

Baukastensysteme erleichtern den Einstieg in eine Schlüsseltechnologie

Jetzt erntet auch der Mittelstand die Früchte der Mikrosystemtechnik

Nichts wünscht sich der Entwickler mehr als intelligente Subsysteme, die ihre Aufgabe optimal lösen: etwa Wälzlager mit der genau richtigen Schmiermittelmenge zu versorgen. Leider sind mikrotechnische Systemlösungen bisher fast unerschwinglich. Doch das ändert sich mit den modularen Baukastensystemen, die der VDMA und die Dechema initiiert haben.



Dr. Wolfgang Schäfer, Gruppenleiter Mikroproduktion beim Fraunhofer-IPA:

„Der Maschinenbau braucht intelligente Subsysteme, die eigenständig Daten erfassen, verarbeiten und in Aktionen umsetzen können.“

„Hier riecht es doch irgendwie komisch.“ Brennt der Teig im Backofen an? Oder schmort ein Kabel durch? Solche Befürchtungen lösen in der Regel hektisches Suchen nach der Ursache aus. Denn wenn sich Brandgeruch erst einmal breit gemacht hat, ist es meist zu spät. Der Mensch besitzt zwar ein ungemein vielseitiges Riechorgan, reagiert aber selten schnell genug, um Schäden zu verhüten. Mehr Chancen hätte er mit der „Karlsruher Mikronase“ Kamina, die am Forschungszentrum Karlsruhe (FZKa) entwickelt wurde: Sie erkennt in wenigen Sekunden unterschiedlichste Gase in Konzentrationen von bis zu 10 ppb, also Milliardstel-Konzentrationen (ppb = parts per billion). Sogar die Nasa testet das Gerät. Es könnte die Eintrittsschleuse zur Raumstation ISS überwachen, damit die Astronauten von Weltraumspaziergängen keine giftigen Treibstoffpartikel einschleppen.

Die Kamina ist ein Beispiel für die erfolgversprechendste Variante von Mikrosystemen. Die Karlsruher haben es geschafft, einen fingernagelgroßen Chip so in 38 Sensorsegmente zu unterteilen, dass sie für verschiedene Gase empfindlich sind. Das Besondere daran ist, dass alle Sensoren zu einem einzigen Array gehören. Sie können damit in ein- und demselben Fertigungsprozess hergestellt werden. Diese „monolithische Bauweise“ verschafft der Kamina ein immenses Kostensenkungspotenzial, wie Dr. Johannes Goschnick vom FZKa berichtet: „Unsere Industriepartner haben einen Preis von fünf Euro für den Sensorchip berechnet, wenn sie ihn in einer Fertigungslinie für 100.000 Stück pro Jahr herstellen.“ Bei dieser Losgröße würde es sich auch lohnen, die Auswerteelektronik auf einem Asic (Application Specific Integrated Circuit) unterzubringen. Die elektronische Nase würde dann auf Streichholzschachtel-Größe schrumpfen und zu einem Endpreis von 50 Euro zu haben sein. Heute kostet sie noch 3500 Euro.

Aus der Sicht Goschnicks sind die hohen Stückzahlen keine Utopie. „An der Gasphase kann man den Zustand eines Prozes-

