

■ Kühlender Vorhang

Wasser, eingesperrt in einer Membran, lässt sich zur passiven Raumkühlung nutzen.

In den USA gehen 40 Prozent des Energieverbrauchs auf Gebäude zurück, ein Großteil für Klimatisierung. Da Wasser eine hohe Verdunstungsenthalpie hat, ist es die ideale Substanz, um in heißen, trockenen Gebieten der Umgebung Wärme zu entziehen und so einen Raum zu kühlen. Allerdings arbeiten solche Systeme mit Strom, was

der verklebt, blieben die äußeren Schichten womöglich nicht porös.

Laborversuche mit der Membran haben gezeigt, dass die Verdunstungsrate bei 30 °C Umgebungstemperatur und 50 Prozent Luftfeuchtigkeit (1,4 ± 0,3) kg Wasser pro Tag und Quadratmeter erreicht. Hochgerechnet auf ein Modellgebäude mit 1000 m³ Volumen bedeutet dies, dass bei Temperaturen von 40 °C außen und 30 °C innen mehr Wärme abgeführt wird, als die Sonne zuführt. Unklar sind bislang die Lebensdauer der Membran und das mikrobiologische Verhalten des Materials, ob es also womöglich das Wachstum von Pilzen und Bakterien begünstigt.

ne Feuchtigkeit eindringt. Die KIT-Forscher haben die Solarzelle durch Rotationsbeschichten des Glassubstrats unter Schutzgas hergestellt. Die Elektroden, die sich zu beiden Seiten der aktiven Schicht befinden, bestehen aus den gängigen Materialien Indiumzinnoxid (ITO) und dem Polymer PEDOT:PSS. Die lichtsammelnde Schicht entstand aus einem tenären Gemisch eines kommerziell erhältlichen Polymers mit zwei Fullerenen.

Die Solarzelle ist für schräg einfallendes und diffuses Licht optimiert, da sie im Freien und in Räumen elektrische Energie liefern soll. Der Wirkungsgrad der Zelle erreicht bei einer typischen Innenraumbeleuchtung von 500 Lux 6,7 Prozent. Beide „Brillengläser“ liefern zusammen 400 µW elektrische Leistung, was für den Betrieb von Taschenrechnern, manchen Armbanduhren oder Hörgeräten ausreichen würde. Die Forscher integrierten einen Mikrocontroller, zwei einfache LCDs und die erforderliche elektrische Schaltung und Sensorik in die Bügel einer kommerziellen Sonnenbrille, um das Prinzip zu zeigen: Die Displays zeigten Temperatur und Beleuchtungsintensität an.

■ Mobile Energieversorgung

Eine Sonnenbrille mit Gläsern aus organischen Solarzellen produziert Strom.

Organische Solarzellen sind leicht und mechanisch flexibel, lassen sich in verschiedenen Farben und beliebigen Geometrien herstellen, semitransparent ausführen und kostengünstig fertigen. Ihre größten Schwächen sind der Wirkungsgrad und die Langzeitstabilität im Vergleich zu kristallinen Zellen. Daher gilt es, Anwendungen zu finden, die nur mit organischen Solarzellen möglich werden. Als eine solche Machbarkeitsstudie ist eine am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entworfene energieautarke Sonnenbrille zu verstehen.²⁾

Die „Gläser“ der Brille bestehen aus einem Glassubstrat, der organischen Solarzelle und einem augenseitigen Deckglas, damit kei-

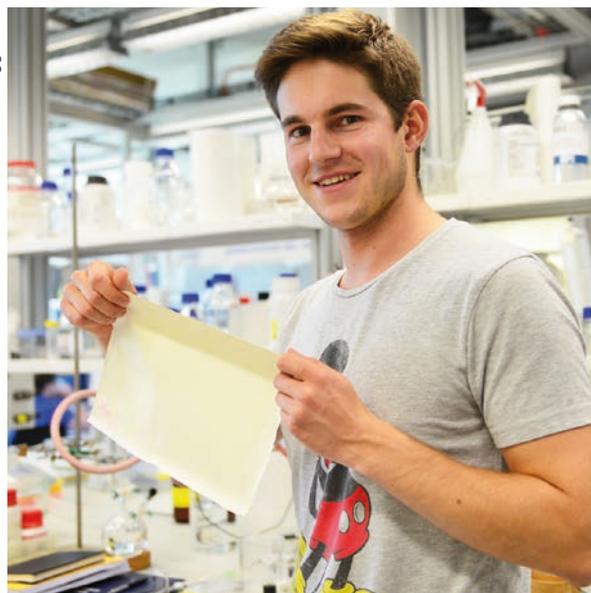
■ Pflaster passt auf

Fluoreszierende Wundverbände zeigen an, wenn sie gewechselt werden müssen.

Bei hartnäckigen Wunden erfordern Verbände besondere Aufmerksamkeit. Um den Heilungsfortschritt zu kontrollieren, ist der Verband regelmäßig abzunehmen.



