



Die Puppe Sam liefert der Empa wichtige Forschungsergebnisse auf der Suche nach der perfekten Unterwäsche.

Die Unterwäsche macht Dampf

Die Sportunterwäsche entwickelt sich rasant. Schneller Schweisstransport ist nicht mehr erwünscht, dafür muss sich Unterwäsche auf jeden Quadratzentimeter des Körpers anpassen. In der Zukunft wird sie sogar aktiv in den Wärme- und Schweisshaushalt eingreifen.

VON SIMON JOLLER

Sam ist unermüdet. Er rennt tagelang, bei Wind und Regen, bei brütender Hitze und klirrender Kälte. Und kommt doch nicht vom Fleck. Dafür bringt er seine Arbeitskollegen an der Empa in St. Gallen umso weiter. Er ist ihr treuster Helfer für die Forschung an Sportwäsche. Sam,

das Sweating Agile thermal Manikin (schwitzende, bewegliche Temperaturmesspuppe), ist das modernste Testgerät für Bekleidung. Sam ist ein Mann mittlerer Statur, hat 125 Schweißdrüsen, 26 Heizkörper. Sam kann gehen, rennen, steigen. Sam ist gezeugt für die Forschung, seelenlos, ohne Augen und ohne Mund. Und doch hat er den Forschern schon viel erzählt.

Einer, der Sam oft zuhört, ist Andreas Jack. Was ihm Sam sagt, das soll endlich auch die Branche zur Kenntnis nehmen. Falsch sei es nämlich, was viele Unterwäschehersteller dem Sportler noch immer weismachen wollen: dass Sportunterwäsche den Schweiß so schnell wie möglich von der Haut wegbringen soll. «Ich will dieses Argument endlich erschlagen!», sagt Jack. Schweiß muss auf der Haut bleiben, damit er verdunsten kann und damit der Körper seine Temperatur regulieren kann. Sonst droht selbst bei kühlen Temperaturen ein Hitzestau. Oder zumindest ein Leistungsabfall. Falsche Unterwäsche kann schlimmer sein als gar keine.

Empa-Mann Andreas Jack gehört zu einem Team von Forschern, die so viel über Sportunterwäsche wissen wie kaum jemand. Die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa holt

seit Jahren Sportwäsche aus den Verkaufsräumen und schickt sie in den Labortest. Und noch wichtiger für die Forschung: Die Empa sucht selber nach den optimalen Unterhemden, arbeitet mit Garnherstellern zusammen, mit Stoffherstellern, lässt Wäsche schneiden und testet die Prototypen: am Menschen und an Sam. Sam ist ohne Laune. Er funktioniert immer und immer gleich.

Wolle bringt Sam zum Frösteln

Sam beweist viel. Zum Beispiel warum sich Baumwolle nicht für einen Marathon eignet. Wenn Sam schwitzt, dann saugt ihm die Naturfaser den ganzen Schweiß weg. Schweiß, den der tapfer rennende Sam so bitter nötig hätte. Wenn Schweiß auf Sams warmer Haut zu Dampf werden könnte, dann würde ihm diese Reaktion Energie entziehen in Form von Wärme. Denn Schwitzen kühlt den Körper. Aber nur, wenn der Schweiß auf der erhitzten Haut verdunsten kann und nicht von einem Baumwoll-Shirt aufgesogen wird. Sonst wird der bedauernswerte Sam heisser und heisser und schwitzt weiter wie ein Wahnsinniger. Ein Baumwollshirt zerstört all seine Bemühung, Sam gibt auf. Und schon bald beginnt er zu frösteln. Post exercise chill heisst das in der Fachsprache, Auskühlung nach der Leistung. Wenn nasse Kleidung an der Haut klebt, kühlt der Körper im Nu aus. Die Wolle beherrscht das leider perfekt, noch stundenlang – schliesslich ist sie mit Schweiß vollgesogen.

Es ist schon lange kein Geheimnis mehr: Baumwolle eignet sich nicht für Sportler. Das war bislang nur in Sportkreisen bekannt und viele Gelegenheitsjogger drehen auch heute noch im Baumwoll-Shirt ihre Runden. Doch auch nicht jedes

Funktionshemd eignet sich per se. «Einige Hersteller sind noch immer auf dem falschen Weg», stellt Andreas Jack fest. Besonders Wäsche aus Polypropylen hat unter Leistung eine ähnliche Wirkung für die Haut wie die Wolle. Die Naturfaser speichert den Schweiß, das Polypropylen-Hemd leitet ihn weg, schnurstracks in die nächste Schicht. Der Schweiß kann dadurch nicht auf der Haut verdampfen, weil er gar nicht dort bleibt. Das fühlt sich zwar im ersten Moment angenehm an, denn Shirt und Haut bleiben schön trocken. Doch der hochdrehende Motor wird nicht gekühlt, er überhitzt.

