

Intraoraler 3D-Digitalisierer für CAD/CAM in der Zahnmedizin



Peter Kühmstedt



Matthias Heinze



Ingo Schmidt



Christian
Bräuer-Burchardt



Gunther Notni



Martin Palme



Christoph Munkelt



Josef Hintersehr¹

¹ HintELs GmbH
Griesheim

In der Dentalindustrie gewinnt die Erstellung von 3D-Modellen der Zähne für die computerunterstützte Fertigung von Zahnersatz (Kronen, Brücken) eine immer größere Bedeutung. Die bisherige Vorgehensweise beim Erstellen eines 3D-Modells umfasst die Erzeugung eines Gebissabdrucks durch eine Abformung, welcher durch ein extraorales System digitalisiert wird. Dafür gibt es zzt. einige streifenprojektionsbasierte Messsysteme auf dem Markt.

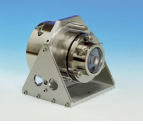
Das Ziel unserer Entwicklung, die von der Firma Hint-ELs GmbH Griesheim in Auftrag gegeben wurde, war ein Scanner zur Erfassung der Zahnoberfläche direkt im Mund des Patienten. Vorteile dabei sind die reduzierte Belastung des Patienten (keine Abdrucknahme) und das Entfallen aufwändiger Zwischenschritte (Abdruck und Gipsmodell). Die Zahnersatzherstellung kann so direkt im Anschluss an die Vermessung beginnen. Damit ist eine erhöhte Qualität bei gleichzeitiger Verringerung des zeitlichen und finanziellen Aufwands realisierbar.

Für die Berechnung der 3D-Koordinaten der Zahnoberfläche wurde das Prinzip der phasenkorrelierten Streifenprojektion gewählt. Dies erfolgt mit einer Anordnung von zwei fest verbundenen Kameras (Stereoanordnung) und einem Projektor. Die durch den Projektor erzeugten Streifenmuster werden mit einer Kamera registriert und die entsprechende Position im zweiten Kamerabild mit Subpixelgenauigkeit gefunden. Durch das Prinzip der

Phasenkorrelation werden mögliche Artefakte der Beleuchtung bei der 3D-Datenberechnung unterdrückt, wenn sie in beiden Kamerabildern gleichartig auftreten. Um die Datenkonsistenz zu erhöhen, werden zusätzlich die Eigenschaften der Epipolargeometrie von Stereosystemen genutzt.

Beim Design des Scanners wurde großer Wert auf eine kleine Baugröße gelegt. Der in den Mund einzuführende Teil des Scanners hat einen Querschnitt von ca. (22 x 22) mm². Als Beleuchtungseinheit wird ein LCoS-Display mit einer LED-Quelle eingesetzt. Durch das Objektivdesign wird eine Verzeichnung < 0,1 % realisiert. Damit ist keine Verzeichnungskorrektur erforderlich. Um Platz und Hardwarekosten zu sparen, werden beide Bilder auf einem Kamerachip erzeugt. Die Aufnahme einer Bildsequenz erfolgt in ca. 200 ms. Das observierte Messfeld hat eine Größe von (20 x 15) mm².

Die Datenaufnahme erfolgt sequenziell für alle interessierenden Abschnitte des Gebisses (Abb. 2a, b). Die 3D-Daten werden dann mittels einer Softwarelösung (Matchingprozedur, Abb. 2c) zu einem Gesamtdatensatz vereint. Erste Prototypen des intraoralen Scanners wurden gefertigt und befinden sich in der Testphase. Es konnte gezeigt werden, dass eine vollständige Gebisserfassung (Abb. 2) in hoher Qualität möglich ist. Es besteht das Ziel, ohne eine zusätzliche Behandlung der Zahnoberfläche auszukommen.



The building up of 3D models of teeth for the computer aided production of dental prostheses (crowns, bridges) is gaining ever more importance in the dental industry. Recently, such models have been obtained by making a plastic impression of the denture which can be digitized by an extraoral scanning system. Currently, some measuring systems based on fringe projection techniques are available.

