

■ Schneller laden

Durch geschickte Materialwahl erreicht eine Festkörperbatterie eine zehnmal höhere Ladegeschwindigkeit.

Kommerziell erhältliche Energiespeicher für die Elektromobilität beruhen derzeit auf der Lithium-Ionen-Technologie. Das wird auch erstmal so bleiben. Doch spätestens Anfang des übernächsten Jahr-

wählt, deren (elektro-)chemische und mechanische Eigenschaften gut zueinander passen: Elektroden und Elektrolyt beruhen auf Phosphatverbindungen. Die Anode besteht aus $\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3$, die Kathode aus $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ und der Elektrolyt aus $\text{Li}_{1,3}\text{Al}_{0,3}\text{Ti}_{1,7}(\text{PO}_4)_3$. Der Elektrolyt dient als Träger, die Elektroden sind darauf per Siebdruck aufgetragen. Nach 500 Zyklen betrug die Entladekapazität noch 63,5 mAh/g bei 0,39 C, was 84 % des Ausgangswerts entspricht.

den. Durch zwei identisch ausgerüstete Pfosten wird das System redundant. Wie letztlich die Datenübertragung an eine Leitstelle erfolgt, wird sich nach den Wünschen der Leitstelle richten, eine Möglichkeit wäre per Mobilfunk. Das Frühwarnsystem bezieht seinen Strom von einer Solarzelle, die Elektronik hat nur eine geringe Leistungsaufnahme. Der größte Verbraucher ist der Mikrocontroller, der die Daten analysiert. Für ein gutes Energiemanagement erreichen ihn nur vorgefilterte Informationen: Erst wenn die Infrarotsensoren signalisieren, dass sich etwas mit einer realistischen Geschwindigkeit vorbeibewegt hat und das Mikrofon ebenfalls ein Signal im plausiblen Frequenzbereich erfasst, wird der Controller aktiv.

Nach der Erprobung auf dem Uni-Gelände haben die Forscher an einem Autobahnkreuz Daten erfasst, um ihren Algorithmus zu testen und das System zu spezifizieren. Parallel läuft die weitere Entwicklung der Hardware. Derzeit ist der Demonstrator auswertungsseitig noch PC-basiert.

■ Handgerät für die Netzhaut

Die Scanning-Laserophthalmologie mit adaptiver Optik wird auch für Kinder und liegende Patienten zugänglich.

Durch adaptive Optik lassen sich die Abbildungsfehler in bildgebenden ophthalmologischen Geräten deutlich reduzieren. So ist es möglich, mit der AOSLO (Adaptive Optics Scanning Laser Ophthal-

■ Warnung vor Geisterfahrern

Ein passives System erkennt Autos, die sich in die falsche Richtung bewegen.

Laut einer ADAC-Statistik gab es 2016 rund 2200 Verkehrsmeldungen wegen Falschfahrern in Deutschland. Dabei kommt es immer wieder zu schweren Unfällen. Ingenieure der Universität des Saarlandes in Saarbrücken haben ein Frühwarnsystem entwickelt, das bereits in der Autobahnauffahrt Falschfahrer erkennt und umgehend Polizei und Verkehrsleitzentralen benachrichtigt. In einer Ausgründung namens T-Protex wollen die Forscher nun ihre Entwicklung kommerzialisieren.

Das Frühwarnsystem lässt sich in einen Leitpfosten integrieren. Es enthält drei passive Infrarotsensoren und ein Stereomikrofon. Die Infrarotsensoren erfassen die Fahrbahn in etwa zehn Metern Umkreis, das Mikrofon Geräusche, um ein Fahrzeug anhand der Rollgeräusche von z. B. einem Tier zu unterschei-

zehnts wird es eine Nachfolgetechnologie geben – Festkörperbatterien gelten als Kandidaten. Anders als Lithium-Ionen-Akkus enthalten sie keine flüssigen Komponenten, die auslaufen oder in Brand geraten können. Allerdings ist noch unklar, ob ihnen der kommerzielle Durchbruch gelingen wird. Eine Hürde sind zum Beispiel die geringen Ladeströme, durch die sich die Ladezeiten verlängern. Immerhin ist es nun Wissenschaftlern des Forschungszentrums Jülich gelungen, das Labormuster einer Festkörperbatterie zu entwickeln, deren Laderate im besten Fall über 3 C lag, was zehnmal höher als alle Werte ist, die bislang veröffentlicht worden sind.¹⁾ Die Kapazität betrug dabei etwa 50 mAh/g.

Ein maßgeblicher Grund für die geringen Ladeströme bisheriger Festkörperbatterien sind die hohen Übergangswiderstände zwischen Anode, Kathode und Elektrolyt – da der Elektrolyt ebenfalls ein Festkörper ist, kann er die Elektroden nicht so gut benetzen, wie das in Lithium-Ionen-Batterien möglich ist. Die Wissenschaftler haben daher Materialien ausge-



Die knopfzellen-große Festkörperbatterie befindet sich in der Mitte.