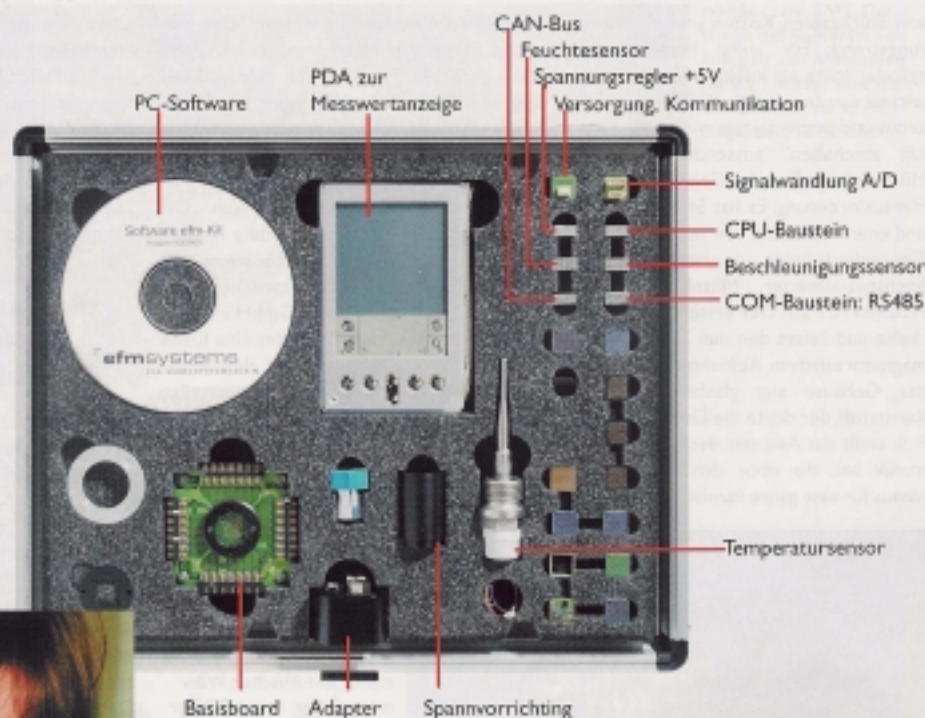
ses ablesen. Sie ist wie ein Fingerabdruck“, erklärt der Forscher, der die Kamina-Entwicklung leitete. „Mit Mikro-Gassensoren ließen sich daher viele Prozesse intelligenter steuern.“ Goschnick wagt einen Blick in die Zukunft: In der Medizin könnten elektronische Nasen den Atem oder den Körpergeruch eines Patienten inhalieren und daraus auf seinen Gesundheitszustand schließen. Backöfen schalten automatisch ab, wenn die Pizza „durch“ ist, und Gasbrenner optimieren sich selbst. Lebensmittel werden mit Mikronasen



Nach ist sie größer als ein Handy – die elektronische Nase Kamina, die mit 38 Sensoren unterschiedlichste Gase identifizieren kann. Die Auswerteelektronik nimmt fast den ganzen Raum ein. Der Chip ist der Clou: Die obenauf beschichtete Gradientenmembran verändert ihre Dicke von Segment zu Segment um wenige nm/mm und lässt dadurch unterschiedliche Gasmoleküle passieren (Bilder: FZKa)

lückenlos „from farm to fork“ überwacht. Und industrielle Prozesse arbeiten durch ihren Einsatz präziser und effizienter. Schafft die Kamina den Durchbruch, stellt sie sich in eine Reihe mit den Mini-Produkten, die der Mikrosystemtechnik (MST) zu ihrer heutigen großen Bedeutung verholfen haben: den Sensorsystemen von Airbags und Fahrdynamikregelungen. Moden-

Eine Rarität im Match-X-System ist das EFM-Kit, nämlich ein Baukasten im Baukasten: Der Entwickler findet alle wichtigen Grundmodule, um etwa eine Regelung durch Zusammenstecken aufzubauen und zu testen. Mikrokomponenten wie Sensoren, Bus- oder CPU-Bausteine sind enthalten, die auch für den industrielleinsatz taugen (Bild: EFM-Systems)



IPA-Mitarbeiterin Myriam Le Nagard demonstriert, wie sich das EFM-Kit nutzen lässt: Um eine Temperaturkompensation für einen Abstandssensor aufzubauen, schiebt sie Match-X-Module in die Test-Spannvorrichtung. „Eine solche Anwendung ist an einem Tag konfektioniert und durchgetestet“, meint sie.

ne Fahrzeuge enthalten bis zu 50 solcher Mikrosysteme. Ohne sie ließe sich heute kein Neuwagen verkaufen. Gemeinsam ist diesen Pionier-Produkten, dass sie monolithisch auf Silizium-Basis aufgebaut sind. Mit Fertigungstechniken, die ihren Ursprung in der Halbleiterproduktion haben, werden sie in extrem hohen Stückzahlen zu äußerst niedrigen Preisen hergestellt.

Doch der Markt für Mikrosystemtechnik geht über den Automobilbau weit hinaus. Nach Angaben des Bundesforschungsministeriums (BMBF) beschäftigen sich in Deutschland rund 49000 Menschen mit der Herstellung von Mikro-Komponenten. 680000 Arbeitsplätze sind direkt mit der MST verbunden. Von 1996 bis 2003 ist der Weltmarkt für komplette Mikrosysteme von 14 auf 50 Mrd. US-Dollar angestiegen und wird weiter wachsen, wie aus Studien hervorgeht. Laut BMBF setzte die deutsche Industrie im Jahr 2000 rund 4,2 Mrd. Euro mit Komponenten und kompletten Systemen um. Damit die Deutschen ihre Spitzenposition halten und ausbauen können, will das BMBF die MST bis 2009 mit 260 Mio. Euro fördern.

