

**3. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
17.-18. September 2001 in
Bochum**



**„Untersuchung von Einflussfaktoren bei der Vermessung
der Mikrotopographie menschlicher Haut“**

Christoph Hof
Institut f. Automatisierungstechnik, Univ. der Bundeswehr Hamburg, Hamburg, Deutschland
E-Mail: Christoph.Hof@unibw-hamburg.de

Band: Beiträge zum 3. Workshop Automatisierungstechnische Methoden und
Verfahren für die Medizin
Editors: Jürgen Werner, Martin Hexamer
ISBN: 3-00-008240-9
Pages: 2-3

Untersuchung von Einflussfaktoren bei der Vermessung der Mikrotopographie menschlicher Haut

Christoph Hof

Institut f. Automatisierungstechnik, Univ. der Bundeswehr Hamburg

Christoph.Hof@unibw-hamburg.de

EINLEITUNG

Die Vermessung und Analyse der menschlichen Hauttopographie stellt einen wichtigen Bestandteil der Forschung der kosmetischen Industrie zur Verifikation von Behandlungseffekten kosmetischer Produkte dar. Neue Messmethoden und -verfahren erlauben heute eine In Vivo-Vermessung der Haut.

Dadurch eröffnet sich erstmals die Möglichkeit, das bisher verwendete Replika-Verfahren zur Analyse der menschlichen Haut und die Auswirkungen von äußeren Einflüssen auf das Messobjekt zu untersuchen. Dieses ist Gegenstand des vorliegenden Beitrags, um die Bedeutung der Messmethoden und Messbedingungen bei der Analyse menschlicher Haut zu veranschaulichen.

MATERIALIEN UND METHODEN

Das bisher verwendete Verfahren zur Erfassung der menschlichen Hautoberfläche arbeitet mit Silikonabdrücken der zu untersuchenden Areale, die stellvertretend vermessen werden. Das PRIMOS-System [1] erlaubt durch die In Vivo-Vermessung den Vergleich von Replika- und In Vivo-Daten der Haut. Für die Untersuchung wurden deshalb von unterschiedlichen Arealen des menschlichen Körpers, hier dem Unterarm, Replika-te aus Silikon angefertigt. Anschließend wurden auf den entsprechenden Bereichen vom Körper und den Abdrücken Messungen mit dem PRIMOS-System durchgeführt und nach einer Datenvorverarbeitung die gefilterten Messergebnisse analysiert [2].

Neben dem Verfahren der Messwertaufnahme werden in dieser Abhandlung auch die Messbedingungen, also äußere Einflüsse auf das Messobjekt, berücksichtigt. Als Unwelteinfluss wurde die Reaktion der Haut auf eine veränderliche Außentemperatur analysiert, wozu die Temperatur im Messraum langsam verändert wurde und auf bestimmten Temperaturniveaus eine Vermessung der Oberfläche stattfand.

Als weiterer äußerer Störeinfluss wurde eine mechanische Belastung der Oberfläche in der Nähe der Messstelle aufgebracht. Dazu wurde der Unterarm nach Referenzmessungen mit Rahmen unterschiedlichen Gewichts belastet und die Oberfläche bei verschiedenen Belastungen vermessen. Um die Entfernung der Einflussstelle vom Messpunkt zu berücksichtigen, wiesen die Rahmen unterschiedliche Ausschnittsöffnungen von $21 \times 21 \text{ mm}^2$ (*Klein*) und $51 \times 51 \text{ mm}^2$ (*Groß*) auf [3].

ERGEBNISSE

Zur Bewertung der verschiedenen Messmethoden sollen der quadratische Mittenrauhwert R_q und der mittlere Abstand der Profilunregelmäßigkeiten $1/v$ dienen. Wie in Abbildung 1 zu erkennen, führt die Abdrucknahme mit Silikonmassen unterschiedlicher Hersteller (Silflo, DMG) auf eine Reduzierung der Rauheit der Areale, da R_q bei der Replika-Vermessung um bis zu 35 % geringer ausfällt als bei den In Vivo-Ergebnissen.