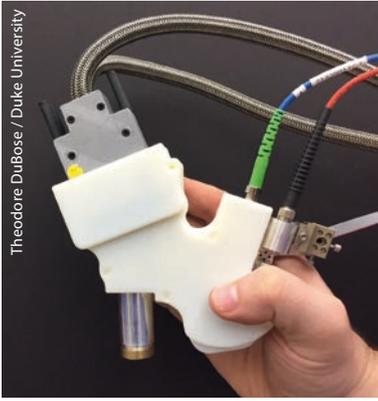
1) S. Yu et al., ACS Appl. Mater. Interfaces **10**, 22264 (2018)

2) T. DuBose et al., Optica **5**, 1027 (2018)

3) C. Will et al., Sci. Rep., doi:10.1038/s41598-018-29984-5



Der Falschfahrerwarner lässt sich in einen Leitpfosten integrieren.



Der neue Handheld-Scanner löst einzelne Fotorezeptoren in der Retina auf.

mology) einzelne Fotorezeptoren in der Retina aufzulösen, was bei der Diagnose und Behandlung bestimmter Augenerkrankungen hilft. Ein Nachteil heutiger AOSLO-Systeme ist ihre Größe, durch die ihr Einsatz auf sitzende, kooperierende Personen beschränkt ist. Wissenschaftlern der Duke University und des Duke University Medical Center in Durham, North Carolina, ist es nun gelungen, ein solches System stark zu miniaturisieren.²⁾ Es wiegt weniger als 200 g, ist so groß wie eine Zigarrenschachtel, schafft über sechs Frames pro Sekunde, hat eine Arbeitsentfernung zum Auge von 15 mm und liefert für die meisten Pupillendurchmesser ein beugungsbegrenztes Bild.

Entscheidend waren dabei zwei Dinge: Die Forscher nutzen für die Wellenfrontkorrektur einen kleinen MEMS-basierten verformbaren Spiegel und haben einen Algorithmus entwickelt, der den Wellenfrontsensor überflüssig macht. Bislang waren solche Algorithmen zu langsam, um bei einem Handgerät zum Einsatz zu kommen, das naturgemäß eine weniger stabile Position im Raum einnimmt als ein Tischgerät.

Die Forscher haben ihr System erfolgreich an einem Dutzend Personen – vom Kleinkind bis zum Erwachsenen – getestet. Sie erreichten eine Auflösung von $4,5 \mu\text{m}$ in einem Abstand von $1,4^\circ$ vom Bereich des schärfsten Sehens. Nach weiteren Optimierungen soll eine klinische Studie beginnen. Algorithmus, optisches und mechanisches Design sind als Open-Source verfügbar.

■ Abhören per Radar

Die Aktivität des Herzens lässt sich auch berührungslos messen.

Mit Stethoskop und Elektrokardiogramm (EKG) lässt sich das Herz genau kontrollieren. Beide Verfahren erfordern aber Hautkontakt. Während das Stethoskop Herztöne und -geräusche akustisch erfasst, misst das EKG die Summe der Aktivität aller Herzmuskelfasern. Wissenschaftler mehrerer Forschungseinrichtungen haben nun erfolgreich ein Verfahren erprobt, um das Herz berührungslos zu untersuchen. Beteiligt waren die FAU Erlangen-Nürnberg, die Brandenburgische TU Cottbus und das Universitätsklinikum Erlangen. Das Forscherteam erfasste dazu per Radar die Vibrationen der Haut, die durch den Herzschlag entstehen.³⁾

Sie maßen interferometrisch mit einem unmodulierten Dauerstrichradar, einem Sechsthor-Radarsystem. Fallen die Radarwellen auf den Brustkorb eines Probanden, werden sie dort reflektiert und ändern ihre Phase, wenn sich der Brustkorb bewegt. Daraus lassen sich Frequenz und Ausmaß der Bewegung auf wenige Mikrometer genau ermitteln. Das funktioniert aufgrund der verwendeten Wellenlänge trotz Kleidung oder Bettdecke. Das Radarsystem ist recht kompakt und lässt sich auch oberhalb einer liegenden Person anbringen. Die Wissenschaftler haben ihr Verfahren an elf Probanden getestet, die unterschiedlichen körperlichen Belastungen ausgesetzt waren. Bei der Diagnose des charakteristischen ersten Herztons betrug die zeitliche Übereinstimmung mit EKG-Messungen 92 Prozent, zudem lag eine Korrelation mit dem digitalen Stethoskop von 83 Prozent vor.

Ein mögliches Einsatzgebiet für das Radarsystem ist die – aufgrund der berührungslosen Messung nicht belastende – dauerhafte Überwachung eines Patienten in der Palliativmedizin. Ein anderes ist die Früherkennung von möglichen Gesundheitsproblemen außerhalb von Behandlungsräumen im Rahmen von freiwilligen Screenings.

Michael Vogel