Die Mikrosystemtechnik gilt – wie auch die Nanotechnik – als Schlüsseltechnologie. Sie hat das Potenzial, kleinste Systeme mit Prozessor, Sensorik und Aktorik auszustatten. Damit kann sie Innovationsschübe in den unterschiedlichsten Branchen auslösen. Dr. Wolfgang Schäfer, Gruppenleiter Reinst- und Mikroproduktion beim Fraunhofer-IPA in Stuttgart, drückt es für den Maschinenbau so aus: „Wir brauchen intelligente Subsysteme, die eigenständig Daten erfassen, verarbeiten und in Aktionen um-

setzen können.“ Geräte- und Anlagenkomponenten sollen in die Lage versetzt werden, autonom zu agieren: Eine Schmiermitteldüse könnte zum Beispiel dafür sorgen, dass Wälzlager genau die Menge Fett bekommen, die sie akut benötigen.

Bis derartige Subsysteme eingebaut werden können, müssen sie allerdings einen steinigen Weg zurücklegen. Im Maschinenbau sind die Stückzahlen in der Regel begrenzt, so dass ein monolithischer Aufbau wegen der hohen Entwicklungskosten nur in Ausnahmefällen in Frage kommt. Die Systeme müssen hybrid montiert werden aus mikromechanischen, -optischen oder -fluidischen Komponenten und unter Einsatz unterschiedlicher Werkstoffe. Wie in den Anfängen der (Makro-)Technik vor hundert Jahren gibt es weder Normen noch Schnittstellen. Keine Komponente passt zur anderen. Dr. Ulrich Gengenbach, Gruppenleiter Mikromontage/Mikrologistik am Forschungszentrum Karlsruhe, fasst seine Erfahrungen so zusammen: „Hat man die Wahl, ist die monolithische Technik immer vorzuziehen. Denn die Mikromontage ist teuer und aufwendig.“

Dennoch kann sie sich lohnen. Das zeigt ein Projekt des Forschungszentrums mit der Sick AG, Waldkirch, im Spannungsfeld

von Stückzahlen, Kosten und Miniaturisierungstrend: Für einen Mini-Pneumatikzylinder sollte ein intelligenter Sensor entwickelt werden, der die Kolben-Endlage erkennt und Steuersignale wie etwa „Druckluft abschalten“ aussendet. Schon das Mikrospritzgießen des Gehäuses war eine Herausforderung: Es hat Streichholzgröße und eine Wanddicke von nur 0,2 mm.

Gengenbach baute mit einem Konsortium hochspezialisierter Mittelständler eine Prozesskette auf: Der erste Partner entwickelte und liefert den nur 1,4 mm großen magnetoresistiven Aufnehmer, der zweite das Gehäuse aus glasfaserverstärktem Kunststoff, der dritte die Elektronikplatine. Sick stellt das Asic mit der Auswertelektronik bei, die über den einen Sensor hinaus für eine ganze Familie konzipiert ist.



So sehen mikroverfahrenstechnische Anlagen aus, die auf dem Baukasten Backbone basieren. Am „Rückgrat“ können Module unterschiedlicher Hersteller wie Mischer, Wärmetauscher, Pumpen oder Ventile angeflanscht werden. Nur die Schnittstellen sind normiert. Im Inneren verläuft der „Nervenstrang“ aus Match-X-Bausteinen, die Datentransport und Signalverarbeitung übernehmen (Bild: Institut für Mikrotechnik Mainz IMM)

