

Ein topometrisches Messsystem zur Erfassung von Formänderungen der Gesichtsoberfläche

G. Bischoff*, D. Dirksen*, C. Proll**, Z. Böröcz*, G. von Bally*

*Labor für Biophysik, Universität Münster

**Poliklinik für Mund- und Kiefer- Gesichtschirurgie, Universität Münster

<mailto:gbischof@uni-muenster.de>

Vorgestellt wird eine auf der Streifenprojektionstechnik basierende quantitative Analyseverfahren, um Oberflächenänderungen im menschlichen Gesicht dreidimensional zu detektieren und zu visualisieren. Die Ergebnisse der Datenanalyse können z. B. als Grundlage einer objektiven Dokumentation eines chirurgischen Eingriffs im Gesicht dienen.

1 Einführung

Für viele Aufgabenstellungen der optischen Topometrie, insbesondere im medizinischen Umfeld, ist nicht nur die einmalige Erfassung der Raumkoordinaten einer Oberfläche erforderlich, sondern auch deren Veränderungen über zum Teil längere Zeiträume. Dabei können neben geometrischen auch farbliche Merkmale von Belang sein [1]. Eine typische Fragestellung aus diesem Bereich ist die Verlaufskontrolle kieferchirurgischer Maßnahmen oder der plastischen Chirurgie. Klassische Verfahren sind entweder unzulänglich, wie die Fotografie, oder wie die Computertomografie teuer und aufgrund der Strahlenbelastung nur in Ausnahmefällen einsetzbar.



Abb. 1 Aufbau des topometrischen Messsystems. Das 3-D Koordinatenmesssystem basiert auf zwei oder mehr hochauflösenden CCD-Kameras und einem Standard-Videoemitter für die Lichtmusterprojektion.

2 Topometrisches Messsystem

Das hier entwickelte topometrische Messsystem basiert auf strukturierter Beleuchtung und verwendet zwei oder mehr CCD-Kameras mit digitalen Schnittstellen (IEEE-1394) zur Bildaufnahme sowie einen Standard-Videoemitter für die Lichtmusterprojektion.

Der Messkopf ist für die Erfassung des menschlichen Gesichtes optimiert. Mit drei Kameras in hori-

zontaler Anordnung werden die wesentlichen facialen Strukturen aus zwei Perspektiven in ca. 3 Sekunden mit durchschnittlich 200.000 (max. 800.000) 3D-Datenpunkten vermessen.

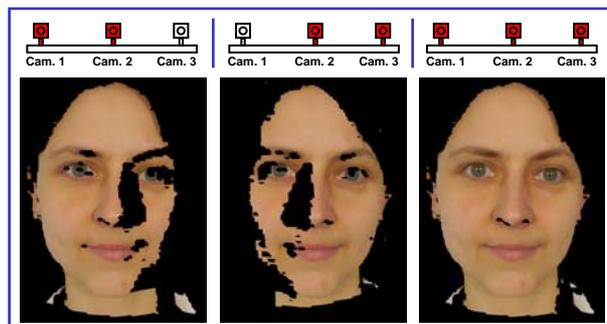


Abb. 2 Messdaten eines Gesichtes aus zwei Perspektiven. Die Überlagerung (Registrierung) erfolgt durch fotogrammetrische Orientierung der Kameras.

3 Erfassung von Langzeit-Formänderungen

Für eine vollständige, dreidimensionale Dokumentation eines chirurgischen Eingriffs im Kiefer- und Gesichtsbereich werden Patienten vor- und nach der Operation sowie gegebenenfalls während des Heilungsprozesses topometrisch vermessen. Die aufgezeichneten Messdaten lassen sich anschließend mit dem Computer dreidimensional darstellen und analysieren.

Bei der quantitativen Analyse von Formänderungen, beispielsweise des Weichteilschädels nach chirurgischen Eingriffen, liegen in der Regel mehrere Monate zwischen den Einzelaufnahmen. Eine Registrierung der Einzelmessungen anhand von fotogrammetrischen Marken ist deshalb nicht möglich.

Um die zu verschiedenen Zeitpunkten gemessenen Datensätze miteinander vergleichen zu können, werden die 3-D Oberflächendaten der Einzelmessungen zunächst durch Festlegung einiger korrespondierender Punkte grobregistriert. Zur anschließenden Feinregistrierung wird eine Varian-

te des Iterative Closest Point Algorithmus (ICP) [2] auf vom Behandler als unverändert markierte Gesichtspartien der Einzelmessungen (z. B. auf Stirn, Augen und Nase bei einer Kieferoperation) angewendet.

