

A Look into the Future

Zur Feier des 20-jährigen Jubiläums zum Bestehen der Schweizerischen Vereinigung für Sensortechnik wurden vier namhafte Referenten an die Ecole d'Ingenieurs et d'Architectes de Fribourg eingeladen, um den Vereinsmitgliedern einen Ausblick in die Zukunft der Sensortechnologien zu eröffnen.

Der Anlass wurde durch den Vereins-Präsidenten, Philippe Fischer, eröffnet. Nach der Begrüssung warf er einen Blick zurück auf die 20 Jahre **Vereins-Geschichte**. Der Verein wurde 1986 durch vier hochmotivierte Persönlichkeiten gegründet: Dr. Félix Schwager (Konzernforschung Mettler AG), Dr. Konstantin Anagnostopoulos (Mettler AG), Prof. Nico De Rooij (Universität Neuchâtel) und Dr. Alain Grisel (CSEM). An der Gründungsversammlung vom 13. Januar 1987 in Bern wurden die Statuten genehmigt und der Vereinsvorstand gewählt, mit F. Schwager als Präsident, K. Anagnostopoulos als Vizepräsident und N. De Rooij als Sekretär. Als Hauptziel wurde festgelegt, dass die SVS dazu beitragen solle, dass die Schweiz auf dem Gebiet der technisch anspruchsvollen Sensortechnologie führend bleibe und ihre Position auf dem internationalen Markt noch weiter ausbauen könne. Die SVS sieht zur Erreichung ihrer Ziele u.a. Organisation und Durchführung von nationalen und internationalen Seminaren, Kolloquien, Workshops und Konferenzen vor. Dann sollen auch die Kontakte zwischen den Sensor-Firmen, Forschungs- und Hochschulinstituten gefördert werden. Die Aktivitäten der SVS dokumentieren sich in der Durchführung von 88 Firmenbesuchen in 65 Unternehmen und 23 Instituten, mit insgesamt 1500 Teilnehmenden während der vergangenen 20 Jahre. Der Verein umfasst aktuell 78 Einzelmitglieder und 42 Firmenmitglieder aus der Industrie (ca. 70%), aus Bildungsinstitutionen (10%) und anderen Unternehmen. Etwa 70% der Mitglieder stammen aus der Deutschschweiz, 30% aus der Romandie.

Dann erinnerte Philippe Fischer an die für die Sensorik relevanten grossen **technologischen Veränderungen innerhalb der letzten 20 Jahre**. Er präsentierte das 33 verschiedene Typen umfassende Sensor-Portfolio eines modernen Automobils, er erinnerte an die grosse Verbreitung von Mobiltelefonen, welche immer wieder mit neuen Zusatzfunktionen ausgestattet werden, wie Bildsensoren, Beschleunigungsaufnehmern oder GPS-Empfängern. Das rasant gewachsene Internet ermöglicht heute die einfache Realisierung globaler Sensornetze zur Fernmessung und –beobachtung industrieller, geologischer, atmosphärischer und vieler anderer Prozesse. Andererseits dient heute das Internet auch der SVS als bevorzugtes Kommunikationsmittel für den Kontakt zu Mitgliedern und Unternehmen. Um die auch nach 20 Jahren vorhandene Offenheit für neue Sensortechnologien und –applikationen zu unterstreichen hat sich die SVS zu ihrem Jubiläum auch das neue Logo „sensors.ch: feeling the world“ zugelegt. Nach diesem Rückblick richtete sich der Fokus dann auf die **Zukunft der Sensor-Technologie**:

Future of Sensor Technology thanks to Nanotech, Jürgen Brugger, EPFL

Im Gegensatz zur klassischen Licht-Mikroskopie erlaubt das Atom-Kraft-Mikroskop (**Atomic Force Microscope**, AFM) die Beobachtung und Darstellung nanotechnischer Strukturen hinunter bis zur Grösse von Molekülen und Atomen. Mit der Technik des AFM können solche Strukturen auch manipuliert und zu nanotechnischen Sensoren udgl. zusammengefügt werden.

