

Rechnergestützte Konstruktion von Epithesen auf der Basis optischer Oberflächenvermessung

P. Berssenbrügge*, A. Abeler*, C. Runte*, M. Dekiff*, M. Klein**, C. Denz***, D. Dirksen*

*Poliklinik für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien, Universitätsklinikum Münster

**Fachklinik Hornheide für Tumoren und Wiederherstellung an Gesicht und Haut, Münster

***Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

<mailto:berssenbruegge@uni-muenster.de>

Neben der Konstruktion einer Epithese aus 3D-Daten des Gesichts ist die Überprüfung ihrer Passform wesentlich für die Beurteilung der Qualität. Wir zeigen, dass berechnete gesichtsspezifische Asymmetrieindizes mit subjektiver Bewertung von Gesichtern korrelieren. Weiterhin werden Farbrezeptionen mit Epithesensilikon zur Nachstellung von Hautfarbe präsentiert und diskutiert.

1 Einleitung

Epithesen sind künstliche Gesichtsteile, die dazu dienen, Defekte abzudecken und so das Gesicht ästhetisch wiederherzustellen. Bei der messtechnisch unterstützten Anfertigung von Epithesen, die in einem von der Deutschen Krebshilfe geförderten Projekt untersucht wird, sind die Konstruktion einer passenden Form und die Nachstellung der Hautfarbe die beiden zentralen Herausforderungen.

Die häufigste Ursache für Gesichtsdefekte sind Tumoroperationen. In vielen Fällen ist von solchen Defekten nur eine Gesichtshälfte betroffen. Da Gesichter näherungsweise symmetrisch sind, kann man die gesunde Hälfte auf die Defektseite spiegeln, um eine Datengrundlage für die Konstruktion der Epithesenform zu erhalten.

2 Epithesenkonstruktion durch Spiegelung

Zunächst wird die Form des Gesichts mit einem Streifenprojektionssystem (Abb. 1, [1]) erfasst.

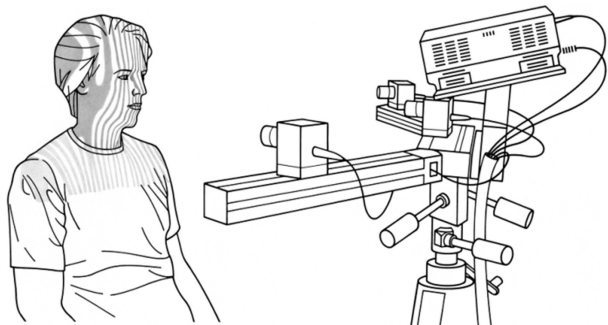


Abb. 1 Messsystem mit drei Kameras und einem Projektor zur Streifenprojektion.

Die erhaltene Punktwolke wird dann gespiegelt, und aus dem Spiegelbild wird ein Bereich ausgeschnitten, der den Defekt passend abdeckt. Auf diesem Ausschnitt wird eine Spline-Fläche konstruiert. Diese wird virtuell so verformt, dass ein glatter Übergang zwischen ihr und dem umliegenden

den Gewebe hergestellt ist. Als Ergebnis erhält man ein CAD-Modell der Epithesenform (Abb. 2), welches anschließend auf einem 3D-Drucker ausgegeben werden kann.

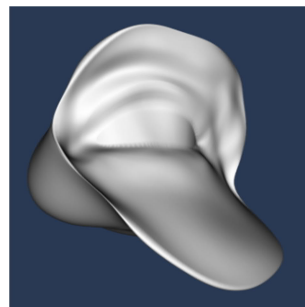


Abb. 2 CAD-Modell der Form einer Orbita-Epithese.

3 Wahrnehmungsoptimierte Asymmetrieindizes

Für die Quantifizierung der Passform der Epithese sollen neben dem einfach zu bestimmenden Randschluss auch ästhetische Aspekte berücksichtigt werden, wobei die Symmetrie eine wesentliche Rolle spielt.

