

# Warme Hülle für kalte Tage

Es gibt kein schlechtes Wetter – es gibt nur falsche Kleidung. Mit den Wettereinbrüchen und eisigen Temperaturen gewinnt diese Binsenweisheit jedes Jahr wieder an Aktualität. Aber welche Funktionen muss Kleidung überhaupt erfüllen und wie schaffen moderne Materialien das? Andreas Schmidt\*, Hohenstein Institute



Bei der Wärmsolation von Bekleidung dreht sich alles um Luft und Feuchtigkeit.

Kleidung hilft dem Menschen, sich dem Umgebungsklima gegenüber zu behaupten. Das heisst, sie muss einerseits warm halten und andererseits die Verdampfung des Schweißes ermöglichen, sodass der Körper bei Bedarf ausreichend gekühlt wird.

## Die Abkehr vom Fell

Der Verlust des Fells stellt in der Geschichte der Menschwerdung einen Meilenstein dar. Fast alle Säugetiere regulieren ihre Körpertemperatur über die Atmung, was den Umfang der Wärmeabfuhr aber stark einschränkt. Der

Frühmensch nutzte zur Wärmeabfuhr dagegen den ganzen Körper und wurde damit in punkto Ausdauer und Anpassungsfähigkeit den meisten Tieren überlegen. Wirklich effektiv ist die Fähigkeit zu schwitzen jedoch nur, wenn kein Fell die Luftzirkulation behindert. Im Laufe der Evolution verlor der Mensch deshalb weitgehend sein Körperhaar.

Die Besiedelung kälterer Weltregionen wurde für den Frühmenschen in der Folge nur durch die Erfindung schützender Kleidung möglich. Aber selbst unter klimatischen Bedingungen, die einen Körperschutz durch Kleidung eigentlich unnötig machen, entwickelten sich im Rahmen der kulturellen Entwicklung aus ethisch-religiösen Motiven heraus typische Bekleidungsformen.

## Energiehaushalt des Körpers

Der Mensch ist wie alle Säugetiere ein Warmblüter, dessen Temperatur (37°C) im Körperkern, also in Kopf und Rumpf, in recht engen Grenzen konstant gehalten werden muss. Schon eine geringe Abweichung der Kern-

temperatur um 2°C nach oben oder unten kann im Körper zum Versagen wichtiger Funktionen führen. Durch die Organ- und Muskeltätigkeit wird im Körper ständig eine wechselnde Menge von Wärme produziert, dieser Leistungsumsatz wird in Watt angegeben. Um die Temperatur im Körperkern konstant zu halten, müssen Wärmeproduktion und Wärmeabgabe des Menschen gleich gross sein. Dazu bedarf es komplizierter Regelmechanismen. So wird zum Beispiel durch die Verdunstung von Schweiß auf der Haut dem Körper sehr effektiv Wärme entzogen. In kalter Umgebung verringert der Körper die Durchblutung von Händen und Füssen und reduziert so die Wärmeabgabe. Durch Muskelzittern bei Kälte kann der Körper Wärme produzieren. Durch die grosse Oberfläche der Haut kann der Mensch mehr Körperwärme über die Haut abgeben als zum Beispiel durch das Ausatmen von warmer Luft.

Der Mensch kann sich an verschiedene Temperaturen anpassen. So herrscht an der Körperoberfläche grössere Toleranz gegenüber Temperaturabweichungen. Am Rumpf, in dem sich die lebenswichtigen Organe befinden, sind die tolerierten Abweichungen am kleinsten. An Händen und Füssen akzeptiert der Mensch hingegen Temperaturabweichungen nach unten von 10°C und mehr.

## Die textile Isolationsfunktion

Es sind nicht die textilen Materialien der Kleidung, die warm halten – sondern die von der Kleidung festgehaltene Luft: Aufgabe der Kleidung ist es, für eine Luftschicht um den Körper herum zu sorgen, die als Isolationschicht gegenüber dem Umgebungsklima dient. Ähnlich wie bei einer Thermoskanne wird die vom Körper erzeugte Wärme durch das Luftpolster in der Kleidung am Körper gehalten. Jedes Fasermaterial, egal ob Wolle, Seide oder Chemiefaser, hat eine mindestens zehnmal so hohe Wärmeleitfähigkeit wie Luft.

Entscheidend dafür, wie warm ein Kleidungsstück empfunden wird, ist deshalb dessen Fähigkeit, Luft zwischen den Fasern festzuhalten und den Austausch mit der Umgebungsluft zu unterdrücken. Nach diesem Prinzip

funktionieren in der Natur auch die Felle von Säugetieren und das Gefieder von Vögeln.

Deshalb muss ein Kleidungsstück aber nicht nur einen guten Wärmeisolationwert bieten, abhängig vom Einsatzbereich muss es auch winddicht sein, damit das isolierende Luftpolster nicht zerstört wird. Ausserdem spielt die Konfektion (Schnittgestaltung und Verarbeitung) eine grosse Rolle: So verhindern zum Beispiel elastische Gummibündchen, dass durch die Körperbewegungen ein übermässiger Luftaustausch stattfindet, was den wärmenden Effekt der Kleidung erhöht. Ventilationsöffnungen unter den Achseln helfen andererseits in Belastungssituationen via Luftaustausch mit der Umgebung überschüssige Wärmeenergie nach aussen abzuleiten.

