Mikrofluidik in Medizintechnik

Ultra-kompakt: Ventile mit Formgedächtnisaktoren

Auf kleinstem Raum Bewegung aktiv erzeugen - und das mit erstaunlich viel Kraft? Dass dies möglich ist, zeigt das junge Karlsruher Unternehmen memetis. Mit intelligenten Bauteilen zur Steuerung von Fluiden eröffnen sich riesige Potenziale im medizintechnischen und biotechnologischen Bereich – von der Impfstoffentwicklung, Zelllinienanalyse zur Medikamentenforschung bis hin zu Point-of-Care-Lösungen.

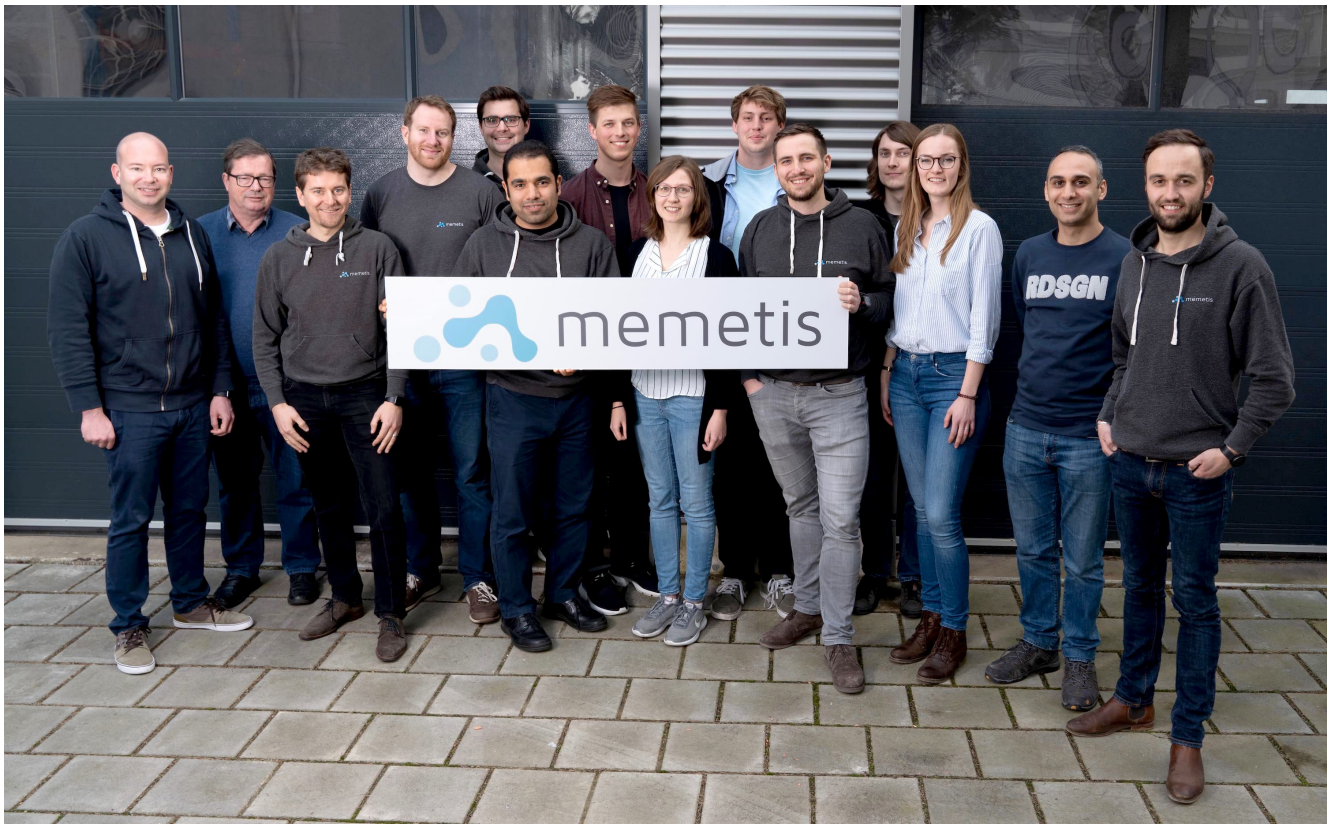
So wie die Miniaturisierung die Elektroniksparte revolutioniert hat, erfahren auch die Lebenswissenschaften eine neue technologische und breiter zugängliche Ära. Funktionalität auf kleinstem Bauraum unterbringen – das gelingt mit Sensoren und Mikrocomputern bereits gut. Eine Herausforderung stellen jedoch Aktoren dar. Als kleine antriebstechnische Baueinheiten wandeln sie ein elektrisches Signal in mechanische Bewegung um oder greifen durch Änderungen von Druck oder Temperatur aktiv in den Steuerungsprozess ein. Doch aufgrund der hohen Anforderungen an Packungsdichte, geringes Gewicht und Stromverbrauch, stoßen herkömmliche Aktortechnologien zunehmend an Grenzen – die Dr. Marcel Gültig, Dr. Christof Megnin und Dr. Hinnerk Oßmer mithilfe „intelligenter Materialien" erfolgreich überwunden haben.

