingungen innerhalb des Marktes durch übergeordnete Eingriffe in Form struktureller Veränderungen binnen kurzer Zeitintervalle erheblich verändern. Die Folgen für die Marktteilnehmer, die sich aus dieser besonderen Form regulativer Einflussnahmen ergeben können, mögen weitreichender und erheblich schwerer kalkulierbar sein, als dies bei freien marktwirtschaftlich geprägten Veränderungsprozessen zu erwarten wäre. Die langfristige Richtung und Entwicklung der Märkte wird aber durch Trends und Veränderungen innerhalb der Marktstrukturen und technologischen Möglichkeiten vorgegeben. In vielen westlichen Industrienationen wird heutzutage ein Altern der Gesellschaft bei gleichzeitiger Spreizung der Einkommensverteilung beobachtet. Diese Entwicklungen begünstigen letztlich die Ausbildung einer Zwei-Klassen-Versorgung mit einer Verschiebung der Nachfragesituation hin zu mehr Premium- aber vor allem auch zu Niedrigpreisprodukten. Der steigenden Nachfrage nach günstigen Produkten kann nur durch Vereinfachung, Automatisierung und Erhöhung der Ausbringungsmenge begegnet werden. Trends zur industriellen Fertigung sind in diesem Sinne bereits seit den 1980er Jahren durch die Entstehung und Verbreitung subtraktiver CAD/CAM-Verfahren zu verzeichnen (Abb. 4).

Mass Customization

Inzwischen können diese Verfahren in Deutschland einen Marktanteil von 12 % bis 15 % bezogen auf hergestellte Zahneinheiten aufweisen. Ein wesentlicher Nachteil derartiger Fertigungsansätze ist in der geringen erzielbaren Losgröße zu sehen. Hierdurch können Kostenvorteile im Sinne einer Fixkostendegression nur eingeschränkt erreicht werden. Seit Kurzem können diese Defizite durch die neuen Technologien der generativen Fertigung im Rahmen einer Mass Customization überwunden werden. Der Begriff Mass Customization ist ein aus den englischen Wörtern Mass Production und Customization zusammengesetztes Kunstwort^[10]. Der im Allgemeinen

Compared to other markets, the medical technology market is subject to a high number of regulations. In the Federal Republic of Germany, this is reflected e.g. in the forming of diverse guidelines, ordinances and laws the market participants are liable to and which are designed mainly for consumer protection. Furthermore, the general conditions within the market may be strongly affected by superordinate interventions in the form of significant structural changes within short time intervals. The consequences for the market participants that result from these particular regulatory measures may be more far-reaching and less calculable than expected for processes of change shaped by free market economy. The long-term direction and development of the markets, however, is given by the trends and changes within the market structures as well as the technological possibilities. In many western industrialized countries, an ageing population and a simultaneous inclination of the income distribution is observed today. These developments foster the formation of a two-class medical supply with a shift in demands towards products in the premium, but primarily the low-price segment. To meet the increasing demand for low-priced products, simplification, automation, and an increase in productivity are essential. For this reason, a general trend towards industrial production can be observed since the 1980s with the emergence and spread of subtractive CAD/CAM procedures (Fig. 4).

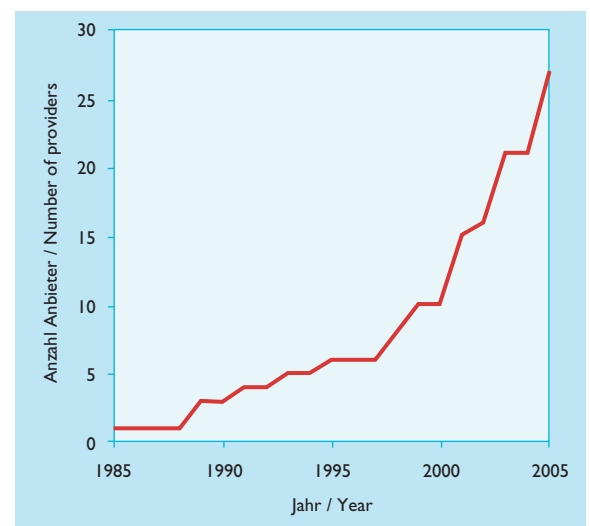


Abb. 4: Anzahl der Anbieter automatisierter Fertigungssysteme im deutschen Dentalmarkt^[9].

Fig. 4: Number of providers of automated production systems on the German dental market^[9].

verwendete deutsche Ausdruck lautet kundenindividualisierte Massenfertigung.

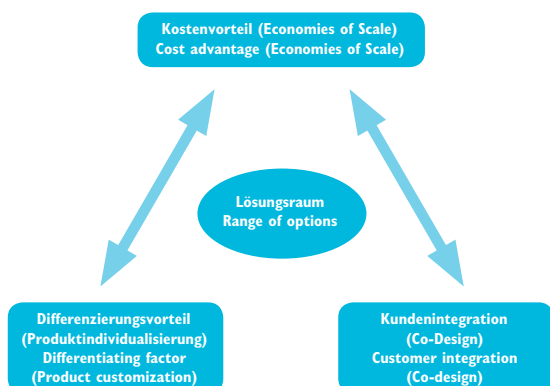


Abb. 5: Prinzip der Mass Customization^[10].

Fig. 5: Principle of mass customization^[10].