Bei der Miniaturisierung von Systemen muss beachtet werden, dass z.B. bei einer Feder die mechanische Resonanzfrequenz proportional zur Wurzel des Quotienten von Federkonstante/Masse sich vergrössert. Daneben gewinnen beim Miniaturisieren die anziehenden Van der Waal'schen Kräfte gegenüber anderen Kraftwirkungen an Bedeutung, ein Effekt welcher beim Fuss eines Geckos dessen Haftung an einer überhängenden Fläche ermöglicht. Bei miniaturisierten elektrischen Schaltkreisen mit Nanodrähten oder mit Nanoröhrchen aus Kohlenstoff muss der erhöhten Feldstärke im Leiter und in dessen Umgebung Rechnung getragen werden. Weiter ist zu beachten, dass Nanospalten je nach Material selektiv Moleküle aus der Umgebung adsorbieren und dass diese u.U. die Spalten elektrisch überbrücken können.

Generell eignet sich die Nanotechnologie zur Herstellung grosser Zahlen bzw. von massiv parallel arbeitenden **nanotechnischen Elektro-Mechanischen Systemen** (NEMS). Eines der grösseren, heute noch ungelösten Probleme bei der Fertigung solcher Systeme ist das schwer zu bewerkstellende Separieren und Positionieren von Nanodrähten und -röhrchen.

Instituts-Web-Site: <http://lmis1.epfl.ch>

Sensors and Nanotech today, Alexander Stuck, CSEM

Heute besteht schon ein breites Spektrum von kommerziell erhältlichen Produkten, welche auf in Silizium- oder auch schon Kunststoff-Technologie realisierten **Miko-Elektro-Mechanischen Systemen** (MEMS) basieren:

- Beschleunigungsaufnehmer

- Optische Encoder mit 1,5µm breitem Raster
- Miniatur-Spektrometer
- Miniatur-Kameras
- Miniaturisierte optische Gitter, Lichtwellenleiter- und Linsen-Arrays
- Implantierbare Arzneispender-Systeme

In nächster Zukunft werden auch Produkte mit auf Kunststoff gedruckten und in Kunststoff integrierten elektronischen Schaltkreisen und Sensoren verfügbar sein.

Instituts-Web-Site: http://www.csem.ch/detailed/p_521_optical_microsystems.htm

Cantilever based Sensors, Prof. Urs Staufer, Universität Neuchâtel

Miniaturisierte Biegebalken (Cantilevers) dienen in einer Vielzahl von Applikationen als Sensor-Element:

- Bimorpher Biegebalken (vergleichbar mit einem Bimetall-Streifen) als Wärme-Fühler in einem miniaturisierten Calorimeter
- Einseitig mit einer adsorbierenden Schicht versehener Biegebalken als Chemischer Sensor
- Hohler, U-förmig gebogener Biegebalken, welcher vom zu analysierenden Medium durchströmt ist, wird in Abhängigkeit von dessen spezifischem Gewicht resp. vom Molekül-Typ unterschiedlich stark durchgebogen. Alternativ kann der Biegebalken auch zum Schwingen angeregt werden, wobei die Resonanzfrequenz vom spezifischen Gewicht abhängt

Alle diese Applikationen erfordern die exakte Bestimmung der Auslenkung des Biegebalkens. Dazu können verschiedene physikalische Effekte ebenfalls in mikroskopisch kleinen Systemen genutzt werden:

- Tunnel-Mikroskop zur direkten Messung der Auslenkung
- Optisches Interferometer zur direkten Messung der Auslenkung
- Ablenkung eines Lichtstrahls an der Oberfläche des Biegebalkens
- Wärmewiderstand zwischen Biegebalken und darüber angeordnetem Wärmesensor
- Kapazität zwischen Biegebalken und darüber angeordneter Gegen-Elektrode
- Auf dem Biegebalken aufgebracht Piezo-Widerstand („Dehnmess-Streifen“)

Die miniaturisierten Biegebalken können an ihrem Ende auch mit einer Fühler-Spitze versehen werden und so als Teil eines AFM verwendet werden.

