



Der Wasserstands-Sensor wurde am Niederrhein bei Wesel getestet.

Hochwasser erkennen

Signale von Navigationssatelliten lassen sich zur kostengünstigen Überwachung von Flusspegeln ausnutzen.

Der Wasserstand von Flüssen lässt sich mit verschiedenen Verfahren messen: von der fest installierten Messlatte über Sensoren mit sehr unterschiedlichen Detektionsprinzipien bis zu Aufnahmen von Radarsatelliten. Jedes Verfahren hat Vor- und Nachteile. Zu den Schwächen zählen die Kosten, ein hoher Wartungsaufwand, sehr große Zeitabstände der Messungen oder eine fehlende Fernablesung. Ein gemeinsames Team der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn und der Universidade Federal do Rio Grande do Sul im brasilianischen Porto Alegre hat nun einen günstigen, autarken Sensor entwickelt und getestet. Die Messung des Flusspegels beruht auf den Signalen von Navigationssatelliten.¹⁾

Der Sensor nutzt aus, dass seine Antenne nicht nur die Satellitensignale empfängt, sondern auch ihre Reflexionen von der Wasseroberfläche. Aus dem Interferenzmuster beider Signale ergibt sich der Abstand des Sensors zur Wasseroberfläche. Er besteht aus einem GPS-Modul mit passender Antenne, die Signalanalyse erledigt ein Raspberry Pi – ein günstiger, kreditkartengroßer Einplatinencomputer. Ein Mobilfunkmodem ermöglicht die Fernablesung; Solarzellen machen den Betrieb energieautark.

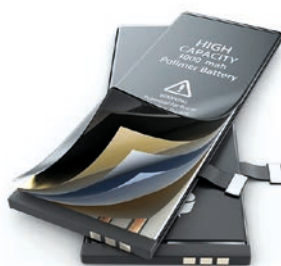
Eine rund zweijährige Messkampagne am Niederrhein bestätigt die

Robustheit des Sensors, der sich in knapp 13 Metern Höhe über dem Wasserspiegel befand. Die durchschnittliche Genauigkeit der Messungen in Abständen von weniger als 24 Stunden erreichte drei Zentimeter. Um Störsignale aus der Umgebung zu minimieren, maskierte das Team gezielt die Antennenkeule. Der Sensor kostet insgesamt weniger als 150 US-Dollar und bietet damit die Möglichkeit, weltweit Flüsse kostengünstig zu überwachen.

Integrierter Brandschutz

Ein Formgedächtnispolymer verhindert das thermische Durchgehen von Lithium-Ionen-Batterien.

Lithium-Ionen-Batterien haben sich zum unverzichtbaren Teil der Energiewende entwickelt. Entscheidend sind dafür die hohe spezifische Energiedichte, gute Zyklenstabilität und lange Lebensdauer. Als Nachteil gilt, dass Spannung und Temperatur für einen stabilen Betrieb in relativ engen Wertebereichen liegen müssen.



Lithium-Ionen-Batterien können bei einer Fehlfunktion brennen oder gar explodieren.

Deshalb lassen Überhitzung, extreme Ladezustände oder mechanische Beschädigungen die Innentemperatur einer Lithium-Ionen-Batterie abrupt ansteigen, was im Extremfall zum Brand oder einer Explosion führt. Verschiedene Maßnahmen reduzieren das Problem, sorgen aber für Nachteile bei Batterieleistung oder -gewicht. Ein Team der Tsinghua University und der Renmin University of China, beide in Peking, schlägt nun ein Formgedächtnispolymer vor, um die Batterie abzuschalten, wenn die Innentemperatur 90 °C übersteigt.²⁾

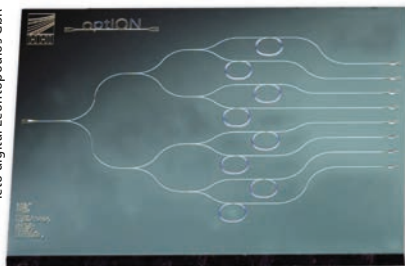
Der Polymerfilm dient als Stromkollektor und befindet sich zwischen Gehäusewand und Anode einer Zelle. Für seine elektrische Leitfähigkeit sorgt eine Kupferbeschichtung. Bei niedrigen Temperaturen hat der Stromkollektor eine plane Oberfläche, sodass sich ein guter elektrischer Kontakt zur Anode einstellt. Oberhalb von 90 °C greift der Formgedächtniseffekt: Die zuvor plane Oberfläche besitzt dann periodisch auftretend erhabene Strukturen, sodass sich die elektrische Kontaktierung auf wenige Punkte reduziert – zu wenig, um noch Strom zu leiten: Die Batterie schaltet sich ab.

Das chinesische Team hat seinen Formgedächtnis-Kollektor in Pouch-Zellen integriert und untersucht, ob sich deren Eigenschaften dadurch verändern. Die modifizierten Zellen waren in puncto Leitfähigkeit, Innenwiderstand und Zyklen-Lebensdauer mit den originalen Zellen vergleichbar.

Vorteilhafter Nachweis

Mikro-Ringresonatoren auf einem Sensorchip erlauben es, die Konzentration von Ionen im Blut zu messen und damit den Elektrolythaushalt zu bestimmen.

