

Robuste, mehrkanalige Messmodule für impedimetrische & elektrochemische Sensoren

*Sebastian Wegner, Martin Bulst
Sciospec Scientific Instruments GmbH,
Grimmaische Str. 92, 04828 Bennewitz,
s.wegner@sciospec.de*

Zusammenfassung

Biosensorik ist heute immer noch dominiert von Laborbasierten Messsystemen, die aufgrund Ihrer Größe, des Leistungsbedarfs, Ihren Anforderungen an die Arbeitsumgebung und nicht zuletzt des Preises nicht für einen praktischen Einsatz im Feld oder industriellen Umgebungen geeignet sind. Aus diesem Grund hat Sciospec im Rahmen des Verbundprojektes Wachstumskern BioSAM innovative Lösungen für robuste, kompakte Messmodule für den industriellen Einsatz von impedimetrischen und optischen Sensoren entwickelt.

Keywords: Impedanzspektroskopie, impedimetrische Sensoren, kompakte Messmodule, dezentrale Sensorik

Das Bündnis „Biologische Sensor-Aktor-Systeme auf der Basis von funktionalisierten Mikroorganismen“ (BioSAM) vereint 11 Unternehmen und 6 Forschungsrichtungen aus der mittelsächsischen Region Dresden/Chemnitz/Leipzig. Unter dem Leitmotiv „Lebende Zellen auf Oberflächen – hochempfindlich, trotzdem stabil“ soll die BioSAM-Technologieplattform für eine breite wirtschaftliche Nutzung von zellbasierten Sensor-Aktor-Systemen in den Bereichen Bioverfahrenstechnik, Wasser- und Umwelttechnologie sowie Klimatechnik erschlossen werden. In erster Linie soll mit der BioSAM-Technologieplattform eine Grundlage für praktisch einsetzbare, industrie- und feldtaugliche biologische Sensor-/Aktorsysteme geschaffen werden. Es geht darum die enormen Vorteile der biologischen Komponenten in einem breiten Anwendungsspektrum praktisch nutzbar zu machen. Die in der Vergangenheit hinderlichen Nachteile bei deren Nutzung sollen durch eine Reihe innovativer Lösungsansätze umgangen werden. Alle Konzepte sollen letztlich in einer modular verwendbaren Technologieplattform vereint werden, die zukünftig den Entwicklungsaufwand bei der Schaffung neuer Produkte und Anwendungslösungen drastisch reduziert und so den Weg für einen breiten Einsatz der Technologie in der Industrie ebnet wird.

Sciospec's Kerngeschäft sind elektronische Messgeräte und Module für impedimetrische,

elektrochemische und optische Messtechnik. Auch für den Wachstumskern BioSAM und das Verbundprojekt NAPYS sind es eben solche elektronischen Mess- und Steuermodule, die unseren Hauptbeitrag darstellen. Der Fokus liegt dabei auf robusten modularen Systemen, die dezentral für viele verschiedene Sensoren der BioSAM-Plattform geeignet sind und auch unter Praxiseinsatzbedingungen in industriellem Umfeld stabile Ergebnisse liefern. Biosensorik ist heute immer noch dominiert von Laborbasierten Messsystemen, die aufgrund Ihrer Größe, des Leistungsbedarfs, Ihren Anforderungen an die Arbeitsumgebung und nicht zuletzt des Preises nicht für einen praktischen Einsatz im Feld oder industriellen Umgebungen geeignet sind. Natürlich haben sich in den letzten Jahren einzelne spezialisierte Anwendungen ausgeprägt, für die es mittlerweile gute Lösungen gibt, aber für die meisten Anwendungen sind Biosensoren nach wie vor ungeeignet. Während sich andere Partner in NAPYS, um die Lösung von Detailproblemen bei der Robustheit und Langzeitstabilität der Sensoren selbst beschäftigen, soll Sciospec die technischen Problemstellungen bearbeiten.

In diesem Rahmen hat Sciospec mehrere Lösungsansätze entwickelt und in Form von funktionellen Prototypen aufgebaut und erprobt.

Mit den Partnern der Universität Leipzig gemeinsam wurde ein neuartiger Formfaktor und dazugehöriges Verbindungskonzept für