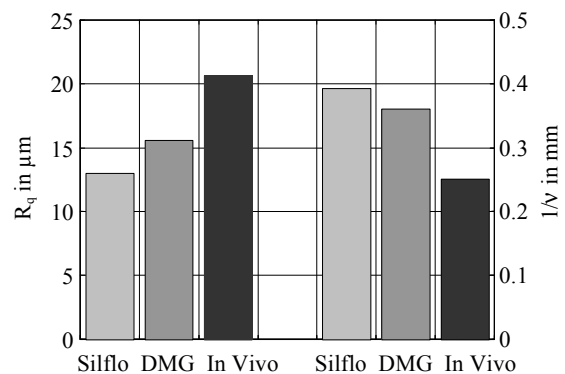


Abbildung 1: Parameter von Replika- und In Vivo-Vermessung menschlicher Haut.

Eine Betrachtung von $1/v$ zeigt geringere Werte dieses Parameters bei den In Vivo-Daten im Vergleich mit dem Replika-Ergebnis. Andere Kenngrößen oder auch die Spektren unterstreichen dieses, da eine Reduktion der Anteile im Spektrum zwischen einer und vier Schwingungen pro Millimeter bei den Replikaten zu erkennen ist. Diese Anteile enthalten auch Großteile eines kosmetischen Behandlungseffekts [2].

Die Reaktion der Haut auf eine veränderte Temperatur ist in Abbildung 2 anhand von R_q dargestellt. Dabei läßt sich eine Abnahme der Rauheit mit wachsender Temperatur erkennen; eine Temperaturniedrigung führt auf einen Rauheitsanstieg. Auch dieses Verhalten kann mittels anderer Parameter wie Histogrammen bestätigt werden. Diese zeigen eine Zunahme der Pixelanzahl im Bereich um $0 \mu\text{m}$ Höhe und damit eine Abnahme der betragsmäßig großen Höhenwerte mit steigender Temperatur [3].

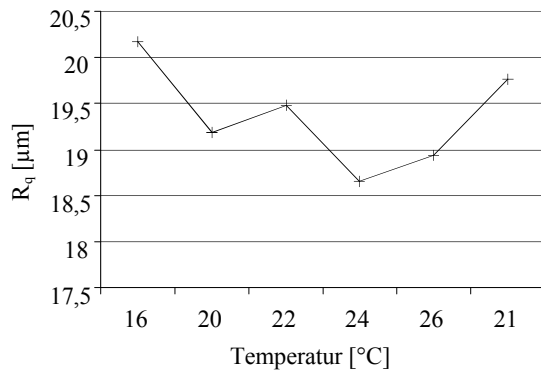


Abbildung 2: Verhalten der Haut bei Temperaturänderung.

Die Veränderung der Oberfläche durch eine Gewichtbelastung findet sich in Abbildung 3. Auch hier wurde zur Charakterisierung der Vorgänge der quadratische Mittenrauhwert für die unterschiedlichen Belastungsrahmen dargestellt. *Ref* bezeichnet die Messungen im unbelasteten Zustand.

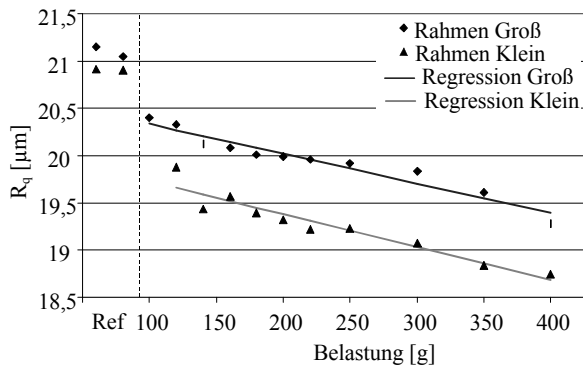


Abbildung 3: Verhalten der Haut Gewichtsbelastung.

