



Dieses Sensorsystem kommt in Abwasseranlagen zum Einsatz.

Umweltsünder aufspüren

Ein Sensorsystem in Abwasserkanälen entdeckt unerwünschte Stoffe.

Manches, was in die Abwasserkanäle gelangt, gehört dort nicht hin, beispielsweise Substanzen, die Kläranlagen zum Kippen bringen, oder Spuren aus der Herstellung synthetischer Drogen. Für den ersten Fall interessieren sich Kläranlagenbetreiber, für den zweiten die Ermittlungsbehörden. Ein europäisches Konsortium hat nun ein Sensorsystem entwickelt, das verdächtige Stoffe im Abwasserkanal identifizieren kann. An dem Forschungsprojekt waren mehrere Universitäten, Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Ermittlungsbehörden beteiligt. Aus Deutschland waren es das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen in Erlangen, das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration in Berlin sowie das Bundeskriminalamt.

Das System besteht aus physikalischen und chemischen Sensoren, ergänzt durch Probenentnahme, Energiemanagement sowie Steuerungs- und Kommunikationseinheit. Ein Roboter setzt das System in einen Abwasserkanal ein. Die physikalischen Sensoren befinden sich direkt vor und hinter einem verdächtigen Zulauf, während der dritte Ring mit dem chemischen Sensor und der Probenentnahme etwas unterhalb des Zu-

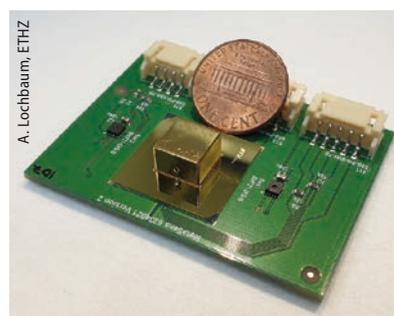
laufs montiert wird. Sobald die physikalischen Sensoren einen ungewöhnlichen pH-Wert oder eine auffällige Leitfähigkeit des Abwassers messen, aktivieren sie den chemischen Sensor und die Probenentnahme. Im Idealfall hat das System eine Abwasserprobe gezogen und kann den fraglichen Stoff ermitteln.

Da im Abwasser keine definierten Umgebungsbedingungen vorliegen, führen die physikalischen Sensoren eine Relativmessung durch. Die pH-Messung erfolgt dabei auf $\pm 0,1$ pH genau, die Leitfähigkeitsmessung auf $\pm 0,5$ mS/cm. Nun sollen Tests in verschiedenen Abwasserinfrastrukturen erfolgen.

Kleine Schnüffelnase

Ein Metamaterial ermöglicht kleinere Gassensoren mit geringerem Energiebedarf.

Nichtdispersive Infrarotsensoren (NDIR-Sensoren) kommen häufig als Gassensoren zur Anwendung, etwa bei der Abgasanalyse, der Detektion von Gaslecks oder bei der Messung der Luftqualität. Die Konzentration eines Gases wird elektro-optisch anhand der Absorption einer spezifischen IR-Wellenlänge bestimmt, insbesondere für CO_2 . Das Gerät ist



Der optische Gassensor befindet sich unter dem goldenen Gehäuse.

umso empfindlicher, je größer die optische Weglänge des IR-Strahls wird. Sie beträgt meist mehrere Zentimeter. Heutige NDIR-Sensoren nutzen dielektrische Filter, bei denen das Licht nahezu senkrecht einfallen muss. Das schränkt die Miniaturisierung ein.

Wissenschaftler der ETH Zürich haben dieses Problem nun mit einem selbst entwickelten Metamaterial gelöst.¹⁾ Die komplexe Struktur aus Kupfer und Aluminiumoxid absorbiert Licht unter beliebigen Einfallswinkeln. Im Sensor steuert ein Mikrocontroller die periodische Erwärmung des thermischen Emitters. Das abgestrahlte IR-Licht wandert durch die Absorptionszelle, bis es von einer Thermosäule detektiert wird. Emitter und Thermosäule sind mit dem Metamaterial bestückt. Der Mikrocontroller empfängt die digitalisierten Daten der Thermosäule und verarbeitet das detektierte Signal.

Das Design erlaubt es, eine Absorptionslänge von 50 mm in ein Volumen von rund $6 \times 6 \times 5 \text{ mm}^3$ zu packen. Bei Tests erreichte der Sensor eine CO_2 -Empfindlichkeit von 23 ppm/Hz^{1/2} – vergleichbar mit kommerziellen Systemen. Dabei benötigt der Schweizer Sensor jedoch mit 59 mJ pro Messung nur ein Fünftel der Energie. Das Labormuster ist also kleiner und sparsamer als heutige NDIR-Sensoren.