Ultrakompakt und intelligent

Die drei promovierten Ingenieure haben anhand ihrer Forschung an Formgedächtnislegierungen (FGL) am Karlsruher Institut für Technologie das Potenzial erkannt, mit den Materialien eine große Marktlücke zu schließen. Die Begeisterung feuerte nicht nur sie an. „Bei Antrieben mithilfe von Elektromagneten stößt man irgendwann an Grenzen, gerade bei zunehmender Miniaturisierung der Bauteile. Mit Folien aus Formgedächtnislegierungen jedoch sind Quantensprünge möglich, wenn es um Bewegung auf kleinstem Raum geht", erklärt Christoph Wessendorf. Den Wirtschaftsexperten haben die Wissenschaftler ins Boot geholt, um mit seinem kaufmännischen Know-how die Geschäftsidee weiterzuentwickeln. Zusammen haben sie 2017 das Start-up memetis in Karlsruhe gegründet.

„Miniaturaktoren, die aus Formgedächtnislegierungen gefertigt werden, stellen eine Nische dar. Der Bedarf ist jedoch groß, und das Interesse steigt zunehmend in vielen Branchen", so Wessendorf. Die Technologie dahinter? „Wir entwickeln ultrakompakte Miniaturventile und hochintegrierte mikrofluidische Systeme auf Basis von Folien aus Formgedächtnislegierungen. Das sind strukturierte, metallische Dünnschichten mit einer ganz besonderen Eigenschaft: Sie lassen sich im kalten Zustand verformen, etwa durch Druck, und kehren durch Erhitzen eigenständig und besonders schnell in ihren Ausgangszustand zurück. Sie erinnern sich sozusagen an ihre zuvor antrainierte Form – wie ein metallischer Muskel. Der Clou ist, dass dabei Kräfte freigesetzt werden, die ein Vielfaches ihres eigenen Gewichts bewegen können. Das setzen wir gezielt für unsere Aktoren ein." Kühlen die Aktoren ab, verlieren sie ihre Kraft, beim erneuten Erhitzen durch einen Stromimpuls lassen sie sich wieder aktivieren. Und das ermüdungsfrei: mehrere Millionen Mal bei Schaltzeiten ab zehn Millisekunden. Ein Meilenstein der hochfunktionellen Technologie, die viele mechanische Zusatzkomponenten überflüssig macht – die Funktion steckt bereits in der Legierung selbst.

Deep Tech auf Größe einer 5-Cent-Münze



Die vier Gründer arbeiten mit einem großen interdisziplinären Team an innovativer Aktorik und Kleinstventilen (Foto: André Gall).
© memetis GmbH

Formgedächtnislegierungen werden als passives Element, beispielsweise für Stents, bereits millionenfach eingesetzt. Die Nutzung des Formgedächtniseffekts für elektrisch gesteuerte Aktorik, und insbesondere die Verwendung von Folien aus speziellen Hochleistungslegierungen, setzen jedoch eine neue Benchmark, wie Oßmer, Leiter der Fluidik-Entwicklung, erklärt: „Mit Folien haben wir bei der Formgebung unserer Bauteile ganz andere Möglichkeiten als mit den sonst üblichen Formgedächtnis-Drähten. Somit können wir die gleiche Aktor-Performance auf immer kleinerem Raum unterbringen. Gleichzeitig lassen sich Kräfte und Stellwege der Aktoren unabhängig durch optimierte Geometrien einstellen. Zudem geben die Aktoren ihre Wärme effizienter ab und schalten dadurch schneller." So hat memetis spezielle Miniaturventile für die Integration in besonders kleinen und leichten fluidischen Systemen konzipiert. Zwei Ventile passen auf die Fläche einer 5-Cent-Münze – mit hoher Leistung: Drücke von mehreren Bar können innerhalb von Zehntel- bis Hundertstelsekunden geschaltet werden.



„Wir erreichen hohe Schaltkräfte bei einem sehr geringen internen Volumen von weniger als vier Mikrolitern bei höherer Flexibilität im Vergleich zu klassischen Magnetventilen", erklärt Megnin, verantwortlich für die Ventil-Fertigung, das Alleinstellungsmerkmal von memetis. „Die Größe des Gesamtsystems ist um Faktor zwei bis fünf reduziert, was Gewicht und Energie spart. Bisher werden Schaltfunktionen aufgrund des benötigten Bauraums oft in Peripheriegeräte ausgelagert, unsere Systeme dagegen arbeiten mit integrierten aktiven Komponenten. So lassen sich Schlauchverbindungen und folglich potenziell teure Reagenzien einsparen." Ein entscheidender Vorteil, vor allem für medizintechnische und diagnostische Systeme.