Die als Nächstes zu lösenden Probleme sind die Erhöhung der Durchsatzrate bei der Anwendung von Biegebalken als Masse- oder Chemische Sensoren. Dies kann z.B. durch reihenförmige Anordnung der Biegebalken erreicht werden. So wurde auch schon ein solcher Array mit einem Abstand von 1mm zwischen den Biegebalken realisiert. Ausserdem wird der Array modular aufgebaut, so dass, je nach Aufgabenstellung, unterschiedliche Biegebalken eingeklickt werden können.

Instituts-Web-Site: <http://www.samlab.unine.ch/activities/nanotools.htm>

Ultra Miniature Pressure Sensor, Dr. Christoph Stampfer, ETHZ

Bei der Miniaturisierung von MEMS gilt es die Skalierungs-Effekte im Auge zu behalten: Die Verkleinerung erlaubt es, schneller agierende bzw. reagierende Systeme zu schaffen, mit weniger Masse, weniger Leistungsverbrauch, erhöhter Funktionalität und gänzlich neuen Funktionen. Das Verhältnis zwischen Muskel-Kraft und Schwerkraft verhält sich wie $L^2:L^3$, jenes zwischen der Oberflächenspannung und Schwerkraft wie $L^1:L^3$. So können die stärker ins Gewicht fallenden Van der Waals – Kräfte (Haft-Kräfte, wie z.B. beim Gecko-Fuss) oder auch Quanten-Effekte (z.B. zum Verschlüsseln von Daten) genutzt werden.

Der Ultra Miniatur Druck-Sensor basiert auf der Widerstandsänderung eines Kohlestoff-Nanoröhrchens beim Strecken bzw. beim Verbiegen der Membrane, auf welcher das Röhrchen verankert ist. Der Widerstand ändert sich nach der Formel $R = R_0 (1 + Kst \times \epsilon)$. Bei Kohlestoff-Nanoröhrchen beträgt R_0 typisch 75 kOhm und die Konstante ist 210 ± 8 . ϵ ist die relative Streckung des Röhrchens. Die Röhrchen haben einen Durchmesser von 1nm und eine Länge von bis zu 1cm (!). Die Kunst bei der Herstellung der Sensor-Membrane besteht darin, ein einzelnes der zufällig verstreuten Nanoröhrchen auf der Membrane zu lokalisieren und dann an seinen Enden elektrisch zu kontaktieren. Probleme, welche noch gelöst werden müssen betreffen somit die Manipulation der Nanoröhrchen bzw. deren kontrolliertes Wachstum an einem definierten Ort auf der Membrane, die Kompensation des grossen Temperaturkoeffizienten von R_0 sowie die Kontrolle der Chiralität des Kohlestoff-Nanoröhrchens (welche ein metallisches oder aber ein Halbleiter-Verhalten bewirkt).

Instituts-Web-Site: <http://www.nanophys.ethz.ch/index.php?page=research>

Zum Jubiläum war ein Photo-Wettbewerb für Unternehmen aus der Sensorik ausgeschrieben. Zum Abschluss des Anlasses wurden deshalb die 16 eingereichten Wettbewerbsarbeiten präsentiert. Die Wettbewerbs-Bilder werden zur Zeit auch auf die verschiedenen SVS - Web-Sites verteilt jeweils oben links gezeigt. Der preisgekrönte Beitrag der Fa. Baumer Electric kann grossformatig auf unserer Homepage unter < <http://www.sensors.ch> > aufgerufen werden.

Peter Kirchhofer.