

B. Kurz

Mikroklima-Untersuchungen an der Kontaktfläche zwischen Brustprothesen und Hautoberfläche

Investigation of the Micro Climate at the Contact Surface between Breast Prostheses and the Skin

Brustprothesen gibt es in vielen Variationen mit verschiedenartig gestalteten Kontaktflächen. Zudem fallen Aussagen oder Versprechungen zu den therapeutischen und klimatischen Wirkungen von Brustprothesen sehr unterschiedlich aus, denn sie spiegeln in der Regel subjektive Erwartungen und Erfahrungen wider, die durch Befragung von Prothesenträgerinnen erhoben wurden. Eine messtechnische Quantifizierung findet bisher nur selten statt. Um Aussagen von Prothesennutzerinnen durch Messungen zu belegen und die Produkteigenschaften ihrer neu entwickelten Prothese „Massageform“ abzusichern, hat die Firma ABC Breast Care eine wissenschaftliche Studie am Labor für angewandte Ergonomie der Technischen Hochschule München veranlasst, deren Methodik und Ergebnisse nachfolgend vorgestellt werden.

Breast Prostheses are available with various different contact surfaces. Besides, statements as well as promises regarding their therapeutic and climatic effects vary a lot due to the fact that they reflect individual expectations and experiences stemming from questionings of the prosthetic users. Up to the present, quantifications by measurements are rarely being done. In order to substantiate the user's comments by measurements and to confirm the product qualities of their latest development named "Massageform", ABC Breast Care has initiated a scientific study at the Laboratory of Applied Ergonomics at the Technical University Munich. The

methods used in this study and their results are presented in this article.

Einleitung

Das Wohlbefinden des Menschen unterliegt vielschichtigen Wechselwirkungen zwischen physikalischen, sozialen, emotionalen, psychischen und physiologischen Einflussgrößen. Im psycho-physi-



Abb. 1 Brustprothese „Massageform“.

kalischen Bereich spielt dabei jede Art von mechanischen und klimatischen Faktoren eine zentrale Rolle und bestimmt so den Komfort von Bekleidung oder anderen körperkontaktierenden Systemen. Bei der subjektiven Komfortwahrnehmung beobachtet man, dass diese zunächst vornehmlich durch mechanische Größen wie Druck oder Passform, aber nach längerer Tragedauer hauptsächlich durch klimatische Größen wie Temperatur und vor allem Feuchtigkeit bestimmt wird. Speziell bei Prothesen, die einen sehr engen Kontakt mit dem entsprechenden Körperareal auf-

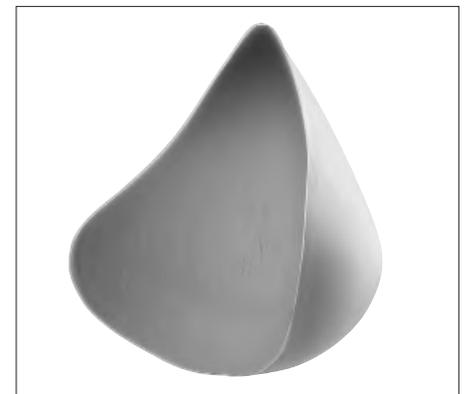


Abb. 2 Lightweight-Prothese.

weisen, ist dem Mikroklima im Kontaktbereich besondere Bedeutung beizumessen.

An zwei verschiedenen Brustprothesen wurde deshalb im Labor das Mikroklima an der Kontaktfläche zwischen Haut und Prothese im Labor untersucht.

Testmethodik

Ausgangssituation

Zur Entwicklung einer Quantifizierungsmethodik für den Tragekomfort von Brustprothesen wurden folgende zwei im Aufbau vergleichbare, aber bezüglich der Kontaktfläche auf der Haut unterschiedliche Varianten zur Verfügung gestellt:

1. Brustprothese Art. Nr. 10225, Massage Form asymmetrisch, Größe 5, Gewicht 289 g, Kontaktseite gerippt beziehungsweise wellenförmig (Abb. 1).
2. Brustprothese Art. Nr. 10222, Leichtprothese asymmetrisch, Größe 6L/6R, Gewicht: 310 g, Kontaktseite glatt (Abb. 2).



Abb. 3 u. 4 SWEATOR-System: Sweatorschale mit Prothese, 3) ohne Roboter und 4) mit Roboter.

