

Körperdigitalisierung in der heutigen Wirtschaft

Aktueller Stand der Technologie und wirtschaftlicher Nutzen neuer Anwendungen

Nicola D'Apuzzo
HOMOMETRICA CONSULTING, Zürich, Schweiz
nda@homometrica.ch

Jeder neue Film begeistert mit attraktiven «Special Effects». Nur wenige wissen, dass die aufregendsten Szenen mit virtuellen Menschen realisiert werden. Die Gesichter und die Körper von Schauspielern werden digitalisiert und der „virtuelle Zwilling“ ersetzt den Schauspieler im Film. Der aktuelle Standard der Körperdigitalisierung ist so hoch, dass man die echten Darsteller von den virtuellen nicht mehr unterscheiden kann. Die technische Entwicklung verdanken wir in erster Linie der Filmindustrie. Sie war der eigentliche starke wirtschaftliche Motor für die Entwicklung dieser Technologie. Heutzutage erfassen die Methoden für die Digitalisierung des menschlichen Körpers auch andere Anwendungsbereiche. Ergonomie und Computer-Spiele seien hier vorab genannt. Wir werden hier über die historische Entwicklung der Körperdigitalisierung berichten und über den heutigen Stand der Technologie. Dann wenden wir uns den Nutzenerwartungen der Wirtschaft zu und interessanten Perspektiven.

1. Entwicklung und aktueller Stand der Technologie

Seit mehr als Zehn Jahren existieren komplette Systeme für die Digitalisierung des menschlichen Körpers (Scanner). Hauptanwender dieser Technologie war die Filmindustrie. Ihre visuellen Spezialeffekte mussten immer realistischer erscheinen. Bei der Verwendung von nur der Computergrafik war dies nicht zu schaffen. Die Idee drängte sich auf, Acters durch virtuelle Zwillinge zu ersetzen. Ein gutes Beispiel dafür ist der Film „Terminator 2“, der in 1991 gedreht wurde, also schon vor dreizehn Jahren. Damals kostete ein Ganzkörper-Scanner noch über 300'000 US\$. Die Militärindustrie beschaffte sich auch solche Anlagen aber ihre Applikation war primär die Ergonomie: Sitze von Kampfflugzeugen konnten beispielsweise genau an den Körperformen der Piloten angepasst werden. Immer neue Methoden wurden entwickelt, um die Daten der Körperdigitalisierung nutzbringend zu verwenden. Sie wurden zu einem wichtigen Bestandteil der industriellen Vermessungstechnik.

Immer mehr Lösungen wurden angeboten. Durch die Möglichkeit, mit der neuen Technologie die Produktionskosten massiv zu senken, stieg auch die Zahl immer neuer Anwendungen. Nach und nach konnte man die Stärken und Schwächen der angebotenen Lösungen erkennen. Unterschiedliche Lösungen erfordern unterschiedliche Methoden der Vermessungstechnik. Dies muss bei der Evaluation geeigneter Lösungen beachtet werden.

Die Technologien, die heute zur Vermessung des menschlichen Körpers angewendet sind, können in drei Gruppen unterteilt werden:

- Laser-Scanning,
- Projektion von Lichtmustern,
- Kombination Modeling-Bildverarbeitung

1.1. Laser-Scanning

Beim Laser-Scanning werden Laser-Geräte eingesetzt um dünne scharfe Streifen auf den menschlichen Körper zu projizieren (siehe Bild 1 links). Nur „eye safe“ Laser werden benutzt, um die Harmlosigkeit des Lichtstrahles zu gewährleisten. Für die Erstellung vom Streifen werden Spiegel und eine spezielle Optik eingesetzt. Lichtsensoren nehmen die Szene auf und unter rein

geometrischen Aspekten (sogenannte „Triangulation“, siehe Bild 1 rechts) wird die Oberfläche des menschlichen Körpers vermessen.

Eine Laser-Scanner-Einheit besteht aus dem Laser, der Optik und dem Lichtsensor. Diese Einheit wird bewegt um die komplette Oberfläche abzutasten. Die Art der Bewegung und die Anzahl angewendeter Laser-Scanner-Einheiten kann variieren und gehört zum Design des Laser-Scanning-Systems, das dem zu vermessenden Teil der Körper entspricht. Der Ganzkörper-Scanner von Hamamatsu (siehe Bild 2 links) besteht beispielsweise aus vier Scanning-Einheiten die sich in vier vertikalen Säulen zusammen synchron bewegen. Ein zweites Beispiel ist den Gesicht-Scanner von Cyberware (siehe Bild 2 Mitte). Hier bewegt sich eine einzelne Scanner-Einheit im Kreis um den Kopf der Person. Als letztes Beispiel steht der Fuss-Scanner vom Vitronic (früher Tecmath) (siehe Bild 2 rechts). Der Scanner besteht aus drei Einheiten, die sich horizontal bewegen (zwei von der Seite und eine von unten).