The goal of our development was a scanner for the registration of the dental surface directly in the patient's mouth. The order was given by HintELs GmbH Griesheim. The advantages of such an intraoral scanning are the reduced pain to the patient (no impression) and the absence of extensive intermediate steps (impression and cast model). The production of the prosthesis can be performed directly after measurement. Thus an improvement of the quality can be obtained as well as a reduction of the effort in time and costs.

The calculation of the 3D data of the teeth surface is performed by using the principle of phase correlated fringe projection. This is realized by an arrangement of two fix connected cameras (stereo arrangement) and a projector. The fringes projected by the projector are registered by the first camera, and the corresponding position in the second camera is found with sub-pixel accuracy. Possible illumination artefacts can be suppressed in the 3D data calculation by the principle of phase correlation, when they appear similarly. In order to increase the consistency of the data features of epipolar geometry of stereo systems are used additionally.

A small building size of the device was one of the main aspects in the design of the scanner. The part of the scanner to be introduced in the mouth has a size of 22 mm x 22 mm. An LCos-Display with a LED source is used as illumination unit. A lens distortion of less than 0.1 % is realized by the design. Thus no distortion correction is necessary.

In order to save space and costs both camera images are stored on one chip. The recording of an image sequence is performed in about 200 ms. The observed measuring field has a size of 20 mm x 15 mm.

The recording of the data is performed sequentially for all sections of interest of the denture (Fig. 2a). The 3D data are merged by a software solution (matching procedure, Fig. 2c) to a common data set.

First prototypes of the intraoral scanner were produced and are currently being tested. It could be shown that a registration of a whole denture is possible in high quality (Fig. 2). Furthermore, it is planned to achieve a complete measurement without additional treading (e.g. using of occlusion spray) of the patient.

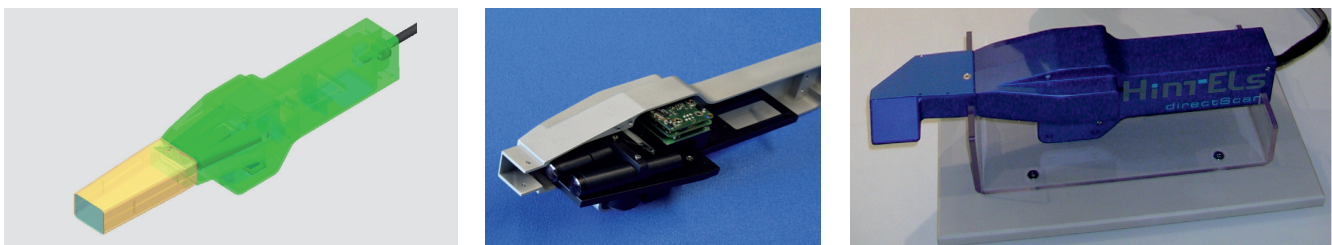


Abb. 1: Intraoraler 3D-Digitalisierer: a) Design, b) System mit offenem Gehäuse, c) komplettes System.

Fig. 1: Intraoral 3D Digitizer: a) Design, b) System with open housing, c) complete system.

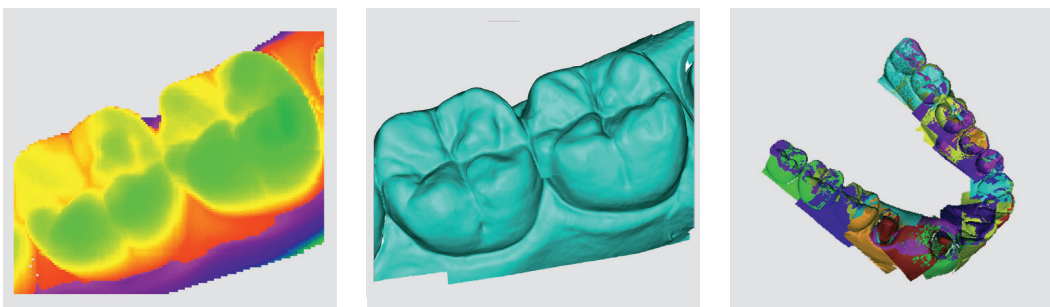


Abb. 2: Messdaten: a) Punktwolke, b) STL-Datensatz, c) Gesamter Gebissbogen mit farblich codierten Einzeldatensätzen.

Fig. 2: Measurement data: a) Point cloud, b) STL-record, c) Complete tooth arch with colour-coded individual records.