Wie der bereits optisch erkennbare Unterschied der Kontaktfläche vermuten lässt, wird nach subjektiven Aussagen der Trägerinnen der Massage-Typ (s. Abb. 1) als angenehmer empfunden, weil diese kontaktseitig gerippte Prothese sich beim Tragen nicht so formschlüssig ansaugt wie die herkömmlichen Prothesen. Daraus könnten die Schlüsse gezogen werden, dass

- häufigere Verlagerungen der Anlageareale von der Prothese zur Haut eine durchblutungsfördernde Wirkung (also einen Massage-Effekt) begünstigen und dass
- durch eine bessere Belüftung des Kontaktbereiches zwischen Prothese und Haut ein besserer Tragekomfort auftritt.

Messmethoden

Klassischerweise werden bei der Komfortquantifizierung kontrollierte Trageversuche mit Sensoren durchgeführt, die das Mikroklima im Kontaktbereich zwischen Testobjekt und Träger erfassen. Um dabei aber valide und reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, sind entsprechend viele Versuche unter eng festgelegten Versuchsbedingungen erforderlich. Aus diesem Grund kommen standardisierte Testverfahren zur Anwendung, die auf physikalischen Grundprinzipien aufbauen und den realen Tragesituationen möglichst nahekommen sollen. Die damit ermittelten Ergebnisse bedürfen dann lediglich noch einer Bestätigung durch wenige gezielte Trageversuche.

Das eingesetzte SWEATOR-System (Abb. 3 u. 4) stellt ein einfaches Hautmodell dar, bei dem über eine wasserdampf- und wärmedurchlässige ebene Kontaktfläche ein definiertes Versuchsklima auf den aufgelegten Prüfling einwirkt. Dabei sind die abgegebenen Wärme- und Feuchtemengen so ausgelegt, dass



Abb. 5 Testperson auf dem Laufband.

sie in etwa denen des Menschen unter mittlerer physischer Belastung (Schwitzrate ca. 15 ml pro Stunde) entsprechen. Um die physikalischen Materialeigenschaften der Testobjekte beurteilen zu können, werden gravimetrische Messungen, also Gewichtsbestimmungen, durchgeführt. Für die Abschätzungen des Tragekomforts wird das Mikroklima im Kontaktbereich der SWEATOR-Fläche und des Testobjekts gemessen. Zusätzlich zu rein

statischen Versuchen können Testobjekte oder SWEATOR-Schale auch gezielt bewegt werden, um dynamische Szenarien nachzustellen, wie sie zum Beispiel bei Brustprothesen während des Gehens auftreten.

Versuchsdesign

Ausgehend von einem Grobkonzept, das die Wirkung der Massageform physikalisch und physiologisch quantifizieren soll, wurde durch iterative Vorversuche folgendes Versuchsdesign festgelegt:

- standardisierte Messungen (SWEATOR-System) zur Objektivierung des physikalischen Effekts der gerippten Kontaktfläche der Massageform unter statischen wie dynamischen Bedingungen
- Trageversuche mit ausgewählten Testpersonen zur vergleichenden, subjektiven Bewertung des Tragekomforts der beiden Prothesentypen.

Die Versuche mit der auf 35 Grad Celsius konditionierten SWEATOR-Schale wurden in einer Klimakammer bei 20 Grad Celsius und 50 Prozent relativer Feuchte mit folgenden Randbedingungen durchgeführt:

- schräg beziehungsweise senkrecht gestellte SWEATOR-Schale,
- Prothese mit Spezial-BH (mit Prothesentasche) mittig auf Prüflfläche aufgespannt,
- Mess-Sensor zwischen BH-Tasche und SWEATOR-Oberfläche,
- Zug/Spannung am Schulterband statisch mit etwa acht bis zehn N Zugkraft beziehungsweise rhythmisch von 0 auf 10 N mittels Messroboter verändert.
- In weiteren Versuchsläufen wurden die Einflüsse von Bewegungsfrequenz und zusätzlicher Konvektion untersucht.

Den Probandentests lagen folgende Versuchsbedingungen zugrunde:

- Versuchstemperatur 22 Grad Celsius, 50 Prozent relative Feuchte,
- Phase 1: 15 Minuten Sitzen nach Instrumentierung zur Akklimatization,
- Phase 2: 20 Minuten Gehen mit etwa drei km/h (ca. 180 W),
- Phase 3: 15 Minuten Sitzen.