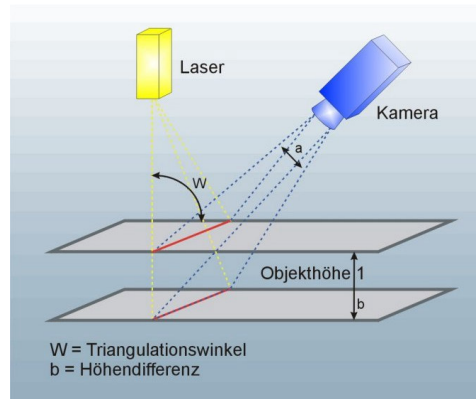
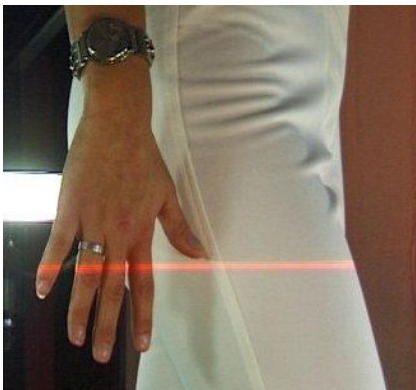


Bild 1. Links: Laser-Streifen auf dem menschlichen Körper. Rechts: Triangulationsverfahren (bei verschiedene Objekthöhen entstehen verschiedene Triangulationswinkel, die von der Kamera gemessen werden können) (Bilder von Vitronic GmbH).



Bild 2. Laser-Scanning-Systemen. Links: Ganz-Körper-Scanner *BodyLine* von Hamamatsu. Mitte: Kopf-Scanner *Head & Face 3030 3D Color Scanner* von Cyberware. Rechts: Fuss-Scanner *Pedus* von Vitronic.

Als Nachteil dieser Laser-Scanning-Technologie müssen die sehr hohen Herstellungskosten der Hardware erwähnt werden. Neben den Laser, den Lichtsensor und die Optik, müssen auch präzise elektrische Motoren eingesetzt werden, um die Scanner-Einheiten zu bewegen. Zudem muss der Scanner kalibriert werden, damit die geometrische Zuordnung aller Teile exakt bestimmt werden kann. Ein zweiter Nachteil dieses Verfahrens ist die benötigte Zeit für die Abtastung grosser Oberflächen. Für die Vermessung von Extremitäten wie Füße und Hände ist dies kein Problem. Diese Körperteile kann man für einige Sekunden ruhigstellen. Bei der Vermessung des Kopfes und des ganzen Körper ist es praktisch unmöglich, 15–20 Sekunden regungslos zu bleiben. Unkontrollierte Bewegungen durch Atmung oder Muskelkontraktionen können Probleme verursachen, vor allem bei der kleinen Skala und der Notwendigkeit einer grossen Auflösung bei der Gesichtsvermessung.

1.2. Projektion von Lichtmustern

Die zweite Technologie basiert auf der Projektion von Lichtmustern. Sie stellt einen Beitrag zur Lösung der obenerwähnten Probleme dar. Anstatt die Scanner-Einheiten zu bewegen, wird ein Lichtmuster (üblicherweise in Form von Streifen) auf den menschlichen Körper gelegt (siehe Bild 3 rechts). Ein Sensor (z.B. eine digitale Kamera) nimmt die Szene auf. Das Resultat ist ähnlich wie beim Laser-Scanning: Streifen auf den Oberflächen werden einzeln vermessen. Der Unterschied besteht darin, dass dies in einem einzigen Schritt geschieht und dass die ganze Oberfläche mit nur eine Aufnahme abgetastet sein kann. Um die Vermessung der Oberfläche durchzuführen, wird das Triangulationsverfahren benutzt. Um die Auflösung zu steigern werden die Streifen verschoben und mehrere Szene aufgenommen. Alles geschieht in kurze Zeit (meistens unter einer Sekunde), so dass man problemlos einen menschlichen Körper abtasten kann: Probleme von unkontrollierten Bewegungen der Person gibt es nicht. Diese Verfahren hat aber den Nachteil, dass wegen der gegenseitigen Störung der Lichtprojektionen nicht mehrere Scanner gleichzeitig eingesetzt werden können. Praktisch bedeutet dies, dass mehrere Geräte seriell eingeschaltet werden müssen, um den ganzen Körper digitalisieren zu können. Dies bedeutet wieder eine Verlängerung der Vermessungszeit.