Sehr deutlich ist die große Auswirkung der Berührung der Haut selbst bei geringen Kräften (Anfangswert ca. 1 Newton) zu erkennen. Die erste Belastung führt bei beiden Belastungsrahmen auf einem Sprung in R_q , wonach sich ein etwa linearer Abfall der Rauheit mit steigendem Gewicht einstellt. Der Einfluss der Gewichtbelastung näher an der Messstelle (*Klein*) ist dabei erwartungsgemäß größer als bei der weiter entfernten Krafteinleitung (*Groß*). Dieses zeigt sich auch in den Spektren, die eine Abnahme der Leistung vornehmlich im Bereich zwischen einer und vier Schwingungen pro Millimeter erkennen lassen, die damit wieder im Frequenzband der kosmetischen Behandlungseffekte zu finden sind [3].

DISKUSSION

Die Ergebnisse der Messmethoden (Abbildung 1) zeigen, dass das Silikon zum einen durch begrenzte Fließeigenschaften die Falten der Haut nicht komplett ausfüllen kann und vorher erstarrt, weshalb R_q geringer ausfällt. Zum anderen weist das Silikon bei der Abbildung eine Tiefpasscharakteristik auf, die zu einer

Dämpfung vor allem der Mikrorauheiten in der Haut führt. Problematisch ist dieses, da in dem von diesen Effekten betroffenen Frequenzbereich die Auswirkungen einer kosmetischen Behandlung zu großen Teilen zu finden sind.

Die Veränderung der Rauheit mit unterschiedlicher Umgebungstemperatur (Abbildung 2) hängt mit der Regelung der Körpertemperatur zusammen. Ein Temperaturanstieg führt auf ein Aufquellen der Haut und eine Vergrößerung der Oberfläche wiederum zur erhöhten Wärmeabgabe des Körpers an die Umgebung. Deshalb werden die Falten eingeebnet und die Rauheit nimmt ab. Den umgekehrten Effekt einer Rauheitszunahme zeigt eine sinkende Temperatur. Dann muss der Körper seine Oberfläche verkleinern, damit er nicht zu viel Wärme an die Umgebung verliert. Deshalb werden die Falten zusammengezogen und vertiefen sich damit.

Die Gewichtbelastung (Abbildung 3) hat eine Ein-ebnung der Falten und Mikrorauheiten der untersuchten Oberfläche durch deren Straffung zur Folge. Aus diesem Grund nimmt die Rauheit mit steigender Last immer weiter ab und die Effekte sind vor allem auf den Frequenzbereich von einer bis vier Schwingungen pro Millimeter begrenzt. Dieses ist wiederum problematisch, da dadurch eine Beurteilung kosmetischer Behandlungseffekte unmöglich wird. Dabei zeigt schon eine sehr geringe Belastung eine deutliche Veränderung der Höhenwertstruktur und führt auf einen Sprung in den Rauheiten im Vergleich mit dem unbelasteten Zustand.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Ergebnisse zeigen, dass die Vermessung der Haut zur Quantifizierung der Behandlungseffekte kosmetischer Produkte direkt, also *in vivo*, erfolgen sollte. Dabei ist zu beachten, dass die klimatischen Bedingungen bei unterschiedlichen Messungen möglichst gleich sein sollten und eine Berührung der Oberfläche zu vermeiden ist. Ansonsten ist eine Trennung von Einflüssen des Messverfahrens und der Messbedingungen von eigentlichen Behandlungseffekten nicht möglich und somit deren Beurteilung fraglich.

LITERATURHINWEISE

- [1] S. Jaspers, H. Hopermann, G. Sauer mann, U. Hoppe, R. Lunderstädt, „Rapid *In Vivo* Measurement of the Topography of Human Skin by active Image Triangulation Using a Digital Micromirror Device“, *Skin Research and Technology* Vol 5, pp 195-207, 1999.
- [2] C. Hof, H. Hopermann, „Vergleich von Replika- und *In Vivo*-Vermessung der Mikrotopographie menschlicher Haut“, *SÖFW-Journal* Vol 126, pp 40-46, 2000.
- [3] C. Hof, „Untersuchung äußerer Einflüsse auf das Messobjekt menschliche Haut“, geplant für *SÖFW-Journal* in 2001.