Verteilen statt wegtransportieren

Wirklich funktionelle Sportwäsche darf den Schweiß also nicht zu rasch vom Körper wegtransportieren. Vielmehr soll sie den Schweiß flächig verteilen, sodass die gesamte Körperoberfläche gleichmässig gekühlt wird. Saugt die Wäsche den Schweiß allerdings zu wenig oder gar nicht auf, funktioniert das System ebenfalls nicht mehr. Dann rinnt der Schweiß den Körper hinunter. Ist die Haut zu nass, funktioniert auch die Kühlung nicht mehr. Denn bei einer Feuchtigkeit von über 70 Prozent reduziert der Körper das Schwitzen.

Der Anspruch an Sportunterwäsche ist also hoch: Schweiß aufnehmen – aber nicht zu schnell, Schweiß verteilen, schwitzen zulassen, zu viel Schweiß wegtransportieren, nach der Leistung rasch trocknen und wärmen. Und das alles in Abstimmung mit der unglaublich dynamischen Maschine Mensch. Die fordert von der Unterwäsche höchste Anpassungsfähigkeit. Wer auf einer Biketour bei grosser Hitze einen Berg erklimmt, der steckt nur einen kleinen Teil seiner Leistung ins

Vorwärtskommen. Bis 1000 Watt verpuffen in Form von Wärme in die Luft. Eine ansehnliche Heizleistung. Da ist viel Kühleis notwendig, im Extremfall drei bis vier Liter in der Stunde. Das macht acht Radbidons, gefüllt mit dem Körpersaft.

Ganz anders dann in der Pause auf dem Gipfel. Da produziert der Körper 10-mal weniger Wärme und nur noch ein Bruchteil des Schweißes. Wer nichts tut, füllt in einer Stunde knapp ein Schnapsgläschen mit Schweiß, rund 0,06 Liter.

3/4 der Leistung verpufft als Wärme

Beim Radfahren funktioniert der Körper noch am effizientesten. 25 Prozent des Energieeinsatzes werden in Fortbewegung umgewandelt, «nur» 75 Prozent der Energie gehen in Wärme auf. Beim Rennen sind es bereits 80 Prozent und am schlechtesten sieht die Ausbeute beim Schwimmen aus: Ganze 94 bis 97 Prozent der Anstrengung verschwinden in der Wärmeproduktion. Viel Muskelarbeit für ein geringes Fortkommen. Es entsteht viel Abwärme, die vom Kühlsystem Haut abgebaut werden muss. Und zwar bei jeder Form von Ausdauersport.

Der Temperaturregulation kommt im Sport eine enorme Bedeutung zu. Die Hauttemperatur pendelt ständig hin und her, gesteuert vom Hypothalamus. In diesem Teil des Gehirns sitzt die Thermoregulation. Andreas Jack hat bei Tests mit Sportlern auf dem Laufband schon nach 40 Minuten einen Anstieg der Körperkern-temperatur von 37,3 auf 39,1 Grad gemessen. Je weniger die Kerntemperatur ansteigt, umso besser für die Leistung, da der Körper nicht zu viel Kühlenergie verschwenden muss. Und da kann die Unterwäsche wichtige Dienste leisten. Denn sie ist die Schnittstelle zur Haut. Funktioniert die Unterwäsche nicht, kann auch die beste Schicht darüber nichts mehr retten.