Ausgehend von einem in [2] vorgestellten Ansatz wird hierfür ein Asymmetrieindex AI berechnet. Dieser ist der auf die Gesichtsdigonale D_{xy} normierte mittlere Abstand \bar{a} zwischen der optisch gemessenen Gesichtsoberfläche und ihrem mit einem Best-Fit-Verfahren gematchten Spiegelbild.

$$AI = \bar{a} / D_{xy} \cdot 1000 \quad (1)$$

Um zu untersuchen, wie ein solcher objektiver Messwert mit der subjektiven Wahrnehmung korreliert, werden von 100 Probanden 32 zuvor vermessene Gesichter hinsichtlich der Attribute „Symmetrie“ und „Attraktivität“ auf einer visuellen Analogskala bewertet. Zusätzlich werden weitere Varianten des Asymmetrieindex evaluiert, bei denen die Abstände zwischen dem Gesicht und seinem Spiegelbild mit wahrnehmungsrelevanten Größen wie der lokalen Krümmung und der Nähe zur

Symmetrieebene gewichtet sind. Durch diese Maßnahmen gelingt es, gegenüber der Version ohne Gewichtung, signifikante Korrelationen mit der bewerteten Attraktivität zu erhalten (Abb. 3). In der rechten Säulengruppe nimmt von links nach rechts die Bevorzugung der Gesichtsmitte zu. Auch bei der subjektiven Bewertung der Symmetrie zeigt sich eine höhere Korrelation, wenn die Abstände gewichtet werden, wenngleich hier alle Varianten des AI schon zu signifikanten Korrelationen führen.

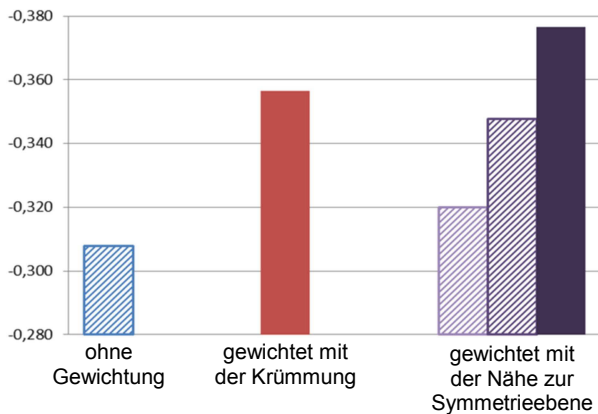


Abb. 3 Korrelationskoeffizienten zwischen berechneten Asymmetrieindizes und bewerteter Attraktivität. Nicht-signifikante Korrelationen sind gestrichelt dargestellt.

4 Farbrezeptierung

Vor einer Rezeptierung [3] werden die spektrale Absorptions- und Streukonstante für jede Farbe bestimmt. Mit diesen Werten lässt sich der Strahlungstransport in Farbmittelschichten bekannter Dicke gemäß dem Ansatz von Kubelka und Munk modellieren. Zusammen mit einer Messung der Remission des Untergrunds, auf dem sich die teiltransparente Schicht befindet, und unter Berücksichtigung einer Oberflächen-Korrektur nach Saunderson ist es möglich, ein Remissionsspektrum zu berechnen. Durch einen Vergleich dieses berechneten Spektrums mit dem gemessenen Spektrum der Zielfarbe kann das Mischungsverhältnis der Farbmittel bestimmt werden, welches die Zielfarbe möglichst gut reproduziert.

Anhand von Farbrezeptierungsversuchen mit zwei Farbkomponenten wird untersucht, welche Modifikationen im Berechnungsverfahren einen kleineren Farbabstand zur Zielfarbe bewirken. Dabei werden jeweils zwei Hautgrundfarben aus Epithesensillikon gemischt. Die optimale Rezeptierung für eine solche Mischung wird ermittelt und dafür der Farbabstand zur gemessenen Farbe berechnet. Abb. 4 zeigt den mittleren Farbabstand von 24 Farbproben für 2-Komponenten-Rezeptierungen im Vergleich mit und ohne Oberflächen-Korrektur. Die erzielten Farbabstände sind im Mittel schon ohne Oberflächen-Korrektur kaum wahrnehmbar, die Korrektur bewirkt jedoch noch eine kleine Verbesserung.

