

Zeitschrift:	Mittex : die Fachzeitschrift für textile Garn- und Flächenherstellung im deutschsprachigen Europa
Herausgeber:	Schweizerische Vereinigung von Textilfachleuten
Band:	108 (2001)
Heft:	2
Artikel:	Computergestütztes Berechnungs- und Simulationsverfahren zur Optimierung des Einsatzes von phase change material (PCM) in Hightech-Bekleidung
Autor:	Pause, Barbara
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-678121

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 31.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Computergestütztes Berechnungs- und Simulationsverfahren zur Optimierung des Einsatzes von Phase Change Material (PCM) in Hightech-Bekleidung

Dr. Barbara Pause, Textile Testing & Innovation, Longmont, CO 80503, USA

Phase Change Material (PCM) ist ein hochproduktives Wärmespeichermedium, durch das die thermischen Eigenschaften textiler Materialien wesentlich verbessert werden können. Angewandt in Hightech-Bekleidung, kann das PCM den Wärmeabfluss durch die Bekleidungsschichten aktiv steuern und ihn an die Tragebedingungen unmittelbar anpassen. PCM wird derzeit in Fasern und Schaumstoffe direkt eingebracht, bzw. als Beschichtung auf ein textiles Trägermaterial aufgetragen.

Die Anwendung dieser Textilien mit PCM-Ausrüstung in diverser Hightech-Bekleidung ist in der Vergangenheit jedoch oft fehlgeschlagen, wie Testergebnisse verschiedener Prüfinstitute zeigen. Das Problem liegt im meist falschen Einsatz dieser Textilien mit PCM-Ausrüstung in der Hightech-Bekleidung. Die gewünschte thermische Wirkung kann nur dann erreicht werden, wenn das richtige PCM, in der richtigen Menge, am richtigen Ort zum Einsatz kommt.

Um diese Forderungen zu erfüllen, wurde ein computergestütztes Berechnungs- und Simulationsverfahren entwickelt, mit dem eine optimale Anwendung von Textilien mit PCM-Ausrüstung in Hightech-Bekleidung sichergestellt wird.

Das Verfahren beinhaltet die folgenden vier Bearbeitungsschritte:

- die PCM-Auswahl,
- die Bestimmung der erforderlichen PCM-Menge,
- die Auswahl eines geeigneten textilen Trägermaterials,
- das Design der Hightech-Bekleidung mit PCM-Ausrüstung.

PCM-Auswahl

Im ersten Bearbeitungsschritt werden für vorgegebene Kleidungsaufbauten Temperaturprofile unter Annahme möglicher Anwendungstemperaturen erstellt. Aus den Temperaturprofilen werden die für die PCM-Anwendung in Frage kommenden Temperaturbereiche ermittelt. An-

hand dieser Temperaturbereiche erfolgt dann die Auswahl eines geeigneten PCM. Temperaturprofile, die für Skibekleidung ermittelt wurden, sind in der Abbildung dargestellt.