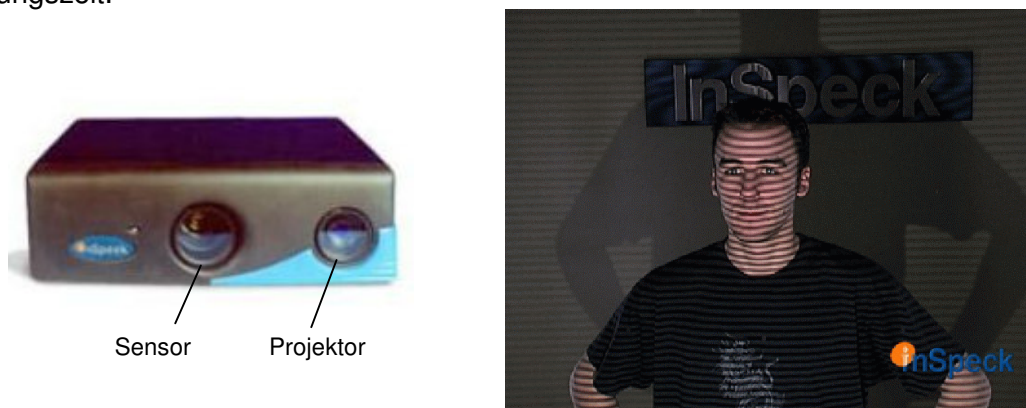


Bild 3. Links: Scanning-Gerät *Capturor* von InSpeck. Rechts: Projektion von Lichtmustern als Streifen (Bilder von InSpeck).

Günstiger, im Vergleich zum Laser-Scanning, sind hingegen die Kosten der Technologie. Ein sehr einfaches Gerät ist z.B. im Bild 4 links gezeigt: eine normale digitale Kamera und ein Projektor. Die spezielle Halterung dient der Vereinfachung des Kalibrierungsprozesses (Bestimmung der geometrische Zuordnung alle Teile). Rechts ist, als zweite Beispiel, der Ganz-Körper-Scanner *TriForm* von Wicks and Wilson; zu beachten sind die Hebel für die Hände für eine vereinfachte Immobilität der Person bei der Vermessung.

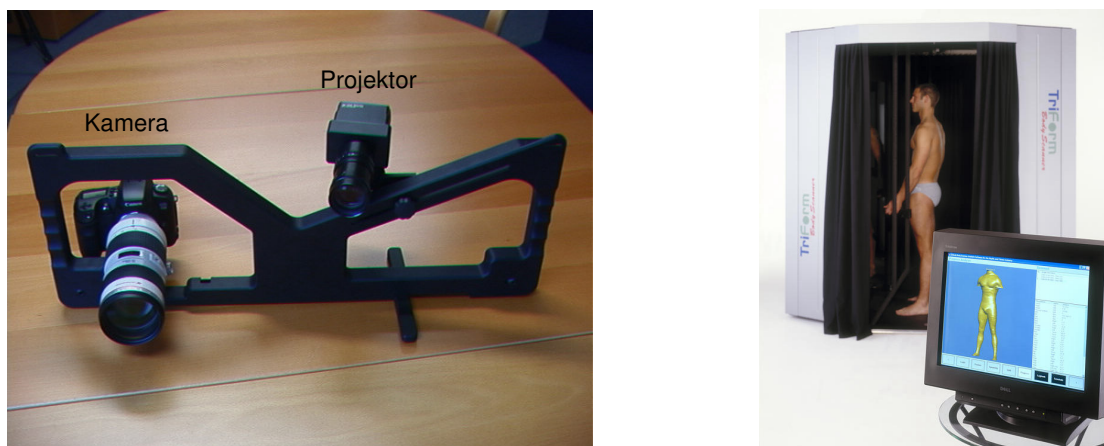


Bild 4. Scanning-Systemen mit Projektion von Lichtmustern. Links: Scanner *Shapesnatcher* von Eyetronics (Kamera und Projektor). Rechts: Ganz-Körper-Scanner *TriForm* von Wicks and Wilson.