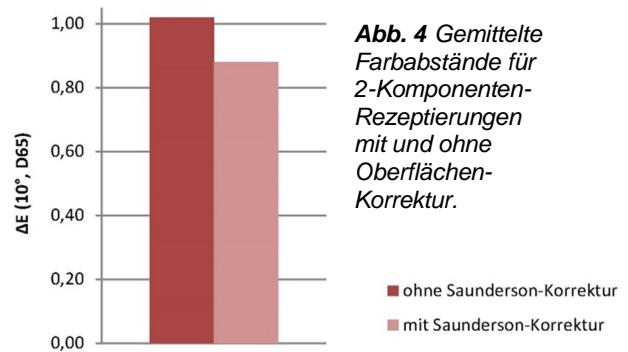


Abb. 4 Gemittelte Farbabstände für 2-Komponenten-Rezeptierungen mit und ohne Oberflächen-Korrektur.

Für einen Modellversuch zur Nachstellung von Hautfarbe wird das Remissionsspektrum am Unterarm eines Probanden gemessen. Unter variabler Schichtdicke werden Rezepte aus drei Hautgrundfarben berechnet. Als Modell für den Untergrund der teiltransparenten Mischungen dient dabei die Remission von Muskelfleisch vom Schwein. Abb. 5 stellt die erzielte Farbabstandskurve dar, einerseits für eine Optimierung des Spektrums bei der Berechnung, andererseits für eine Minimierung des Farbabstands selbst. Schon mit diesem einfachen Modell werden theoretische Farbabstände erreicht, die für realistische Schichtdicken ab etwa 3 mm in den Bereich (hellblau markiert) klinisch ermittelter Farbabstände zwischen realen Epithesen und angrenzender Haut fallen.

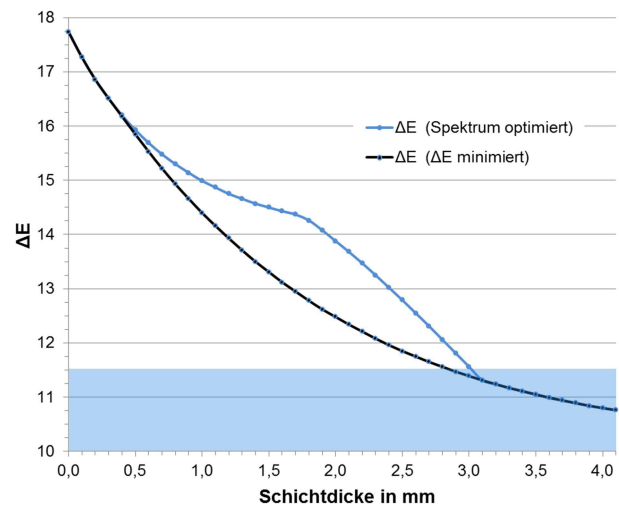


Abb. 5 Farbabstand in Abhängigkeit von der Schichtdicke bei der Rezeptierung von Hautfarbe.

Literatur

- [1] Bischoff, G., Z. Böröcz, C. Proll et al.: „Modular optical topometric sensor for 3D acquisition of human body surfaces and long-term monitoring of variations“ in: *Biomed Tech* **52**, 284-289 (2007)
- [2] Benz, M., X. Laboureux, T. Maier et al.: „The Symmetry of Faces“ in: *Proceedings of the Vision, Modeling and Visualization Conference (VMV '02)*, S. 43-50 (2002)
- [3] G. A. Klein: *Industrial Color Physics*, (Springer, New York 2010)