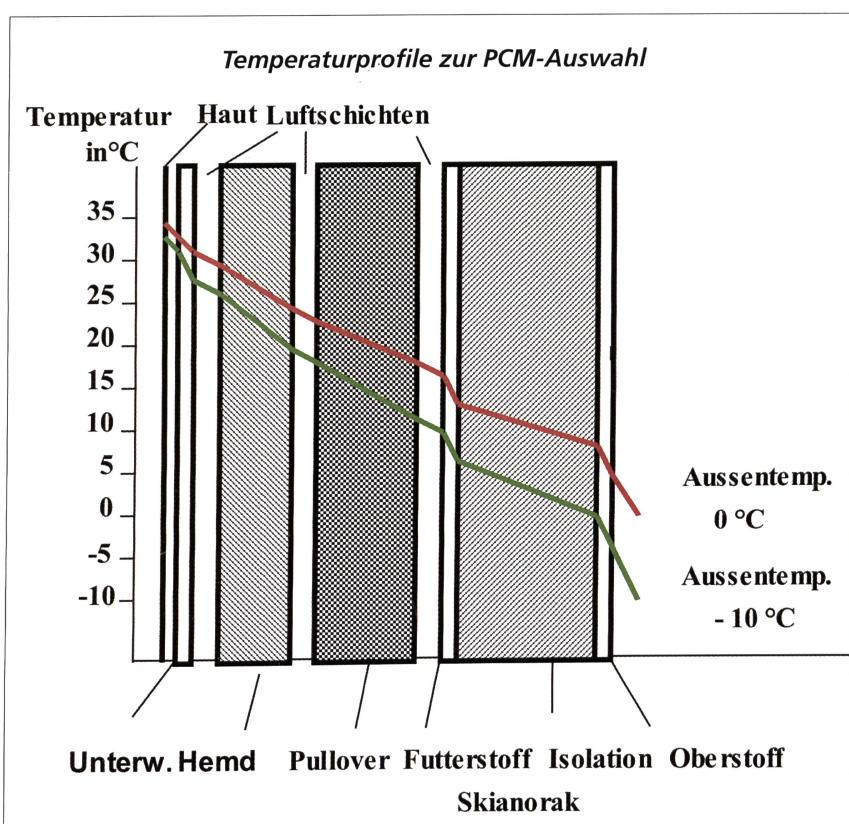
Bestimmung der erforderlichen PCM-Menge

In diesem Programmschritt wird mittels Wärmebilanzen die für die jeweilige Hightech-Bekleidung

kleidung erforderliche PCM-Menge bestimmt. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der Wärmeproduktion des menschlichen Körpers bei der Ausführung verschiedener Tätigkeiten. Das Programm enthält eine umfangreiche Datensammlung von Energieumsätzen des Körpers, die bei Ausführung unterschiedlicher Tätigkeiten ermittelt wurden. Beispiele für Energieumsätze des Körpers beim Skilaufen sind in der Tabelle enthalten.

Des Weiteren erfordert das Aufstellen der Wärmebilanzen die Kenntnis der Höhe des Gesamtwärmeflusses durch den Bekleidungsaufbau. Die Berechnung des Gesamtwärmeabflusses erfolgt auf der Basis der Wärme- bzw. Feuchtedurchgangswiderstände der am Bekleidungsaufbau beteiligten Textilien, die in Voruntersuchungen bestimmt werden.

Schliesslich wird anhand der Computersimulation von Tätigkeitsabläufen abgeschätzt, wie viel Wärme pro Zeiteinheit beim Tragen der Hochtechnologie-Kleidung entsteht, welcher Prozentsatz der produzierten Wärme problemlos durch das Bekleidungssystem abgeführt werden kann, und wie viel Wärme demnach vom PCM aufgenommen bzw. abgegeben werden muss, um die Wärmebilanz auf einem ausgeglichenen Niveau zu halten. Unter Berücksichtigung der Wärmekapazität des PCM erfolgt die Bestimmung der erforderlichen PCM-Menge.



Energieumsätze des Körpers beim Skilaufen

Tätigkeit	Mittlerer Energieumsatz in kJ/min.
Stehend am Skilift warten	5 - 7
Sitzend mit dem Skilift fahren	1 - 3
Anstieg mit Tragen der Skier auf der Schulter	32 - 40
Gerade Abfahrt	36 - 50
Slalomabfahrt	90 - 96
Langlauf	77 - 86

Auswahl eines geeigneten textilen Trägermaterials

Der dritte Bearbeitungsschritt beinhaltet die Auswahl eines geeigneten Trägermaterials, dass das im ersten Schritt ermittelte PCM in der erforderlichen Menge enthält. Neben den spezifischen Anforderungen an PCM-Typ und PCM-Menge, werden in der Materialauswahl auch textilspezifische Erfordernisse, wie eine ausreichende Atmungsaktivität oder eine geforderte Flexibilität, berücksichtigt. Die Auswahl erfolgt mittels einer in das Programm integrierten Datenbank. Sollte kein Trägermaterial verfügbar sein, das den gestellten Anforderungen genügt, so kann das Programm auch zur Entwicklung eines entsprechenden Materials verwendet werden.