1.3. Bildverarbeitung und Modeling-Verfahren

Die dritte Technologie benutzt für die Digitalisierung des menschlichen Körpers die Bildverarbeitung und das Modeling-Verfahren. Eigentlich handelt es sich in diesem Fall nicht um eine reine Vermessung, sondern nur um die Erstellung von 3D Informationen aus 2D. Zur Beschreibung dieser Technik nehmen wir zwei Beispiele: den 2D Ganzkörper-Scanner *Contour* von Human-Solutions (siehe Bild 5) und den Gesicht-Modeler *FaceGen* von Singular Inversions(siehe Bild 6). Beim ersten Beispiel werden drei Bilder von einer Person aufgenommen (zwei frontal und eine von der Seite). Unter Benutzung der Symmetrie des menschlichen Körpers werden die wichtigen Körpermasse aus den Silhouetten der Person mit genügender Genauigkeit berechnet. Die extrahierten Körpermasse werden in diesem spezifischen Beispiel für die Erstellung massgeschneiderter Anzüge benutzt.

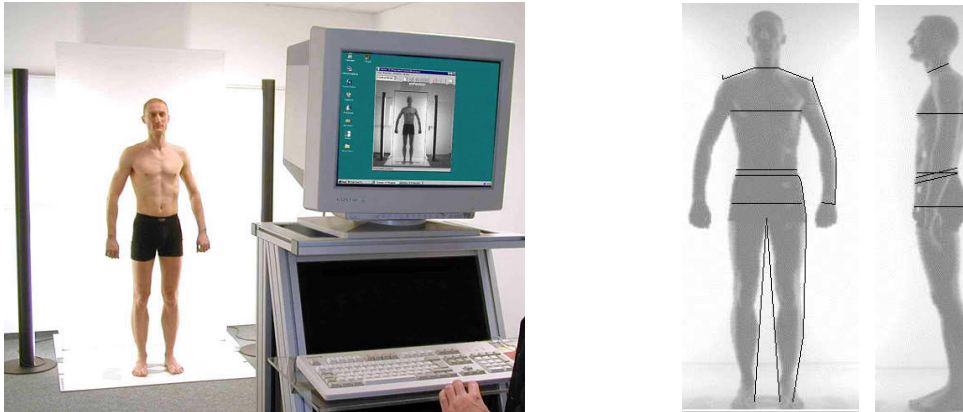


Bild 5. 2D Ganzkörper-Scanner *Contour* von Human-Solutions. Links: Scanner-Einrichtung. Rechts: Silhouetten-Bilder für die 3D Vermessung (Bilder von Human-Solutions).

Das zweite Beispiel zeigt die Möglichkeit der Erstellung extrem realistischer Gesicht-Modelle bei der Verwendung von nur zwei Bildern der Person (frontal und vor der Seite). Das 3D Computer-Modell wird mit Hilfe der zwei Bilder mit gezielten Software-Werkzeugen manuell erzeugt. Es handelt eigentlich in diesem Fall nicht um die Vermessung des Gesichtes. Die erzeugte 3D Computer-Modelle sind aber extrem photorealistisch und vollkommen geeignet für Anwendungen wie beispielsweise Animationen.

Der grosse Vorteil dieser kombinierte Technologie ist die massiv niedrige Preise im Vergleich zur voll 3D Vermessung.



Bild 6. Gesicht-Modeler *Facegen*. Links: Snapshot von Software. Mitte: benutzte Bilder für die Erstellung des virtuellen Kopfes. Rechts: entstandenes 3D Gesicht-Modell (Bilder von Singular Inversions).

1.4. Betrachtungen

Dies war ein Überblick über den aktuellen Stand der Technologie zur Vermessung der menschlichen Körper. Es existieren mehrere Technologien. Jede hat ihre Charakteristiken, ihre Vorteile und ihre Nachteile. Zur Wahl der geeigneten Methode müssen zuerst die Anforderungen klar definiert sein. Eine ganz Reihe von Kriterien müssen berücksichtigt werden:

- Der zu vermessende Körperteil (ganzer Körper, Kopf, Gesicht, Fuss, usw.),
- Qualität der Resultate (Genauigkeit, Auflösung, Textur),
- Hardware (Kosten, Mobilität, Raumbedarf, Handling, Design) und
- Verfahren (Invasivität, Geschwindigkeit, Bequemlichkeit).

Der Evaluationsprozess ist von grösster Bedeutung. Viel Zeit und Geld wird gespart, wenn für die Applikation die geeignete Technologie bestimmt wird.

Ein Beispiel aus der Gesichtsvermessung: Die beiden Computermodelle im Bild 7 sehen sehr schön aus. Das Resultat auf den linken Seite entstand mit der *FaceGen*-Software von Singular Inversions. Es entstand aus nur zwei Aufnahmen des Gesichts. Der Preis der Software liegt in diesem Falle unter 500 US\$. Auf den rechten Seite sieht man das Resultat bei der Vermessung einer Person mit vier Scanner-Einheiten *Capturor* von InSpeck. Die Kosten der Scanner-Einrichtung liegen ungefähr bei 60'000 US\$. Bei solch unterschiedlichen Investitionskosten muss gründlich abgeklärt werden, wie und wofür man ein Computermodell benötigt und welche Scanning-Methode sich am besten eignet.