Durch Beobachtung der Herzfrequenz konnten die Versuchsbedingungen bei einer Unter- oder Überbelastung der Ende-60-jährigen Probandinnen geringfügig angepasst werden. In jedem Versuch wurden beide Prothesentypen, die Massageprothese und die Leichtprothese, auf der linken beziehungsweise der rechten Brustseite direkt auf der Haut getragen. Zum Ausschluss individueller, seitenspezifischer Einflüsse wurden im Wiederholungsversuch die Positionen getauscht.

der hautnahen relativen Feuchtigkeit korreliert und ab etwa 85 bis 90 Prozent Hautbenetzung (~ relative Feuchtigkeit, rh) die Empfindung „feucht“ beziehungsweise „nass“ auftritt. Folglich wird zur Beurteilung des klimatischen Tragekomforts vorrangig die relative Feuchtigkeit benutzt, zur Quantifizierung von Feuchtemenge, Feuchtespeicherung und Feuchteabfuhr dagegen der Wasserdampfpartialdruck beziehungsweise der absolute Feuchtegehalt der Luft.

neutral	0	trocken	0
	0,25		0,25
	0,5		0,5
	0,75		0,75
etwas warm	1	etwas feucht	1
	1,25		1,25
	1,5		1,5
	1,75		1,75
warm	2	feucht	2
	2,25		2,25
	2,5		2,5
	2,75		2,75
	3		3
sehr warm	3,25	sehr feucht	3,25
	3,5		3,5
	3,75		3,75
heiß	4	nass	4

Abb. 6 Skala zur subjektiven Bewertung der Feuchte- und Temperaturempfindung.

Als Versuchskleidung trugen die Testpersonen leichte Freizeit- beziehungsweise Sportbekleidung, zum Beispiel Trainingsanzüge (Abb. 5).

Registriert wurden die Klimawerte (Temperatur und relative Feuchte) zwischen BH und Haut mittig zur jeweiligen Prothese sowie zur Kontrolle in Höhe des Sternums.

Parallel zu den Messungen wurde das subjektive Empfinden alle fünf Minuten abgefragt. Hierfür lag ein subjektives Bewertungssystem für die Größen „Feuchte- und Temperaturempfindung“ zugrunde, das den Probandinnen während der Trageversuche als Einstufungshilfe diente (Abb. 6). Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass der Mensch lediglich Thermorezeptoren und keine Feuchtesensoren besitzt, sodass das Feuchteempfinden von der Temperatur und von der Hautbenetzung durch Oberflächenfeuchtigkeit bestimmt wird. Dabei geht man nach wissenschaftlichem Kenntnisstand davon aus, dass die Hautbenetzung gut mit

Ergebnisse

Die nachfolgend wiedergegebenen und interpretierten Versuchsergebnisse stellen nur eine Auswahl der umfangreichen Messungen dar und belegen die Schlüssigkeit der Versuchsmethodik zur Differenzierung der Unterschiede beider Testprothesen (Abb. 7 u. 8).

Statische SWEATOR-Versuche

Aufgrund der abgegebenen, vergleichsweise hohen Feuchtemengen des SWEATOR-Systems (ca. 15 ml/h über die DIN-A4-Messfläche) treten bereits nach kurzen Versuchszeiten mit den direkt aufgelegten Prothesenvarianten hohe Feuchtwerte mit stellenweiser Betauung auf. Dies wird beim Tragen des Spezial-BHs mit Prothesentasche erwartungsgemäß durch die Feuchteaufnahme der Textilschicht im Kontaktbereich verzögert und zwar vergleichsweise stärker bei der Massageform. Wird zusätzlich im