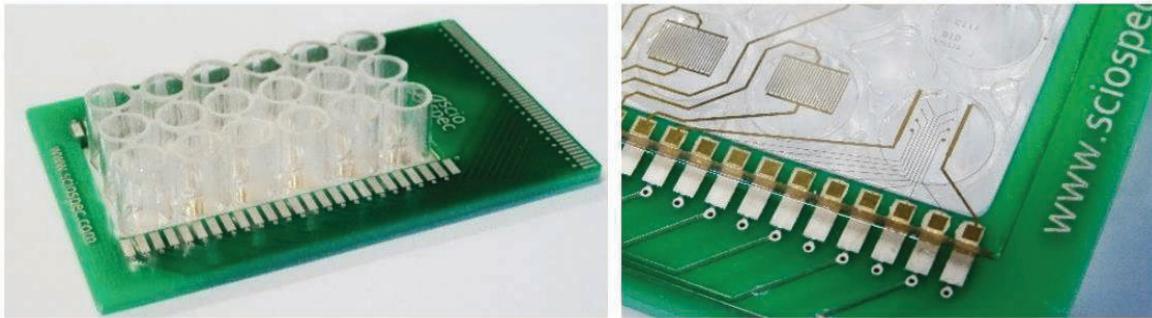


Abb. 1: SlideChip Sensoren – hier im Beispiel mit einem 6x3 Kammer-Aufbau für unterschiedlich ausgelegte impedimetrische Sensorstrukturen (Gold auf Glassubstrat). Die Sensorstrukturen selbst wurden von der AG Robitzki, Universität Leipzig im Rahmen des Wachstumskerns BioSAM hergestellt.

den Einsatz in Trägern und direktkontaktierenden Sensorstrukturen entwickelt. Passend zu diesem Formfaktor wurden mehrere Sensorstrukturen und Träger für den flexiblen Aufbau weiterer Sensoren entwickelt. Der neu entwickelte Formfaktor stützt sich auf eine flexible Slideln-Karten-Verbindertlösung. Die dafür notwendigen Steckverbindersysteme sind deutlich robuster und stabiler als bspw. Federkontaktsysteme und gleichzeitig sind ihre elektrischen Eigenschaften – gerade bei Impedanzmessungen in höheren Frequenzbereichen (<1 MHz) – denen von üblicherweise eingesetzten Federkontaktstiften weit überlegen.

Erprobt wurden verschiedene Arten, die Sensorstrukturen ins Steckverbindersystem einzubinden. Glas- und Plastiksubstrate mit freigelegten elektrischen Kontakten können direkt in das System eingeschoben werden. Auch auf stabile Träger aufgesetzte gedruckte (bspw. Papierbasierte) Sensorstrukturen sind kompatibel. Besonders vielversprechend scheint jedoch der Ansatz, preiswert herstellbare und flexibel anpassbare Träger in Leiterplattentechnologie herzustellen und die in Fertigung und Materialkosten deutlich aufwendigeren Sensorsubstrate auf diese Träger auf- oder in sie einzusetzen. Erprobt wurden u.a. Montage mit leitfähigen Klebern, Bonden und Lötten. Besonders interessant für eine kommerzielle Verwertung: Die Montage der Sensoren konnte z.T. mit konventioneller Bestücktechnik automatisiert werden.

Auf Seiten der Messtechnik konnte Sciospec gleich mehrere Messmodule für den Einsatz des neuen Formfaktors entwickeln: Mittlerweile stehen hier sowohl robuste Adapter für Labormessgeräte, als auch vollintegrierte Messmodule für Impedanzspektroskopie und Mehrkanal-Potentio-/Galvanostaten zur Verfügung. Für die Adaption des neu entwickelten Formfaktors der Sensoren wurden entsprechende Adapterlösungen

konzipiert und erprobt. Hierbei entstanden u.a. kompakte Multiplexer-Adapter, die in Kombination mit anderen Systemen der Sciospec den Einsatz der neuen Sensoren ermöglichen.



Abb. 2: SlideChip-Adapter – beispielhaft für die diversen Adapterlösungen für den neuen Formfaktor ist hier ein 2x25 Kanal Multiplexer für impedimetrische Sensoren gezeigt.

Die messtechnischen Eigenschaften der diversen im Projekt hergestellten Sensoren konnten dank der Adaptierbarkeit an bestehende Messsysteme über die beschriebenen Adapter auch direkt mit anderen Formfaktoren für diese Art Sensoren verglichen werden. In zahlreichen Experimenten unter Laborbedingungen konnte gezeigt werden, dass die Sensoren selbst erwartungsgemäß unbeeinträchtigt vom neuen Formfaktor sind. Bei anspruchsvolleren Messungen wie breitbandigen Impedanzmessungen zeigten sich aber bereits die Vorteile der verbesserten Eigenschaften der Steckverbinder. Spätestens bei den Belastungstests (mechanisch, Temperatur, Feuchte) erwies sich der neue Formfaktor als weit überlegen, da hier auf Seiten der Steckverbindung selbst eine hervorragende