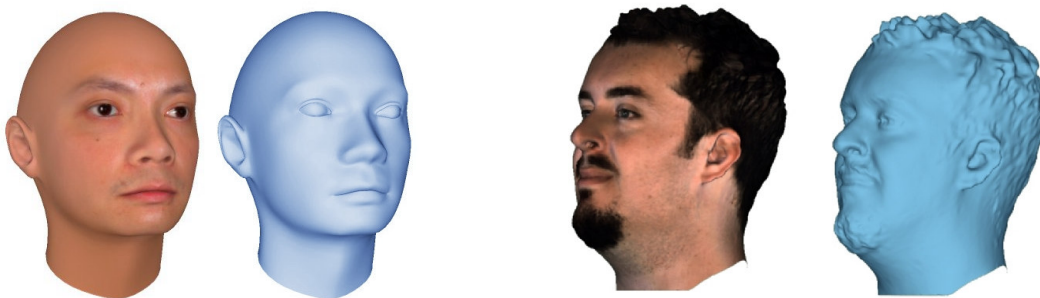


Bild 7. Gesichts-Modelle. Links: Computer-Modell erzeugt mit *FaceGen* unter Benutzung von zwei Bildern. Rechts: Computer-Modell erzeugt mit vier Scanner-Einheiten *Capturor* (Bilder von Singular Inversions und InSpeck).

Um den Überblick des aktuellen Stands der Technologie für die Digitalisierung des menschlichen Körpers zu komplettieren, muss man auch über die nötige oder nützliche Software berichten.

Die Rohdaten aus dem Scanning-Verfahren können so wie sie sind kaum benutzt werden. Die meisten Scanner werden deshalb mit einer Standard-Software für die Visualisierung, die Behandlung, eventuell die Editierung und Exportierung der Daten angeliefert. Bild 8 zeigt beispielsweise Resultate des *TriForm* Ganz-Körper-Scanner von Wicks and Wilson sowie Resultate eines Gesicht-Scanners von InSpeck. Es ist ganz klar ersichtlich, dass die Rohdaten des Ganzkörper-Scanners nachbehandelt werden müssen. Bei den hier gezeigten Resultaten des Gesicht-Scanner wurden die Daten schon nachbehandelt.

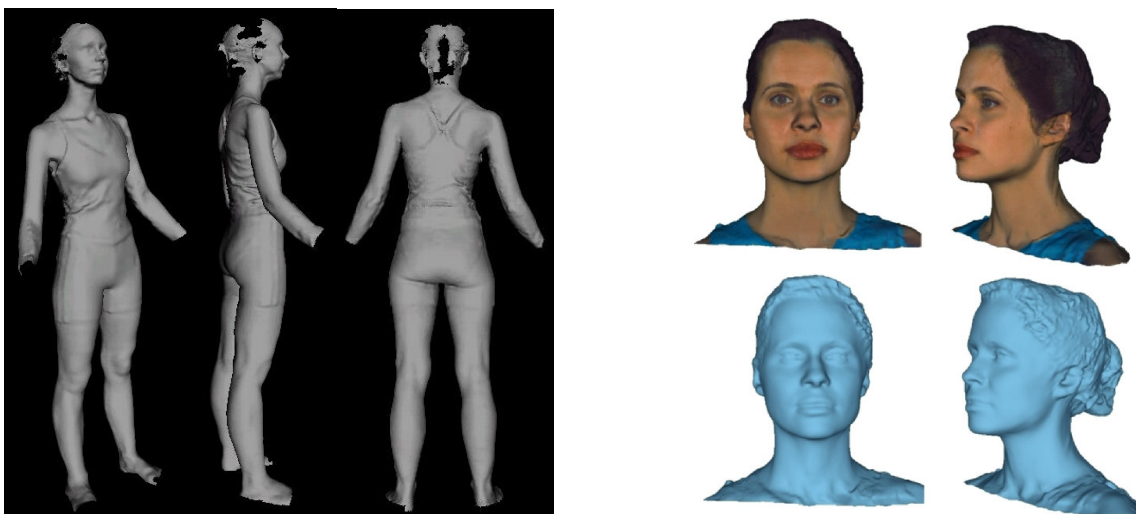


Bild 8. Beispiele von 3D virtuellen Modellen. Links: Resultate des *TriForm* Ganzkörper-Scanners von Wicks and Wilson. Rechts: Kopfmodell des InSpeck Gesicht-Scanners.