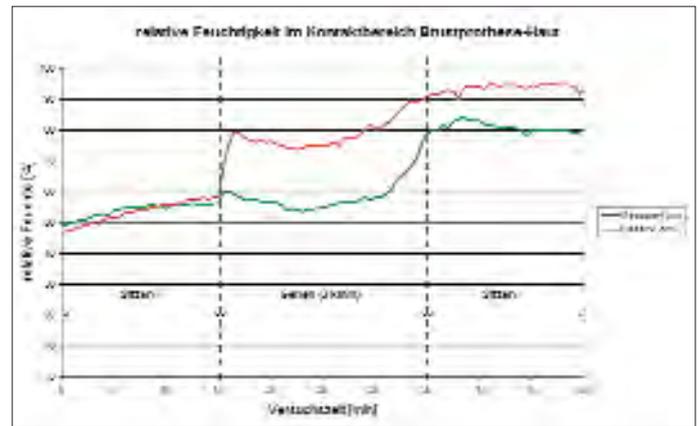
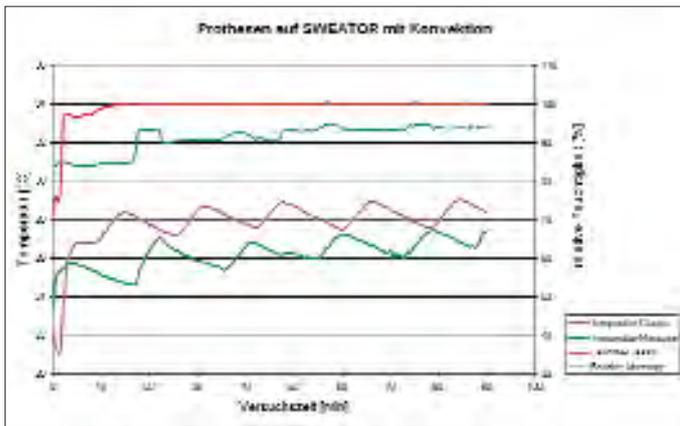


Abb. 7 u. 8 Ausgewählte Messergebnisse.

Kontaktbereich Prothese-Haut eine Konvektion erzwungen, so sind besonders bei der Massageform Abkühl- und Trocknungseffekte erreichbar. Dies ist nur aufgrund der durch die Rippung speziellen, nicht vollflächig aufliegenden Kontaktschicht möglich.

Dynamische SWEATOR-Versuche

Diese Versuchsreihen liefern die Erkenntnis, dass

- die Relativbewegung der Prothese eine entscheidende Größe für den Luftaustausch im Kontaktbereich sowie ein Maß für die Hinterlüftung der Prothese ist,
- dieser Luftaustausch durch die Form der Kontaktfläche mitbestimmt wird; der nicht vollflächige Kontakt der Massageform also den Luftaustausch begünstigt,
- die spezielle Rippenform des Massegtyps nur bei zusätzlicher, erzwungener Konvektion Auswirkung auf das Mikroklima zeigt.

Probanden-Trageversuche

In den Trageversuchen zeigen sich vergleichsweise niedrigere

Feuchteniveaus für die Massageprothese sowie speziell bei hoher Schweißsekretion schnellere Ausgleichsvorgänge. Insbesondere bei der Massageform ist durchweg ein Rückgang der Feuchtwerte in den Gehphasen festzustellen, was auf die besondere Ausführung der Kontaktfläche zurückzuführen ist. Der damit einhergehende, bewegungsbedingte Luftaustausch wird zudem subjektiv wahrgenommen und führt meist zu einem angenehmeren, mindestens aber gleichartigen Tragekomfort im Vergleich zur Classicform.

Hinsichtlich der Temperaturmesswerte wie auch der Temperaturempfindung ist zwar ein Trend für die Massageprothese in Richtung „etwas kühler“ festzustellen, aber nicht mit eindeutiger Systematik.

Resümee

Die vergleichenden Untersuchungen an einer klassischen Brustprothese und der von ABC Breast Care entwickelten Massageform belegen deren positive Einflussnahme auf das Mikroklima im Kon-

taktbereich Brustprothese-Haut in Form von niedrigeren Feuchten und einem begünstigten Luftaustausch bei Bewegung. Diese messtechnisch quantifizierbaren, aufgrund der geringen Datenmengen aber statistisch nicht abgesicherten Erkenntnisse werden nachhaltig durch das subjektive Empfinden der Trägerinnen bestätigt.

Der Autor:

Prof. Dr. Bernhard Kurz
Hochschule München, Fakultät für
Wirtschaftsingenieurwesen
Bereich Arbeitswissenschaften,
Automatisierung, Elektrotechnik
Lothstr. 64
80335 München