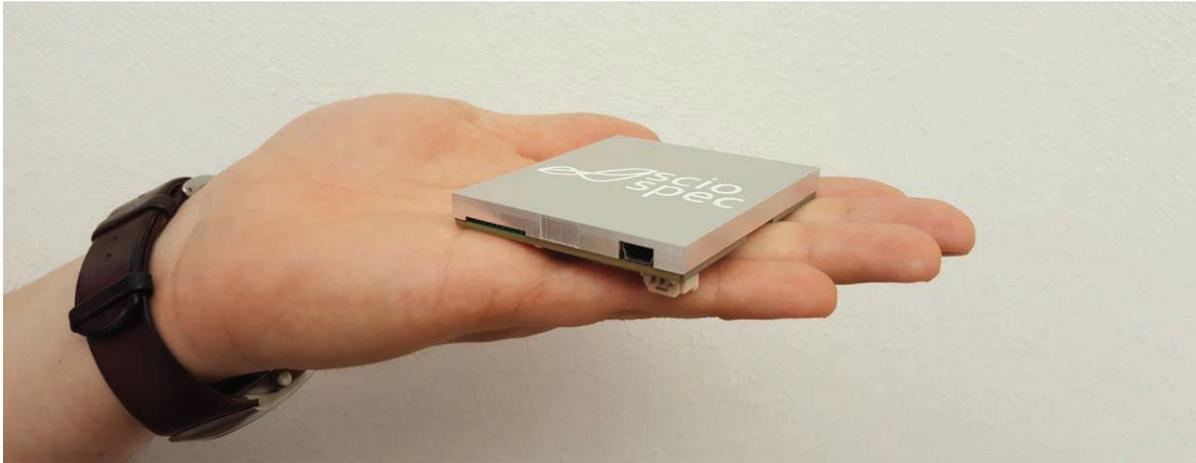


Abb. 3: ultra-kompaktes kombiniert impedimetrisch und optisches Sensormodul – das gezeigte Modul ist batteriebetrieben, nur 70x60x15 mm groß und kann bis zu acht optische und impedimetrische Sensoren auslesen. Außerdem sind Temperatur, Feuchte und Beschleunigung in 3 Achsen mit integrierten Sensoren messbar.

Langzeitstabilität erzielt werden konnte. Pogo-Pin basierte Formfaktoren zeigten bereits nach wenigen Wochen gravierenden Verschleiß, wohingegen der neue Formfaktor auch nach mehreren Monaten Einsatz kaum Beanstandungen aufweist.

Um den Integrationsgrad weiter zu erhöhen wurde darüber hinaus ein dezentral einsetzbares, batteriebetriebenes ultra-kompaktes Sensormodul für kombinierte impedimetrische optische Sensoren entwickelt. Im Rahmen der Sciospec-Modulplattform können auf Basis dieser Prototypischen Implementierungen nun fast beliebige Kombinationen von Impedanzanalyse, Potentio-/Galvanostat und optischen Sensorstrecken in kompakte Mehrkanalmodule integriert werden.

Die Messmodule stützen sich auf impedimetrische, optische (Fluoreszenz & Transmission) sowie piezoelektrische/resonante Messverfahren. Die Kombination der aktorischen Funktionen von funktionellen Beschichtungen mit Sensorsystemen und damit in Zusammenhang stehende Sensitivitätsprobleme stellt eine besondere technische Herausforderung dar. Hierzu werden umfassende Untersuchungen an eigens dafür geschaffenen Laboraufbauten durchgeführt. Die hier entwickelnden Messmodule sind Projektübergreifend für die anderen Verbundprojekte des Wachstumskerns einsetzbar. Im Rahmen von NAPYS wurden vordergründig Robustheit und Langzeitstabilität anhand der anspruchsvollen Umgebung von raumluftechnischen Anlagen

erprobt. Hier wurden zur Bewertung der Entwicklungen vor allem die Langzeitdriften und die Beständigkeit der Module unter harschen Bedingungen erprobt. Die Module wurden Feuchte und Temperaturschwankungen, sowie biologischen Belastungen (Bewuchs) und Verschmutzung ausgesetzt.

Die ersten Langzeitexperimente mit batteriebetriebenen Sensormodulen wurden Anfang 2016 begonnen. Obwohl diese Tests unter harschen Bedingungen in realen Industrieanlagen laufen sind die Module zum Teil noch heute wartungsfrei in Betrieb. Auch die komplexeren Messmodule aus den Folgeentwicklungen bewähren sich derzeit in anspruchsvollen realistischen Stresstests. Trotz der anspruchsvollen Messtechnik und der kompakten Bauweise erwiesen sich die im Rahmen von BioSAM entwickelten Messmodule bislang als äußerst robust und praxistauglich.

Sowohl für den neuen Sensorformfaktor, als auch die kompakten Messmodule gibt es bereits mehrere Ansätze für verwertbare Weiterentwicklungen und das Interesse aus der Industrie an den gezeigten Lösungen ist groß. Sciospec wird in den kommenden Jahren die kommerzielle Verwertung dieser Technologie vorantreiben. Auch wenn die elektronische Messtechnik dabei nur ein Teil des Gesamtproblems ist, ist doch der erste wichtige Schritt getan, die biosensorischen Lösungen, die heute noch auf Labormaßstab eingengt sind, endlich auch industriell verfügbar zu machen.