Nackt wäre theoretisch am besten

Was aber ist die beste Unterwäsche? «Am besten funktioniert der menschliche Körper ganz ohne Bekleidung», hat Andreas Jack herausgefunden. Die Herzfrequenz bleibt am tiefsten, verglichen mit Testläufen in Unterwäsche. «Wir suchen darum nach einer Unterwäsche mit den geringstmöglichen Widerständen für Wasserdampf und Wärme. Denn ganz ohne Kleidung, das geht ja auch nicht», sagt Jack. Noch sind seine Versuche mit den Nordisch-Kombinierern nicht fertig ausgewertet. Aber er weiss bereits jetzt: Je enger die Unterwäsche sitzt, umso besser funktioniert

Unterwäsche-Tipps

- Unterwäsche muss eng anliegen, ansonsten sie den Schweiß gar nicht aufnehmen und verteilen kann.
- Wäsche aus Polypropylen hat im Ausdauersport nichts verloren, denn Polypropylen saugt allen Schweiß weg. Kühlen ist für Polypropylen-Wäsche sozusagen unmöglich. Beim Skifahren hingegen ist genau diese Funktion ideal, ein Polypropylen-Shirt wird kaum nass. Post exercise chill ist beinahe ausgeschlossen.
- Auch Unterhosen und BH aus Funktionsfasern tragen macht Sinn. Schliesslich bedecken beide heikle Stellen, an denen man ungerne friert.
- Wärmeisolation der Temperatur und Sportart anpassen. Wer zu viele und zu warme Schichten trägt, überhitzt rasch. Da kann die beste

Unterwäsche nicht mehr genügend kühlen, die Leistung leidet.

- Radfahrer empfinden sehr gut kühlende Unterwäsche oft als zu kühl, da schon durch den Fahrtwind eine relativ gute Kühlung vorhanden ist.
- Im Winter Unterwäsche aus dickerem Material tragen. Dieses schliesst isolierende Luft ein.
- Netzunterwäsche ist ein Spezialfall. Sie eignet sich hervorragend im Winter zusammen mit einer guten Isolationsschicht. Denn das Netz bietet eine unerreichte Wasserdampfdurchlässigkeit. Allerdings kann das Netzhemd im Sommer den Schweiß nicht verteilen und so zur Kühlung beitragen. Mit einer weit geschneittenen Oberbekleidung, die gut durchlüftet, ist die Kühlung trotzdem gewährleistet.

sie. Ein weiterer Trick: Je nach Körperpartie werden unterschiedliche Stoffe eingesetzt. Jack: «Ein altes Prinzip, schliesslich trägt man zum Beispiel im Winter an den Händen nicht dasselbe wie am Oberkörper oder auf dem Kopf.» An manchen Stellen sind die Fettschichten dicker, zum Beispiel unter den Armen oder zwischen den Beinen. An anderen Körperpartien sind wir empfindlicher, beispielsweise um die temperaturempfindliche Wirbelsäule herum. Auf der Brust und im oberen Rückenbereich sitzen die Schweißdrüsen dichter als anderswo. Nicht überall brauchen wir dieselbe Isolation, nicht überall schwitzen wir gleich stark.

Bodymapping heisst das Prinzip der unterschiedlichen Stoffe in einem Bekleidungsstück. Durch modernste Webtechnologien kann die Unterwäsche so auf die effektiven Anforderungen massgeschneidert werden. Mit dem Begriff Bodymapping rühren einige Unterwäschehersteller bereits heute gehörig die Werbetrommel. René Rossi, Leiter der Abteilung Advanced Fibres an der Empa und Chef von Andreas Jack, glaubt an die Zukunft des Bodymappings: «Theoretisch macht das Sinn, aber wir sind erst in den Anfängen. Was heute als Bodymapping angeboten wird, ist meist mehr Marketing und Design als Funktion. Die Wissenschaft läuft da noch etwas hinterher.»

Sensoshirt mit eingebauten Elektroden

Falke und X-Undergear sind die bekanntesten Anbieter von Sportwäsche im Bodymapping-Prinzip. Bodo Lambertz ist der Entwickler und Inhaber der X-Undergear. Der gelernte Ingenieur widerspricht dem Vorwurf des reinen Designs: «Ich habe bislang ohne Designer gearbeitet, sondern ausschliesslich auf die Funktion geschaut. Und die funktioniert, wie viele Tests und Auszeichnungen beweisen.» Lambertz hat auch an der Empa testen lassen. Und im FIT for LIFE-Praxistest musste sich seine Wäsche ebenfalls keine Blöße geben. Sie trägt sich sehr komfortabel und der Kühleffekt ist angenehm spürbar, zumindest solange man sich bewegt. Einzig nach der Anstrengung fühlen sich die X-Teile etwas feucht an. Bodymapping macht selbst bei der Socke nicht Halt. In funktionellen Sportsocken von X-Undergear werden bis zu 12 unterschiedliche Garne verwendet.