Tasten 2.0

Ein Radarsystem ergänzt die Möglichkeiten eines Blindenstocks.

Blinde finden sich mit Langstöcken beeindruckend gut im Alltag zurecht. Sie erkennen damit minimale Bodenunebenheiten und natürlich Stufen oder Absätze. Ein Manko ist die begrenzte Reichweite: Auf einem fremden großen Platz kann sich ein Blinder zunächst nur mit Mühe orientieren. Auch herabhängende Hindernisse lassen sich nicht ertasten. Weil der Stock nicht berührungslos funktioniert, kann es zu unangenehmen Situationen kommen, beispielsweise im Gedränge am Bahnsteig. Ein Konsortium aus Wissenschaftlern und Unternehmen hat daher eine radarbasierte Ergänzung zum klassischen Langstock entwickelt. Projektpartner waren die Universität Bochum sowie die Firmen Kampmann Hörsysteme in Essen und Snap in Bochum.

1) A. Lochbaum et al., bit.ly/2m9BPUE

Zunächst haben die Beteiligten untersucht, inwiefern eine 360°-Umfelderfassung oder die intelligente Ausgabe der akustischen Signale aller relevanten Hindernisse über ein Hörgerät die Orientierung erleichtern. Beispielsweise muss das System einen Passanten nicht mehr akustisch anzeigen, sobald ein Blinder dessen Stimme hören kann. Tests ergaben, dass sich ein relativ einfaches Radarsystem besonders intuitiv nutzen lässt.



Der Radarblindstock ist so groß wie eine Taschenlampe.

Der nun vorliegende Demonstrator ist so groß wie eine Taschenlampe und hat einen Antennendurchmesser von vier Zentimetern bei einem Öffnungswinkel von 5°. Die Reflexionen an Hindernissen zeigt er dem Nutzer mit einem Schema an, das sich mit den akustischen Einparkensoren eines Fahrzeugs vergleichen lässt. Der „Radarblindstock“ verfügt über zwei Modi, um sowohl den Nahbereich von wenigen Metern als auch den Fernbereich bis zu 20 Metern zu erfassen. So werden beispielsweise Treppenstufen hörbar, die Bodentextur ist jedoch nicht erfassbar. Nun suchen die Projektpartner Investoren, um den Radarstock zu einem Produkt weiterzuentwickeln.

Ins Ohr hineinhorchen

Ein chipintegrierter Ultraschallwandler verbessert die Diagnose von Mittelohrentzündungen.

Mittelohrentzündungen sind sehr schmerzhaft und lästig. Besonders Babys und Kleinkinder erkranken daran, weil ihre Eustachische Röhre – die Verbindung zwischen Nasen-Rachen-

Raum und Mittelohr – noch kurz und weit ist. Eine Diagnose über den Auslöser der Entzündung fällt Ärzten nicht immer leicht. Oft erfolgt daher mehr oder minder auf Verdacht die Behandlung mit einem Antibiotikum. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme IPMS, Dresden, und der US-amerikanischen Firma OtoNexus Medical Technologies haben nun ein ultraschallbasiertes Verfahren entwickelt, um Mittelohrentzündungen zuverlässiger zu diagnostizieren.

Der luftgekoppelte Ultraschallwandler-Chip steckt in einem Otoskop, dem klassischen Instrument des HNO-Arztes, um das Ohr optisch zu inspizieren. Der Wandler besteht aus einem Array mit knapp hundert Kondensatoren, die miteinander elektrisch verschaltet sind. Bei dem Chip handelt es sich um einen „Capacitive Micro-machined Ultrasonic Trans-



Der Ultraschallwandler ist ein chipintegriertes mikromechanisches Bauelement.

ducer“. Jeder Kondensator hat eine starre und eine flexible Elektrode und dient im Pulsbetrieb abwechselnd als Sender und Empfänger. Das Otoskop liefert damit visuelle und akustische Informationen, die der Arzt gemeinsam auf einem Display angezeigt bekommt.

Tests an Patienten haben eine starke Korrelation zwischen dem Ultraschallecho und dem Auftreten beziehungsweise der Art der Mittelohrerkrankung ergeben. Derzeit läuft eine klinische Studie als Voraussetzung für die spätere Zulassung des Otoskops – das erklärte Ziel von OtoNexus.

Michael Vogel

Autokorrektor

Mikroskopie & Lithografie



- Carpe Mikroskopie-Autokorrektor
- Pulsdauer-Messung am Probenort
- Auch für Immersionsobjektive
- Leistungsmessung inklusive