Eine wichtige Rolle bei der Digitalisierung des menschlichen Körpers spielt die Komprimierung der Daten. Beim 3D Scanning-Verfahren entstehen sehr grosse Datenmengen (z.B. das Kopfmodell vom Bild 8 umfasst 27 Mbyte). Für eine sinnvolle Speicherung und eine effiziente Behandlung sowie Visualisierung der Daten sind geeignete Komprimierungsverfahren notwendig. Sie können für bestimmte Körperteile spezifisch definiert werden, indem die Topologie der Oberfläche dabei berücksichtigt wird.

Als Beispiel nehmen wir das Gesicht: Jedes menschliches Gesicht ist rundlich, hat eine Nase, einen Mund, zwei Augen, usw. Diese Basisinformationen benutzt man, um eine starke Komprimierung zu erreichen, ohne die wichtigen Charakteristiken des Gesichtes zu verlieren. Bild 9 zeigt als Beispiel ein Gesicht in vier verschiedenen Komprimierungsfaktoren: Die Details der Augen, der Nase und des Mundes bleiben erhalten.

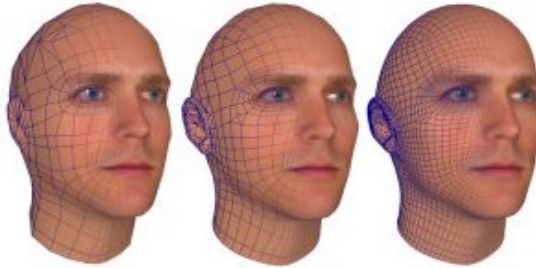


Bild 9. Komprimierung eines 3D Gesichtsmodells, mit von Rechts nach Links steigenden Komprimierungsfaktoren (Bilder von Singular Inversions).

2. Wirtschaftlich interessante Anwendungen und künftige Nutzungsmöglichkeiten der Körperdigitalisierung

2.1. Anwendungsbereiche

Die Digitalisierung des menschlichen Körpers wird seit Jahren in vielfältigen Anwendungsbereichen genutzt. Um die verschiedene Applikationen zu charakterisieren, unterteilt man je nach Anforderungen und Verfahren die Anwendungsgebiete in zwei grosse Bereiche:

- Die eine ist mehr am visuellen Aspekt des Resultats interessiert und betrifft vorab die Filmindustrie, Animation, Computer Games, virtuelle Realität.
- Der zweite ist mehr an dem quantitativen Teil des Resultats, sprich an der Vermessung, interessiert und beinhaltet Ergonomie, Anthropometrie, Medizinische Applikationen, Biometrie.

Im ersten Bereich muss das Resultat unbedingt real erscheinen. Die exakte Übereinstimmung der Masse der realen Person mit seinem virtuellen Zwilling spielt keine grosse Rolle. Bild 10 zeigt drei Beispiele davon: realistischen Animationen in der Werbungsbereich und in der Produktion von Computer-Spielen (echte Fussballspieler werden virtuell ins Spielgeschehen integriert) und Spezialeffekte in der Filmproduktion.



Bild 10. Anwendungsbeispiele der Körperdigitalisierung. Links: für realistischen Animationen, Werbung von Fusssohlen (Bild von Montage Multimedia). Mitte: in Computer Games, virtuelle Zwillinge von Ronaldinho und Butt (Bild von Xbox FIFA 2004). Rechts: in der Filmindustrie, Anakin Skywalker aus Starwars Episode II (Bild von Starwars Gallery).

Der zweite Bereich ist am visuellen Aspekt weniger interessiert. Hier geht es um die Präzision der Resultate bei der Datenerfassung im Scanning-Verfahren. Bild 11 zeigt drei Beispiele davon: in der Bekleidungsindustrie für die Masskonfektion, in der Ergonomie um Teile des menschlichen Körper exakt anzupassen und bei der Anthropometrie um Studie, Analyse und Typisierung der menschlichen Formen.