Zuletzt montiert ein Partner die hybriden Teile im 2-mm-Gehäuse. Diese Prozesskette funktioniert nur, weil die Beteiligten zuvor die Schnittstellen genau spezifiziert haben. Die Firmenpartner erstellten außerdem Design-Rules für ihre Standardprozesse – ein Grundstock für die Zukunft. „Wir versuchen über Modularität und Schnittstellen an allen Enden, die Einstiegshürde zu senken“, bekräftigt Gengenbach. Der Firmenverbund, zu dem außerdem ein Mikroerspanner und ein Spezialist für Biobeschichtungstechnik gehören, geht nun als „virtuelles Unternehmen“ Microwebfab an den Markt (und kooperiert dabei weiterhin mit dem FZKa). Einige zig Tausend des Sick-Zylinderschaltensensors sollen jährlich hergestellt werden – ein Output, der für viele Maschinenbauer utopisch hoch ist. Das Stückzahlenproblem hatte der Maschinenbau schon einmal, als

die Mikroelektronik hochkam. Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA), Frankfurt, beschloss daher recht früh, unter Federführung der Fraunhofer-Institute IPA in Stuttgart und IZM in Berlin einen modular aufgebauten, firmenübergreifenden Baukasten mit dem Namen Match-X entwickeln zu lassen. „Die mikrotechnischen Grundmodule sollten zueinander passen wie Legobausteine“, erklärt Dr. Schäfer vom IPA. Inzwischen ist es so weit: Die EFM-Systems GmbH in Stuttgart, ein Spin-off des IPA, bietet eine Reihe von Match-X-Bausteinen mit definierten elektrischen und fluidischen Schnittstellen an, die sich aufeinander aufstecken lassen. Dazu gehören Temperatur-, Druck- und Feuchtesensoren, CPU- und CAN-Bus-Bausteine. Aber auch eine peristaltische

Pumpe ist bereits als Match-X-Komponente verfügbar. Und zur Hannover Messe wollen diverse Firmen weitere Bausteine hinzufügen. Mit den bisherigen Modulen lassen sich beispielsweise regelungstechnische Anwendungen austesten. Bei Bedarf können sie für den Maschineneinsatz fest verlötet oder – wenn es um große Stückzahlen geht – auf ein maßgeschneidertes Platinenlayout übertragen werden. „Mit der mikrotechnischen Fertigung müssen sich die Ingenieure überhaupt nicht befassen“, nennt Schäfer den Hauptvorteil. Erste Anwendungen gibt es bereits. Die mittelständische Temperaturmeßtechnik Geraberg (TMG) GmbH in Martinroda nutzt die Match-X-Bausteine, um Temperatursensoren mit „Intelligenz“ auszustatten und für Kunden auf Maß zu konfektionieren. Auch das IPA treibt Projekte voran, die auf Match-X basieren: Im Vorhaben Physio-

Check entsteht das Funktionsmuster einer Handteller-großen Kassette, in der sich Analysen wie Blutzuckertests mobil durchführen lassen. Mit Industriepartnern arbeitet das IPA außerdem an Mikrosystemen, die Spindellager und Kugelschienenführungen bedarfsorientiert schmieren. Und für Textilmaschinen wird eine Fadenspannungsüberwachung aufgebaut.

Baukasten Backbone liefert Module für Mini-Chemieanlagen

Ein Pendant findet Match-X im Baukastensystem „Backbone“, den der Verband Dechema nach dem Vorbild des VDMA initiiert hat. Es setzt sich aus vielen kleinen Rückgrat-Segmenten mit „Fluidic Bus“ zusammen, auf die Mikromodule verschiedener Hersteller wie Reaktoren, Mischer, Ventile und Pumpen aufgeflanscht werden können. In der Mitte verläuft ein Nervenstrang mit Match-X-Bausteinen, die für den Datentransport und die Steuerung der Anlage zuständig sind. Sie decken maßlich einen Ausschnitt der Maschinenbauer-Match-X-Bausteine ab und werden vom IZM speziell für Backbone entwickelt. So entsteht eine modular aufgebaute Chemiefabrik en miniature, die kleinere Mengen produzieren kann.

Von unserem Redaktionsmitglied Olaf Stauff
olaf.stauff@konradin.de

Mikrosysteme für Maschinenbauer:

- Modul-Baukasten Match-X
www.match-x.org
www.efm-systems.de
- Modul-Baukasten Backbone
www.microchemtec.de
- BMBF-Infos zur Mikrosystemtechnik
www.mstonline.de
- Forum für Mikrofertigungstechnik
www.fzk.de/fif
- Virtuelles Unternehmen entwickelt und produziert Mikrosysteme
www.microwebfab.de
- Kompetenzzentrum Polymeroptik
www.polymicro-cc.com
- Institut für Mikrotechnik Mainz
www.imm-mainz.de