Portable Lösungen im Life Sciences-Bereich

Stationäre medizinische Ausrüstungen, und vor allem auch medizinische Wearables, finden mit den leistungsfähigen Miniaturventilen eine geeignete Lösung. Das mittlerweile elfköpfige Team fertigt Miniaturventile für Pumpen und Dosiereinheiten, beispielsweise für die Insulin-Applikation. Elegante Lösungen bieten sich auch

memetis Miniatur-Ventil der Series 09 auf laserverschweißtem Anschlussblock.
© memetis GmbH

für verschiedenste Lab-on-a-Chip-Systeme, welche darauf abzielen, komplexe Prozesse zur Analytik und Diagnose auf kleinstem Raum unterzubringen, nämlich auf einem einzigen Chip. Den Anforderungen an Medizintechnikprodukte ist sich Oßmer bewusst: „Unsere Produkte sind biokompatibel und lassen sich so in Laborumgebungen vielfältig einsetzen. Da die Aktoren selbst mit dem Medium nicht in Berührung kommen, können wir unsere Ventilgehäuse an eine Vielzahl bioanalytischer und diagnostischer Systeme anpassen." Ein großes Plus: Die elektrisch angeregten Schaltelemente aus dünnen Folien benötigen unter 0,3 Watt und sind somit energiesparender als herkömmliche Miniaturventile. Auch ein Akku-Betrieb ist leicht umsetzbar. Die Ventile arbeiten zudem geräuschlos, was besonders in medizinischen Anwendungen geschätzt wird.

Viruspartikel bis Wirkstoffe – die Nadel im Heuhaufen finden

Angesichts der jüngsten Entwicklungen um das Coronavirus SARS-CoV-2 ist es ein naheliegendes Ziel, die Diagnostik unabhängig von großen Zentrallaboren durchführen zu können, als Point-of-Care- oder Point-of-Need-Test. Mit Biovice Systems arbeiten die Entwickler von memetis an einem PCR-Schnelltest-System zur Diagnose von COVID-19, das sich derzeit im Testeinsatz am Aalborg University Hospital in Dänemark befindet. Hier liefert memetis die fluidische Steuerung, um größtmögliche Funktionalität in einem sehr kompakten und damit portablen Gerät zu ermöglichen.

Auch in der Medikamentenentwicklung ist Detektivarbeit gefordert. Tausende von Substanzen werden analysiert und miteinander verglichen, um festzustellen, welche Kandidaten als Wirkstoffe gegen bestimmte Krankheiten geeignet sind. Vor allem bei Krankheiten, für die es noch keine Medikamente gibt, ist die effiziente und ressourcenschonende Suche nach Substanzen essenziell. Bisher werden dafür oft 2D-Zellkultur-Screenings und Tierversuche eingesetzt. Mit kompakten Fluidik-Systemen und -Lösungen für die 3D-Zellkultur und Organ-on-a-Chip-Modellen kann memetis der Medikamentenentwicklung einen entscheidenden Schub nach vorne versetzen. Das Prinzip dahinter? Mikrofluidische Systeme übernehmen die Funktion von Herz und Blutgefäßen. Eine knifflige Angelegenheit, denn es ist gar nicht so einfach, die Zellumgebung eines echten Organismus im Labor ausreichend realistisch nachzubilden. In entsprechend konstruierten 3D-Zellgerüststrukturen gelingt dies deutlich besser als in einer flachen Petrischale. Somit lassen sich die Ergebnisse zuverlässiger auf den Menschen übertragen. Auch das Handling wird erleichtert: Individuelle Fluidikplattformen ermöglichen aufgrund des portablen Formats ein einfaches Mikroskopieren. Solche Plattformen von memetis werden zum Beispiel am Karlsruher Institut für Technologie bereits erfolgreich eingesetzt.

Anwendungen findet memetis in vielen Bereichen. So bietet das Unternehmen auch Lösungen in der Robotik, Luft- und Raumfahrt bis hin zu spezifischen Bauteilen für Modelleisenbahnen der Göppinger Firma Märklin: ein riesiges Potenzial.

Fachbeitrag

24.03.2021
Simone Giesler
© BIOPRO Baden-Württemberg GmbH

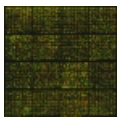
Weitere Informationen

memetis GmbH
Gablonzer Straße 27
76185 Karlsruhe

Tel.: +49 (0) 721 47000240
E-Mail: kontakt(at)memetis.com

- memetis GmbH

Der Fachbeitrag ist Teil folgender Dossiers



Biochips: Mikrosystemtechnik für die Life Sciences



Bioanalytik - Neue Techniken zur Charakterisierung biologischen Materials



Künstliche Intelligenz in der Medizin: Assistenz für die menschlichen Sinne

Bioanalytik | Diagnostik | Medizintechnik | Wirkstoffsuche | Point-of-Care-Testing | In-vitro-Testsysteme | Künstliche Intelligenz | SARS-CoV-2/COVID-19