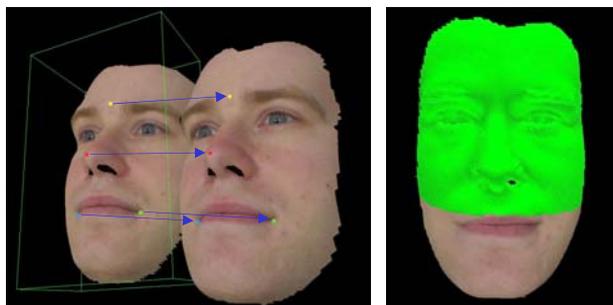


Abb. 3 Registrierung der Datensätze. Durch Benutzereingabe werden: 1.) für die Grobregistrierung mindestens drei korrespondierende Punktepaare definiert. 2.) für die Feinregistrierung unveränderte Gesichtspartien markiert.

Durch die Feinregistrierung werden die Abstände $f(R,T)$ zwischen gleichen Teilbereichen zweier Datensätze minimiert.

$$f(R,T) = \sum_{i=1}^N |x_i - R \cdot p_i - T|^2 \rightarrow \text{Min} \quad (1)$$

R, T : Transformationsparameter

x_i, p_i : Teilpunktewolken

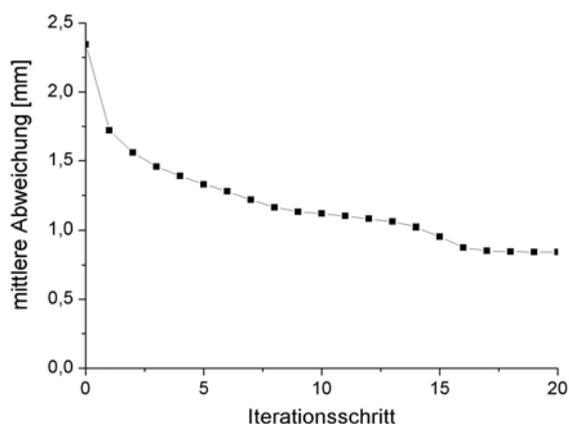


Abb. 4 Anwendung des Iterative Closest Point Algorithmus (ICP) auf die als unverändert markierten Gesichtspartien der Messdaten zur Minimierung der Abstände zwischen den Teilpunktewolken. Darstellung der mittleren Abweichungen zwischen den Einzelmessungen in Abhängigkeit vom Iterationsschritt.

Für eine weitere quantitative Analyse der Veränderungen der Oberflächengestalt können Abstände zwischen den registrierten Einzelmessungen berechnet werden. Dazu wird nach einer Flächenrückführung für jeden Oberflächenpunkt des postoperativen Datensatzes aus den umliegenden

Dreiecksflächen eine Oberflächennormale berechnet, die mit der Oberfläche des präoperativen Datensatzes zum Schnitt gebracht wird. Die Abstände zwischen Datenpunkten und Schnittpunkten geben die durch den chirurgischen Eingriff hervorgerufenen morphologischen Veränderungen wieder. Die Ergebnisse können in Falschfarbendarstellung visualisiert werden.



Abb. 5 Visualisierung der Langzeit-Formänderungen durch gleichzeitige Darstellung der registrierten post- und präoperativen Datensätze.

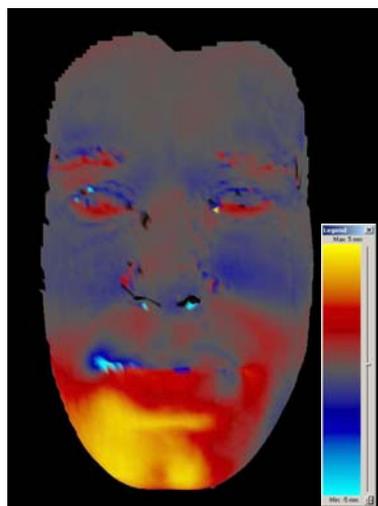


Abb. 6 Quantitative Visualisierung der Langzeit-Formänderungen mittels auf das Modell übertragener Falschfarben.

4 Referenzen

- [1] D. Dirksen, Z. Böröcz, G. Bischoff, J. Handschel, G. von Bally, F. Bollmann: „True color 3-D data acquisition for the analysis of facial structures“; Biomedizinische Technik 50, Supl. Vol 1, 50-51 (2005);
- [2] P. J. Besl, N. D. McKay: „A method for registration of 3-D shapes“; IEEE Transactions on Pattern analysis and machine intelligence, 14(2) pp: 239-256 (1992).

Die Arbeiten wurden finanziell unterstützt von der Europäischen Union im Rahmen des Interreg IIIA-Programmes.