

heitliche Bedenken gut im menschlichen Körper verteilen. Das erfordert nun die entsprechenden chemischen Synthesearbeiten.

## Rekordverdächtige Effizienz

Eine reversible Brennstoffzelle erreicht einen Wirkungsgrad von 62 Prozent im Wasserstoffbetrieb.

Brennstoffzellen sind derzeit eine Nischentechnologie und dienen vor allem der autarken Energieversorgung. Doch die Technologie könnte an Bedeutung gewinnen. Mit dem wachsenden Anteil an Wind- und Solarenergie in den Versorgungsnetzen geht ein Bedarf an dezentralen Speichern einher. Außerdem bietet sich die Brennstoffzelle als alternativer Fahrzeugantrieb für die Langstrecke an. Das erklärt das anhaltende Forschungsinteresse. Der Fokus liegt dabei auf weiteren Verbesserungen bei Material und Design, um den Wirkungsgrad und die Lebensdauer der Technologie zu steigern.

Wissenschaftler am Forschungszentrum Jülich haben im Rahmen einer Machbarkeitsstudie eine reversible Brennstoffzelle präsentiert. Reversible Brennstoffzellen können elektrische Energie in Form von Wasserstoff speichern und bei Bedarf aus dem Gas wieder Strom erzeugen. Das Jülicher System erreicht bei der Zufuhr von Wasserstoff einen elektrischen Wirkungsgrad von 62 Prozent – der bisherige Rekord lag bei 45 Prozent. Im Elektrolysemodus, also wenn das System Wasserstoff produziert, ließe sich der Wirkungsgrad deutlich über die derzeit 70 Prozent steigern. Bereits jetzt ist er höher als bei heutigen alkalischen Elektrolyseuren, die im praktischen Einsatz 60 bis 65 Prozent erreichen.

Das Jülicher System nutzt Festoxidbrennstoffzellen, die gleichzeitig als Elektrolyseur arbeiten können. Der bi-direktionale Hochtemperatur-Stack besteht aus insgesamt 40 Zellen mit einer Spannung im Brennstoffzellenbetrieb von jeweils 835 mV und einer Brennstoffzellengesamtleistung von 5 kW. Der Stack ist mit Platten-

wärmetauschern, welche die getrennt zugeführten Reaktionsgase – Luft und Wasserstoff – auf 600 °C vorwärmen, zu einem Modul kombiniert. Das System setzt mehr als 97 Prozent des zugeführten Wasserstoffs elektrochemisch um.

## Alles frisch?

Ein Nahinfrarot-Sensor erkennt den Zustand von Lebensmitteln.

Millionen Tonnen Lebensmittel landen jährlich im Müll, obwohl sie nicht verdorben sind. Denn nicht immer ist es für Verbraucher oder den Einzelhandel leicht zu beurteilen, ob ein bestimmtes Lebensmittel noch verzehrbar ist. Ein Konsortium zweier Fraunhofer-Institute und zweier bayerischer Hochschulen hat einen Scanner entwickelt, um die Frische von Lebensmitteln zu ermitteln. Beteiligt waren die Fraunhofer-Institute für Optronik, Systemtechnik und

gungszustände quasi unmöglich ist, sondern sie korrelieren den Gesamtverlauf des Nahinfrarot-Spektrums mit anderen messbaren Eigenschaften von Lebensmitteln. Dafür haben sie die Festigkeit von Tomaten untersucht – ein recht verlässliches Kriterium für die Frische – und jeweils Spektren von ihnen aufgenommen. Dieser Datensatz aus mehreren hundert Tomaten dient nun dazu, durch maschinelles Lernen den Scanner so zu trainieren, dass er aus dem Verlauf des Spektrums die Festigkeit und damit die Frische beurteilen kann. Vorstellbar ist, noch weitere Kriterien zur Frischeprüfung heranzuziehen.

Derzeit ist der Food-Scanner nur ein Demonstrator. Er ließe sich weiter miniaturisieren.



Bildauswertung IOSB in Karlsruhe sowie für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Freising sowie die Technische Hochschule Deggendorf und die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. Der Demonstrator besteht aus kommerziell erhältlicher Hardware und misst im Nahinfrarot das Spektrum des reflektierten Lichts. Es handelt sich um eine Punktmessung.

Im Labor ist die Nahinfrarot-Spektroskopie seit Jahrzehnten etabliert, um Lebensmittel zu analysieren. Mit ihrem Scanner messen die Forscher zur Beurteilung der Frische keine Linien, weil das im Nahinfrarot aufgrund der vielen molekularen Anre-

2019 soll ein Test in einem Supermarkt folgen. Wie gut der Algorithmus funktioniert und für welche Art von Lebensmitteln er sich eignet, ist noch nicht zu beurteilen. Fest steht, dass es sich derzeit um homogene Lebensmittel handeln muss. Prinzipiell lässt sich das Verfahren auch auf andere Fragestellungen übertragen, etwa um Fälschungen bei Lebensmitteln zu erkennen oder um Kunststoffe, Holz, Textilien oder Mineralien voneinander zu unterscheiden.

Michael Vogel