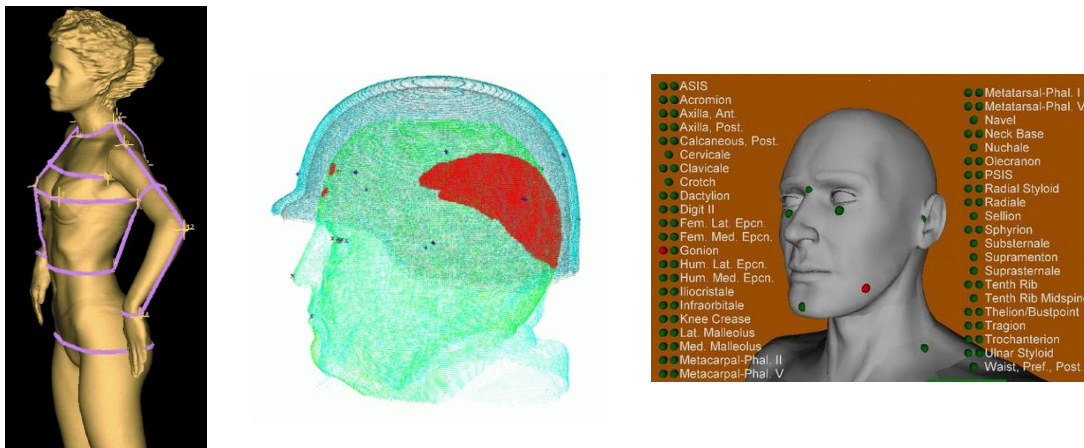


Bild 11. Anwendungsbeispiele der Körperdigitalisierung. Links: in der Bekleidungsindustrie, Bekleidung kann nach Mass hergestellt werden (Bild von Human-Solutions). Mitte: in der Ergonomie, Analyse der Anpassung von Helmen (Bild von Air Force CARD Lab). Rechts: in der Anthropometrie, Landmark Punkte charakterisieren ein Gesicht (Bild von NIST VR Lab).

Zunehmend profitieren andere Branchen, wie die Medizin (z.B. Gesichtschirurgie, Orthopädie, Prothesenerstellung), die Sicherheit (z.B. Gesichtserkennung) oder die Schönheitsindustrie von dieser Technologie. Eine grosse Verbreitung der Körperdigitalisierung steht bevor.

2.2. Perfektes Styling dank Körperdigitalisierung

Die Fachleute, die sich mit dem Styling von Menschen befassen, sind an einer wirtschaftlichen Anwendung der Körperdigitalisierung immer stärker interessiert. Sie möchten ihren Kunden zeigen, wie sie aussehen, bevor sie sich zu einer Schönheitsbehandlung entschliessen und sie möchten ihren Kunden modische, massgerechte Kleider zu günstigen Preisen liefern. Bild 12 zeigt Beispiele von schon vorhandenen Anwendungen auf diesem Gebiet. Links sieht man das Beispiel einer virtuellen Modeschau mit digitalisierten Modellen. In der Mitte zeigen wir eine digitale Kundenkarte mit gespeicherten Körpermassen, die beim Ganzkörper-Scanning erfasst wurden. Mit dieser Karte werden Kleidungsstücke nach Mass gefertigt. Rechts ist ein Web-Portal für einen Bekleidungs-Online-Shop dargestellt. Die Kleidungsstücke kann man auf eine virtuellen Person anprobieren.

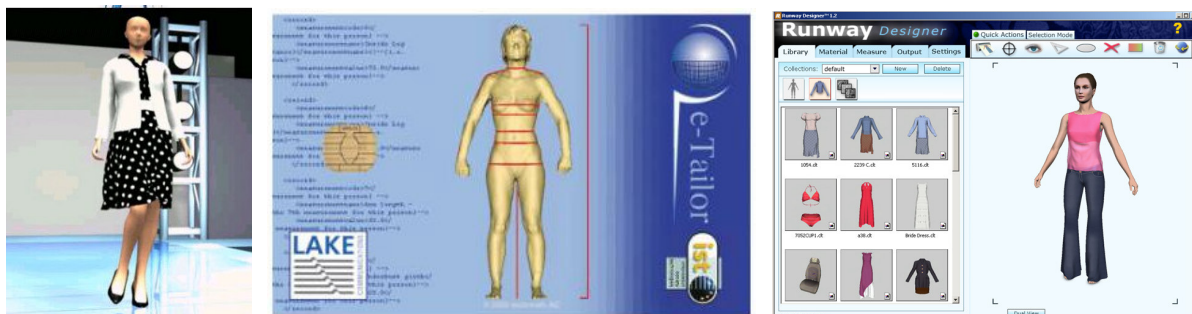


Bild 12. Beispiele von Anwendungen der Körperdigitalisierung im Stylingbereich. Links: Virtuelle Modeschau von (Digital Fashion). Mitte: Digitale Kundenkarte mit gespeicherten Körpermassen (e-Tailor). Rechts: Web-portal für Bekleidungs-Online-Shop (Optitex).