Bei der Mass Customization handelt es sich also um ein wettbewerbsstrategisches Konzept, das kundenindividuelle Lösungen parallel in einer Massenfertigung bereitstellen kann. Die Einbindung der Kunden erfolgt im Rahmen eines Co-Design-Prozesses. Konkret bedeutet dies im Dentalbereich die Auswahlmöglichkeit zwischen verschiedenen, optionalen und aufeinander aufbauenden Produktlösungen. Beispielhaft kann ein Brückengerüst mittels des selektiven Sinterns aus einer Chrom-Cobalt- oder aber auch aus einer hochgoldhaltigen Legierung gefertigt werden. Dabei steht es dem Kunden frei, sich zusätzlich zu diesem Gerüst auch ein stereolithografisch erzeugtes Kunststoffmodell mitliefern zu lassen. Die Individualisierung wird durch Einbindung der mit bildgebenden Verfahren gewonnenen Patientensituationen in Form von CAD-Daten (meist im STL-Format) während des Prozesses sichergestellt. Die drei Variablen der Mass Customization bilden somit einen festgelegten Lösungsraum, innerhalb dessen stabile Produkt- und Prozessarchitekturen definiert sind. Die kundenindividualisierte Massenfertigung im Dentalbereich ist heutzutage durch die generativen Fertigungsverfahren realisiert^[11].

Mass Customization

Meanwhile, these procedures have achieved a market share of 12 % to 15 % relating to produced dental units. A major drawback of these manufacturing approaches is the low obtainable batch size. Cost advantages in the sense of lower fixed costs can therefore be achieved only on a limited scale. Due to the new technologies of generative production, these drawbacks can now be avoided by mass customization. The term mass customization is a neologism created by the combination of mass production and customization^[10].

Thus, the concept of mass customization is a competitive strategy that is able to offer customized solutions and mass production at the same time. Customer involvement is possible via a co-design process. For the dental market, this means that customers may choose between different optional products that are based on each other. For example, it is possible to produce a bridge framework made of cobalt chrome or of a gold alloy by selective sintering. In addition to this framework, the customer may also opt for the production and delivery of a stereolithographic model. Customization is ensured by the integration of CAD data (usually provided in the STL format) with patient-specific information that has been captured during the process with imaging systems. Thus, the three variables of mass customization offer a predetermined range of options with stable product and process architectures. In the dental sector, customized mass production is realized with generative production techniques today^[11].

Verfahren Procedure	Vergleich Comparison	Einsparpotenzial (MEK + FEK) Saving potential (MEK + FEK)
Metall-Sintern Metal sintering	CAD/CAM, subtraktiv CAD/CAM, subtractive	30 %
Metall-Sintern Metal sintering	traditionelle Fertigung traditional production	60 %
Stereolithografie Stereolithography	traditionelle Fertigung traditional production	40 %

Tab. 1: Kostensenkungspotentiale generativer Fertigungsverfahren.

Tab. 1: Potentials of cost reduction due to generative production processes.

Dr. Martin Klare

Unna, Deutschland / Germany



- 1995 Diplom in Chemie an der Universität Dortmund
- 1997 Gastaufenthalt an der TU Wien als DAAD Stipendiat
- 1999 Promotion an der Universität Dortmund zum Thema Photokatalyse
- 1999-2002 Leiter einer Arbeitsgruppe des Unternehmens Ivoclar Vivadent (FL-Schaan) mit dem Fokus Entwicklung von Dentalmaterialien
- seit 2002 Leiter der Abteilung Neue Technologien bei Dreve (D-Unna) (Material- und Prozessentwicklung für / von generativen Fertigungsverfahren zur Herstellung von Medizinprodukten, Schwerpunkte: Stereolithografie, 3D-Printing, Bildprojektionssysteme)
- 1995 diploma in Chemistry at the University of Dortmund, Germany
- 1997 visiting scholar at the TU Vienna (DAAD scholarship)
- 1999 conferral of a doctorate at the University of Dortmund, topic: photocatalysis
- 1999-2002 Head of a workgroup at Ivoclar Vivadent (FL-Schaan) with a focus on the development of dental materials
- since 2002 Head of the Department of New Technologies at Dreve (D-Unna) (material and process development for / of generative manufacturing methods for the production of medical products, key aspects: stereolithography, 3D printing, image projection systems)

Kontakt / Contact

Martin.Klare@dreve.de

Die Fortsetzung des Beitrags erfolgt in Ausgabe November 2009.

The second part of this article will be published in issue November 2009.

Frank Gischer

Unna, Deutschland / Germany



- seit 1997 tätig in F&E für die chemisch-pharmazeutische Industrie
- 2001-2002 Stellv. Leiter F&E
- 2003-2006 tätig in F&E bei Dreve (Material- und Verfahrensentwicklung)
- seit 2007 tätig für die Abteilung Neue Technologien
- seit 2008 Diplom-Kaufmann (FH)
- seit 2009 Laborleiter der Abteilung Neue Technologien bei Dreve
- since 1997 employed in R&D for the chemical / pharmaceutical sector
- 2001-2002 associate director R&D
- 2003-2006 employed in the Department of R&D at Dreve (material- and process development)
- since 2007 employed in the Department of New Technologies
- since 2008 degree in Business Administration / Business Law
- since 2009 laboratory manager of the Department of New Technologies at Dreve