Elektrischer Selbstversorger: Sonnenbrille mit Solarzellen und integrierter Elektronik



Die Membran speichert Wasser und kühlt die Umgebung passiv, wenn dieses verdampft.

der Energiebilanz abträglich ist. Wissenschaftler der ETH Zürich haben nun das Labormuster eines Vorhangs entwickelt, der die Verdunstung von Wasser zum Kühlen ausnutzt, aber passiv arbeitet.¹⁾

Der Vorhang ist aus einer dreilagigen Membran aufgebaut. Die Materialien der Schichten werden flüssig aufgetragen und jeweils getrocknet. Beide äußeren Schichten bestehen aus einem Gemisch von Polyurethan und Nanopartikeln aus Calciumcarbonat und sind hydrophob. Die Nanopartikel lassen sich nach dem Trocknen mit Salzsäure herauslösen – zurück bleiben Poren. Die mittlere Schicht besteht aus einem hydrophilen Polyethersulfon. Dank des gleichen Lösungsmittels haften die einzelnen Schichten dauerhaft aneinander, obwohl hydrophobe und hydrophile Grenzflächen aufeinanderliegen. Würden die Schichten miteinan-

1) M. Stucki et al., Adv. Eng. Mater. (2017), 1700134, doi:10.1002/adem.201700134

2) D. Landerer et al., Energy Technol. (2017), 1700226, doi:10.1002/ente.201700226

3) J. Zhang et al., Opt. Express 25, 18614 (2017)

Oft geschieht dies jedoch zu früh. Dann steigt die Gefahr, dass sich Bakterien auf der Wunde ansiedeln. Vermeiden ließen sich unnötige Wechsel, wenn der Zustand der Wunde von außen zu erkennen wäre. Diesen Ansatz haben die EMPA, St. Gallen, und das Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique, Neuchâtel, verfolgt.

Der Körper produziert bei heilenden Wunden spezifische Substanzen. Dabei variiert der Stoffwechsel, was sich unter anderem in einem wechselnden pH-Wert äußert. Verheilt eine Wunde normal, steigt ihr pH-Wert auf 8 und fällt dann wieder auf 5 bis 6. Droht eine Wunde chronisch zu werden, so pendelt der pH-Wert dauer-



Der Wundverband ist pH-empfindlich: Die Sensormoleküle fluoreszieren.

haft zwischen 7 und 8. Um diese Änderungen zu erfassen, wurden die Moleküle maßgeschneidert, die abhängig vom pH-Wert unterschiedlich fluoreszieren. Das Fluoreszenzsignal lässt sich qualitativ bereits mit einer UV-Leuchte aus dem Elektrogeschäft nachweisen. Für den quantitativen Nachweis steht ein handliches Messgerät zur Verfügung.

Zwei Varianten des Fluoreszenzverbands berücksichtigen, dass es sehr unterschiedliche Wundauflagen gibt. Im einen Fall ist das Farbstoffmolekül kovalent direkt an das Textil gebunden. Im anderen Fall ist es in einen hydrogel-artigen Wundverband integriert, indem es zwischen zwei Schichten aus biokompatiblen Polymeren eingeschlossen ist, deren wundseitige Schicht wasserdurchlässig ist.

Die Forscher sind bereits in Gesprächen mit interessierten Unternehmen. Im kommenden Jahr sollen Tierversuche beginnen.

■ Autolacke prüfen

Die Optische Kohärenztomographie ermöglicht die detaillierte Analyse von Effektlacken.

Autolacke mit Metallic-Effekten sind weit verbreitet. Ihre Wirkung beruht auf mikrometerkleinen Metallpartikeln oder Glimmer. In modernen vierschichtigen Autolacken befinden sich die Partikel unterhalb des abschließenden, transparenten Klarlacks im Basislack. Qualitätskontrollen von Autolacken lassen sich derzeit nur außerhalb einer Fertigungslinie durchführen. Alle etablierten Verfahren erreichen dabei keine ausreichende Auflösung, um Größe und Orientierung der Metallpartikel sichtbar zu machen. Daher fehlen Informationen, um Qualitätsschwankungen der Lacke tiefer zu verstehen. In diese Lücke stoßen Wissenschaftler der Universität Liverpool, indem sie die Optische Kohärenztomographie (OCT) an diese Aufgabe angepasst haben.³⁾

Die OCT nutzt Licht geringer Kohärenzlänge, um mittels eines Interferometers Entfernungen in streuenden Materialien zu messen. So entstehen in Echtzeit Volumendaten aus Schnittbildern. Das Liverpooler Laborsystem erreicht lateral eine Auflösung von $4,4 \mu\text{m}$ und axial von $4,0 \mu\text{m}$. Die Aufnahme eines 3D-Volumens, die zu einer Lackfläche mit $2,25 \times 1,4 \text{ mm}^2$ Seitenlänge gehört, dauert bei einer Rate von 100 Schnittbildern pro Sekunde eine halbe Minute. Das Licht der OCT dringt nicht tiefer als zum Basislack vor.

Ein neu entwickelter Algorithmus erlaubt es, aus den Rohdaten automatisiert Aussagen über Zahl, Abmessung und Orientierung der Metallpartikel zu treffen. Er beruht im Kern auf einer Segmentierung, durch die benachbarte Volumenelemente zu inhaltlich zusammenhängenden Bereichen zusammengefasst werden. Die OCT arbeitet berührungslos und lässt sich daher prinzipiell in eine Fertigungslinie integrieren. Damit würde sie eine Qualitätsüberwachung während des Lackiervorgangs ermöglichen.

Michael Vogel