### Das Problem mit der Feuchtigkeit

Körperliche Aktivität erhöht die Wärmeproduktion des Körpers. Damit dieser in der Folge nicht überhitzt, kommt der Sportler zum Beispiel beim Skifahren auch bei frostigen Temperaturen ins Schwitzen. Über die Verdunstung des Schweißes auf der Haut wird dem Körper überschüssige Wärme entzogen. Um dies zu ermöglichen, muss die Feuchtigkeit aber auch vom Körper weggeleitet werden. Bei manchen Skianzügen befinden sich deshalb unter den Achseln Lüftungsschlitze, die vom Träger bei Bedarf geöffnet werden können. Moderne Membranmaterialien lassen zudem den Schweißdampf nach aussen entweichen und bieten dennoch einen effektiven Schutz gegen Nässe und Wind.

Kann der Schweiß aber nicht vom Körper weggeleitet und an die Umgebung abgegeben werden, sammelt er sich in den hautnahen Schichten der Kleidung an. Dies ist nicht nur unangenehm, sondern kann bei sinkendem Aktionsgrad und damit reduzierter Wärmeproduktion sogar gesundheitsgefährdend werden. Da Wasser ein hervorragender Wärmeleiter ist, verliert der Mensch durch nasse, am Körper anliegende Kleidung viel Wärme. Dies sorgt zusammen mit dem Energieentzug durch die Verdampfung für ein starkes Auskühlen. Der gleiche Effekt kann im Sommer beobachtet werden, wenn die von feuchter Badekleidung bedeckte Haut unangenehm kalt wird.

### Entwicklungssprung bei der Bekleidung

Noch bis in die 60er-Jahre hinein wurde für Kleidung fast ausschliesslich Naturmaterialien wie Wolle, Baumwolle, Leinen, Leder und Pelze verarbeitet. Zwar wurden bereits 1935 in den USA von Wallace Hume Carothers mit Nylon und 1938 in Berlin von Paul Schlack mit Perlon die ersten synthetischen Textilfasern entwickelt. Den Durchbruch schafften die Chemiefasern allerdings erst, als man gelernt hatte, sie hinsichtlich der gewünschten Eigenschaften gezielt zu beeinflussen.

So lässt sich durch die Einstellung der Faserfeinheit und damit -steifigkeit sowie besondere Verarbeitungstechniken die Menge der eingeschlossenen Luft im Textil und damit die Wärmeisolation steuern und maximieren. In Jacken oder Schlafsäcken eingearbeitete Vliesmaterialien aus röhrenförmigen Hohlfasern mit hoher Bauschkraft erreichen so Werte bei der Wärmeisolation, die an diejenigen von Daunenfüllungen heranreichen. Da die Hohlfilamente relativ steif sind, können sie auch nicht so

leicht zusammengedrückt werden und bewahren auch unter Belastung ihr wärmendes Luftpolster.

### Bewährtes Zwiebelchalenprinzip

Die Allround-Bekleidung für jede Temperatur wird es auch in absehbarer Zeit nicht geben. Ziel der bekleidungsphysiologischen Forschung ist es deshalb, zu ermitteln, welche Kleidung für welchen Zweck und Einsatzbereich angemessen ist, um entsprechende Hinweise für den Träger zu geben. Bei Schlafsäcken kann man das Ergebnis dieser Arbeit bereits hautnah erleben: Dort wird nach einem normierten Verfahren der Temperaturbereich ermittelt und am Produkt ausgewiesen, in dem dieses zum Einsatz kommen kann, ohne dass sich der Nutzer unwohl fühlt oder gesundheitliche Schäden zu befürchten sind.

Bei Bekleidung ist, anders als bei Schlafsäcken, der Aktivitätsgrad und die damit verbundene unterschiedliche Wärmeproduktion des Körpers zu berücksichtigen. Hier gilt es nach wie vor, bei kalter Witterung das Zwiebelchalenprinzip anzuwenden, also mehrere Kleidungsschichten übereinander zu tragen, die nach Bedarf abgelegt werden können. Bei deren Auswahl sollte man aber unbedingt die oben genannten Überlegungen zum Wärme- und Feuchte-transport im Auge behalten und die einzelnen Kleidungsstücke aufeinander abstimmen, um ein optimales Wärme- und Feuchtemanagement sicherzustellen.

\*Andreas Schmidt ist Abteilungsleiter des Bereichs Function and Care an den Hohenstein Instituten in Bönningheim, Deutschland. Er untersucht und optimiert den Tragekomfort von Kleidung.



Die Wärmeisolation von Bekleidungsstücken wird an den Hohenstein Instituten unter anderem mit der thermischen Gliederpuppe Charlie ermittelt.

## Masstab für den Tragekomfort

Selbst für Fachpersonen ist es schwierig, den Tragekomfort eines Kleidungsstücks allein anhand des Augenscheins zu beurteilen. Die Aussagen der Hersteller sind untereinander kaum vergleichbar. Die Hohensteiner Wissenschaftler haben deshalb für die thermophysiologischen Eigenschaften (Wärmeisolation, Atmungsaktivität, Feuchtigkeitsmanagement usw.) und die hautsensorischen Aspekte eines Kleidungsstücks objektive Messmethoden entwickelt. Aus den Messergebnissen wird dann eine Tragekomfortnote berechnet, die von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend) reicht. Wer also wissen möchte, welcher Skianzug gute Wärmeisolation bietet und beim Après-Ski den Schweiß nicht in Strömen fliessen lässt, oder welche Sportunterwäsche den Schweiß am besten aufnimmt, ohne unangenehm auf der Haut zu kleben oder zu kratzen, kann die Tragekomfortnote durch die Hohenstein Institute bestimmen lassen.