In Bild 13 werden andere mögliche Anwendungen im Schönheitsbereich gezeigt, nämlich Frisur, Accessoires (z.B. Brillen) und Make-up. Die Beispiele links sind leider nur 2D, d.h. es wird nur ein Bild benutzt. Bei der Benutzung von 3D Daten wird das Resultat bedeutend realistischer sein. Zudem kann man das Bild aus verschiedenen Richtungen betrachten. Auch Haare und Accessoires werden exakter positioniert. Rechts ist ein virtuelles Make-up (vorher / nachher) gezeigt.

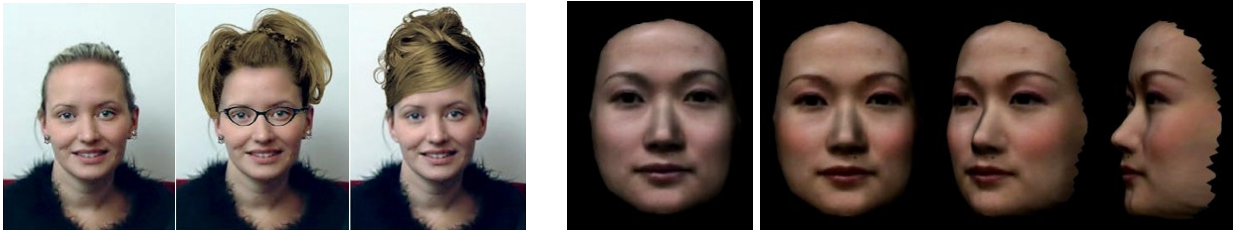


Bild 13. Beispiele von Anwendungen im Schönheitsbereich. Links: 2D virtuell eingesetzte Haare und Accessoires (Bilder von Cosmopolitan *Virtual Makeover*). Rechts: 3D virtuelles Make-up, vorher und nachher (Bilder von Face-Measurement-Software N. D'Apuzzo).

3. Körperdigitalisierung im Schönheitsbereich: „Zukunft ist schon vorhanden“

Schönheit und Attraktivität spielen in heutigen Zeiten eine sehr wichtige Rolle. Aus einer Studie der Universität Regensburg über den Zusammenhang zwischen Attraktivität und positiven Persönlichkeitseigenschaften (für weitere Informationen siehe www.beautycheck.de) entsteht als eindeutiges Resultat ein ausgeprägtes Attraktivitätsstereotyp: «Je attraktiver eine Person ist, desto erfolgreicher, zufriedener, sympathischer, intelligenter, geselliger, zugänglicher, aufregender, kreativer und fleissiger wird sie eingeschätzt». Gerade in einer zunehmend multimedialen Gesellschaft kommt einem fachmännischen Styling weitreichende soziale Bedeutung zu.

„ Es gibt keine schlecht aussehenden Menschen, es gibt nur schlecht gestylte! “

Die neuen Technologien der Körperdigitalisierung werden bald einmal umfassend angewendet werden. Jedermann wird sich ein einwandfreies Outfit mit passenden Kleidern und Schuhen leisten können. Damit sind aber noch nicht alle Voraussetzungen für gutes Aussehen und Wohlbefinden gegeben. Alle Elemente des Styling müssen auf einander abgestimmt sein. Eine schlechte Frisur oder eine falsche Brillenfassung oder etwas anderes können nämlich das Erscheinungsbild empfindlich stören. Den Gesamteindruck eines Styling kann der Kunde auf dem Bildschirm testen, bevor er die Behandlung veranlasst oder ein Produkt gekauft hat. Er kann sich so mit seinem neuen Erscheinungsbild identifizieren, was sein sicheres Auftreten begünstigt.

Die Technologie ist vorhanden und bereit, um umgesetzt zu werden. Scanner zur Digitalisierung des menschlichen Körpers, des Kopfes, der Füße und anderer Körperteile sind vorhanden. Software für die Komprimierung und für die 3D Visualisierung der Daten gibt es. Eine einwandfreie Nutzung der 3D Lösugnen am normalen PC ist möglich. Software für die Benutzung der 3D Daten für divers Styling-Applikationen sind auch schon realisiert. Die Zukunft der Körperdigitalisierung hat schon begonnen.

Kontakt:

Dr. Nicola D'Apuzzo
 HOMOMETRICA CONSULTING
 Culmannstr. 59
 8006 Zürich
 Schweiz
 Tel: +41 (0)79 3939 786
 E-mail: nda@homometrica.ch
 Web: www.homometrica.ch

Copyright © Nicola D'Apuzzo, 2004