Der Elektrolythaushalt des Körpers ist ein sensibler Gradmesser für diverse Erkrankungen. Die Konzentration der verschiedenen Ionen im Blut ergibt sich im Labor mittels chemischer Verfahren. Die benötigte Blutmenge lässt sich jedoch bei Kleinkindern oder alten Menschen nicht immer abnehmen. Nun liegt eine Sensorlösung vor, die gleich drei Vorteile in sich vereint: Die erforderliche Blutmenge ist min-



Der Sensorchip mit acht Ringresonatoren misst mit Multiplexing verschiedene Elektrolyte.

destens um einen Faktor vier geringer als bei bisherigen Methoden, das Messergebnis steht fast in Echtzeit zur Verfügung und die Analyse lässt sich am Versorgungsort durchführen. An dem Projekt waren das Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI in Berlin, die Berliner Charité sowie die beiden Mittelständler Eschweiler in Kiel und Scienion in Berlin beteiligt.

Der Nachweis der Ionen erfolgt bei dem Verfahren optisch mittels Mikroring-Resonatoren, die auf einen Siliziumnitrit-Chip integriert sind. Einfallendes Licht einer Nahinfrarotlaserdiode, deren Wellenlänge die Resonanzbedingung der Ringe erfüllt, beeinflusst der Resonator durch destruktive Interferenz. Der ringförmige Lichtwellenleiter besitzt einen zur Umgebung offenen Bereich, dessen Oberfläche mit spezifischen Fängermolekülen funktionalisiert ist. Benutzt ein Analyt diese Stelle, lagert sich eine spezifische Sorte von Ionen an die Fängermoleküle an. Dies verändert den effektiven Brechungsindex des Mikrorings und damit seine Resonanzfrequenz, was sich optisch präzise detektieren lässt. Die Frequenzverschiebung ist proportional zur Zahl der eingefangenen Ionen.

Der Demonstrator besteht aus acht Ringresonatoren, die sich individuell funktionalisieren lassen. Zusammen mit den Wellenleitern für die Zu- und Abführung des Lichts beanspruchen sie eine Fläche, die kleiner als ein Fingernagel ist. Bisherige Tests mit Kochsalzlösungen, deren Konzentration vergleichbar mit derjenigen von Natrium-Ionen im Blut war, erlaubten die Konzentrationsmessung in wenigen Sekunden. Der gesamte Sensorkopf passt in einen Schuhkarton und soll in einem Folgeprojekt weiterent-

wickelt werden. Darüber hinaus ist die Anwendung des Verfahrens in der Umweltanalytik geplant.

Günstige THz-Kamera

Quantenpunkte ermöglichen einen empfindlichen Terahertz-Bildsensor.

Terahertz-Strahlung technisch auszunutzen gilt als ein Zukunftsfeld; mögliche Anwendungen finden sich in Materialanalyse, industrieller Qualitätskontrolle und Funknetzen. Hierfür braucht es Strahlquellen und Detektoren. Heutige THz-Detektoren leiden jedoch unter geringer Empfindlichkeit, Aufnahmegeschwindigkeit und Bandbreite sowie niedrigen Betriebstemperaturen und einem hohen Preis. Bislang gelang es nicht, alle Parameter gleichzeitig zu optimieren. Ein Team mehrerer Forschungseinrichtungen unter Führung des Massachusetts Institute of Technology und Samsung hat nun ein System entwickelt, das viele Schwächen auf einmal beseitigt.³⁾

Das Team nutzt Quantenpunkte, die THz-Strahlung in sichtbares Licht umwandeln, das eine Kamera mit einem gewöhnlichen CMOS-Bildsensor detektiert. Daneben gibt es noch eine Kameravariante als Polarimeter. Die Herstellung der THz-Kamera mit etablierten Methoden der Chipfertigung ist günstiger als bei existierenden Sensorkonzepten. Der experimentelle Nachweis zeigte, dass die Kamera THz-Pulse mit Maximalfeldstärken ab 10 kV/cm nachweist, auch für Frequenzen unter 1 THz. Damit ist sie empfindlicher als existierende THz-Sensoren, die bei Raumtemperatur arbeiten. Die Polarimeter-Variante misst gleichzeitig Polarisationsrichtung und Feldstärke.

Damit steht noch die Entwicklung einer THz-Strahlungsquelle aus, um die Aufnahmeobjekte zu beleuchten.

Michael Vogel

1) M. Karegar et al., Water Resour. Res. **58**, e2021WR031713 (2022)

2) J. Jia et al., Nano Lett. **22**, 9122 (2022)

3) J. Shi et al., Nat. Nanotechnol. (2022), DOI: 10.1038/s41565-022-01243-9

quantum approved.



Laser Rack Systems

Quantum Technology meets Industry Standards

Our lasers do not need an optical table! The T-RACK is the perfect home for TOPTICA's high-end tunable diode lasers and frequency combs in a modular 19" form factor. Pick yours!

- Tunable Diode Laser Systems
- Frequency Comb Systems
- Wavelength Meters
- Locking Electronics
- 330 .. 1770 nm



www.toptica.com/T-RACK