Aber auch die Firma Löffler oder der Schweizer Marktführer Odlo arbeiten in Richtung Bodymapping. In Entwicklung befindet sich bei Odlo ein Stoff, bei dem an bestimmten Stellen eine Isolationschicht aufgebracht wird, an anderen Stellen gibt es Bewegungsschlitzte. «Die Unterwäsche entwickelt sich so schnell wie nie», sagt Odlos Produktmanagerin Andrea Eichinger.

Und dabei steht die Entwicklung technologischer Unterwäsche wohl erst am Anfang. Odlo hat soeben einen Preis gewonnen für seine Studie «Sensoshirt». Im Unterhemd sind Elektroden eingearbeitet, die ein EKG erstellen. Die Daten werden über leitende Fasern zu einer Uhr weitergeleitet.

Noch befindet sich das Sensoshirt im Prototypenstadium. Ab Sommer 2007 soll es auf den Markt kommen. Eine Entwicklung, die auch den Wissenschaftler fasziniert: René Rossi von der Empa träumt bereits davon, wie der Fussballtrainer seine Spieler per EKG überwachen kann, sie zu mehr oder weniger Leistung antreiben oder eine Auswechslung vornehmen kann.

Kompression als «zweites» Herz

EKG-Shirts sind Zukunftsvisionen genauso wie aktive Systeme, die heizen oder kühlen können. Oder Stoffe, die so fein sind, dass sie beim Marathonlaufen nicht mehr die Brustwarzen blutig scheuern (vgl. Kasten «Textile Zukunftsmusik»). Futuristisches für die Gegenwart verspricht hingegen die Kompressionstechnologie. Zuerst bei den Socken aufgetaucht, werden nun auch Unterhosen- und Hemden extraeng geschnitten. Der Druck auf die Muskulatur soll feine Vibrationen verhindern und so Energie sparen. Und er soll wie ein zweites Herz wirken und helfen, das verbrauchte Blut retour zum Herzen zu drücken. Kompression hilft, da ist sich die Wissenschaft einig. René Rossi von der Empa: «Kompression verhindert die Mikrobewegungen im Muskel. Weil damit unnötige Wärmeproduktion verhindert wird, erhöht sich die Leistung. Allerdings ist mir noch keine Untersuchung bekannt, die das in Zahlen belegen kann.»

Eine eben veröffentlichte Studie der Uni St-Etienne soll beweisen, dass eine Kompressionssocke die Leistung verbessert – und die Regeneration. Unter den Autoren der französischen Studie sind allerdings gleich auch die Erfinder der entsprechenden Socke von BV Sport. Kompressionssocken bieten auch Nike, Falke oder X-Socks. Dass eine Kompressionssocke wirken kann, darauf deutet auch ein Blick in die Vergangenheit: Bereits vor Jahrzehnten haben Langstreckenläufer wie Markus Ryffel mit Kompressionssocken experimentiert. Und auch die aktuelle Marathon-Weltrekordhalterin Paula Radcliffe läuft ihre Rekorde in Kompressionssocken. Weitere Beweise für die Funktionalität: Die Kompressionssocke ist ein bewährtes Hilfsmittel im Spital bei Patienten, die lange liegen müssen. Dort unterstützt die Socke den Bluttransport und schützt vor Thrombose.

Das Wärmebild zeigt es deutlich: Der menschliche Körper schwitzt nicht überall gleich stark.



Dass nun auch Unterhemden und Unterhosen als Kompressionshilfen dienen, scheint ein logischer Schritt. Die Wirkung muss allerdings noch bewiesen werden. Und wenn Unterwäsche auch noch vor Verletzungen schützen, die Sehnen schonen und sonstige Wundertaten vollbringen soll, dann entstammen diese Eigenschaften wohl eher der Kreativität der Marketingabteilung als aus der Abteilung Forschung und Entwicklung.