Design der Hightech-Bekleidung mit PCM-Ausrüstung

Im letzten Programmschritt erfolgt das Design der Hightech-Bekleidung unter der Zielstellung, die thermische Wirkung des PCM in der Hightech-Bekleidung zu optimieren. Grundlage dafür bilden thermographische Messungen, deren Ergebnisse in das Programm integriert sind. Die Thermographie ermöglicht das Auffinden thermischer Problemzonen, auf die der PCM-Einsatz und das Bekleidungsdesign abzustimmen sind. Das computergestützte Berechnungs- und Simulationsverfahren ermöglicht erstmals eine zielgerichtete Entwicklung von Hightech-Bekleidung mit PCM-Ausrüstung. Erprobungen der Hightech-Bekleidung in Trage-

tests haben gezeigt, dass eine auf diese Weise entwickelte Kleidung mit PCM-Ausrüstung einen effektiven und dauerhaften Thermoregulationseffekt gewährleistet. Die Anwendung des computergestützten Berechnungs- und Simulationsverfahrens verkürzt außerdem die Entwicklungszeit für Bekleidung mit PCM-Ausrüstung erheblich. Darüber hinaus wirkt das Programm als Brücke zwischen der Herstellung von textilen Trägermaterialien mit PCM-Ausrüstung und dem Konfektionieren der Hightech-Bekleidung. Das Verfahren wurde bisher unter anderem bei der Entwicklung von Sport- und Schutzbekleidung erfolgreich angewandt.

Informationen

Textile Testing & Innovation, LLC.

Dr. Barbara Pause

7161 Christopher Court

Longmont, CO 80503, USA

Tel. 001 303 652 85 60

Fax 001 303 652 85 59

Phase change materials (PCM) : Erfahrungen aus Labor und Probandenversuchen

Markus Weder, EMPA St.Gallen, CH

In den letzten Jahren sind immer häufiger sogenannte intelligente Textilien auf Basis von «Phase Change Materials» (im folgenden nur noch mit PCM gekennzeichnet) auf dem Markt aufgetaucht, die in der Lage sein sollen, sich den ändernden Umgebungsbedingungen anzupassen. Es wurden Untersuchungen an PCM-Textilien vorgenommen.

Der PCM-Effekt soll darin bestehen, dass Energie beim Wechsel des Aggregatzustandes von kleinen Wachskügelchen (Durchmesser ca. 10 bis 30 µm) gespeichert oder wieder abgegeben werden kann. Diese Kügelchen sind durch eine äußere hauchdünne Kunststoffhülle geschützt, damit das Wachs im flüssigen Zustand nicht auslaufen kann. Dabei wechseln sie in einem

definierten Temperaturbereich den Aggregatzustand: Vom festen Zustand werden sie durch Aufheizen verflüssigt und nehmen dabei eine bestimmte Wärmemenge auf. Umgekehrt beim Herunterkühlen vom flüssigen in den festen Zustand wird eine definierte Menge Wärme wieder abgegeben. Die Kügelchen können in Acrylfasern eingesponnen, in eine Beschichtung ein-

gesetzt, oder in Schäume mit einer Dicke von 2 bis über 5 mm eingebracht werden.

Richtige Anwendung

Ein wichtiger Faktor ist der Ort der Wärmebildung, respektive Wärmefreisetzung. Werden solche Materialien weit weg vom Körper eingesetzt, kann praktisch nur ein Bruchteil der freigesetzten Energie auch wieder dem Menschen zurückgeführt werden. Sind diese Materialien anderseits sehr nahe an der Haut plaziert, verändert sich, insbesondere im Rumpfbereich aufgrund seiner mehr oder weniger konstanten Hauttemperaturen, sehr wenig. Am Anfang kann zwar Energie gespeichert, jedoch nicht wieder dem Körper zurückgeführt werden, wenn die Mikrokapseln permanent flüssig sind. Prinzipiell eignen sich deshalb die Extremitäten besser für den Einsatz von PCM, da die Oberflächentemperatur von Armen und Beinen, je nach Wärmemanko respektive -überschuss, wärmer oder kälter sind.

Die Temperatur einer Jackeninnenseite ist während Ruhephasen, wenn sich der Mensch