Unterwäsche wie Schuhe

Trotz allem Hightech wird ein Traum in Zukunft jedoch in noch weitere Ferne rücken, als er das jetzt schon ist: die universelle Unterwäsche, geeignet für jede Temperatur und jede Aktivität. «Wir sind uns gewohnt, für jede Sportart einen eigenen Schuh zu tragen. Warum soll das bei der Unterwäsche anders sein?», fragt Wissenschaftler Rossi. Nicht nur jede Temperatur und jede Sportart stellen unterschiedliche Ansprüche. Auch der Mensch ist so unterschiedlich wie nur denkbar. Es gibt Vielschwitzer und Wenigschwitzer. Die einen produzieren mehr Wärme, die anderen weniger. Was dem einen gut ist, ist dem andern vielleicht nicht einmal recht. So kann das perfekte Kleidungsstück nicht allen Ansprüchen auf einmal

FOTOS: ZVG



Bodymapping bedeutet, dass ein Kleidungsstück aus unterschiedlichen Stoffen zusammengesetzt ist. Doch häufig steht das Design an erster Stelle und erst dann kommt die Funktion.

gerecht werden. Und das wird sich auch in Zukunft kaum ändern.

Je ausgeklügelter die Unterwäsche wird, umso wichtiger – und wohl auch schwieriger – wird es, die ideale Bekleidung zu finden. Bodo Lambertz von X-Undergear: «Wer auf optimale Leistung setzt, der muss zwingend die jeweils angepasste Unterwäsche tragen. Wer bescheiden ist, kommt mit einem Allround-Teil zurecht.» Das dürfte preisbewusste Kunden trösten, kostet unterdessen teure Unterwäsche doch über 100 Franken. Wer für jeden Fall gewappnet sein will, gibt schnell ein Vermögen aus. Immerhin muss auch erwähnt werden, dass moderne Unterwäsche extrem langlebig ist.

Und aller Hightech zum Trotz: Das Baumwoll-Shirt für 15 Franken muss nicht unbedingt aus dem Sportlerschrank verschwinden, meint Wissenschaftler René Rossi: «Wer drinnen trainiert, der kann das auch in Baumwolle tun. Denn die Gefahr der Unterkühlung besteht hier nicht.» ■

Textile Zukunftsmusik

- Die Unterwäsche als elektronisches Labor. Sie misst die Schweißmenge, deren Zusammensetzung, sie erstellt ein EKG, sie misst den Puls und gibt dem Sportler Feedback zu seinem Zustand.
- Aktive Systeme. Sie schwitzen und kühlen bereits, wenn das der Körper noch nicht tut (z. B. vor dem Wettkampf in der Hitze), sie wärmen, wenn die Hauttemperatur abfällt, sie schützen gegen Wind in der Abfahrt und ventilieren im Aufstieg.
- Systembekleidung. Socke und Schuh sind eine Einheit, das Unterhemd, Shirt und Jacke gehören zusammen wie Ying und Yang.
- Die Unterwäsche verschmilzt mit der zweiten Schicht. Das bedeutet noch weniger Gewicht und optimierte Funktion.
- Ein Bekleidungsstück hat keine einzige Naht mehr. Es wird per Rundstrick-Maschine in einem Durchgang, aber mit verschiedensten Garnen gestrickt.
- Integrierte Funktionen. Die Wäsche macht Musik (vgl. Nike plus), sie ist ein Telefon (eingebaute Lautsprecher), sie zeichnet per GPS die Strecke auf, sie sendet Notrufsignale.
- Mechanische Funktionen. Wird es zu heiss, kann man Lüftungsschlitzte öffnen, Bewegungsschlitzte erlauben höchste Flexibilität.

- Leichtbau. Wäsche wird noch leichter. Das senkt den Durchgangswiderstand für Dampf und Wärme und trägt sich angenehmer. Weniger Gewicht heisst immer mehr Leistung.
- Kinderwäsche. Damenwäsche gibt es bereits, die Hersteller spezialisieren sich in Zukunft auch auf Funktionswäsche für Kinder.
- Reibungsarme Wäsche. Die Garne werden so beschichtet (z. B. mit Teflon), dass sie kaum mehr reiben. Der Durchmesser der Garne wird reduziert und die Stoffe werden so konstruiert, dass sie eine möglichst geringe Gleitreibungszahl aufweisen. Blasen und gescheuerte Brustwarzen gehören der Vergangenheit an.
- Antibakterielle Wirkung. Silberfäden und Silber in den Fäden gibt es bereits. Die Empa forscht daran, Garne im Plasmaverfahren mit Silber zu bedampfen (Nanotechnologie). Das wäre deutlich wirkungsvoller.
- Stoffe mit Titandioxid können unter Sonnenlicht mit den Geruchsmolekülen reagieren. Sie spalten sie, übler Geruch verschwindet.
- Die Oberfläche der Garne wird auf Nanobasis so verändert, dass der fertige Stoff den Schweiß besser oder schlechter aufnimmt.