



## Area 3 – Sensornetzwerke

### Kabellose Sensoren für die Strukturüberwachung

#### Technical Showcase des Spitzenclusters Cool Silicon



#### Energieautarke Sensornetzwerke

In allen Lebensbereichen nimmt die Bedeutung der Aufnahme, Weiterleitung und Verarbeitung von Messgrößen zur Steuerung sowie Überwachung von Vorgängen aller Art zu. Ob in den Bereichen Gesundheit, Verkehr, Bauwerke oder der verarbeitenden Industrie – die Anzahl von Sensoren wächst weltweit. Nach aktuellen Studien rechnen Forscher damit, dass im Jahr 2017 etwa 1.000 Sensoren auf einen Menschen kommen. Gleichzeitig werden diese Sensoren immer mehr miteinander vernetzt und kommunizieren somit auch verstärkt untereinander. Die Basis für den Betrieb all dieser Systeme ist Energie. Der Spitzencluster Cool Silicon erforscht und entwickelt Systeme im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie, die die vorhandene Energie möglichst

effizient nutzen. Besonders im Anwendungsbereich von Sensoren ist es jedoch häufig gar nicht erst möglich, die Systeme überhaupt an ein Energieversorgungsnetz anzuschließen, d. h. die Systeme müssen energieautark funktionieren, sich selbst versorgen.

#### Projektziel

Das Hauptziel der Projekte im Schwerpunkt Energieautarke Sensornetzwerke ist die Erforschung sowie der Aufbau eines sich selbst versorgenden Sensorknotens für die Überwachung von Flugzeugstrukturen aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK). Denn die Gewichtsvorteile dieses leichten Materials können nur genutzt werden, wenn die Energie- und Datenversorgung ohne zusätzliche Kabel auskommt: Würden beispielsweise alle Sensoren in zukünftigen CFK-Flugzeugstrukturen per Kabelverbindung mit Strom versorgt und würden diese Sensoren dann zudem auch per Kabel miteinander kommunizieren, dann wäre der Gewichtsvorteil von CFK-Werkstoffen durch das Gewicht der zusätzlichen Kabel schnell aufgebraucht. Zusätzlich würden die Kabel in den CFK-Flugzeugteilen zusätzliche Fehlstellen erzeugen. Für die Überwachung neuer Materialien sowie von Leichtkonstruktionen hat sich der Spitzencluster Cool Silicon daher zum Ziel gesetzt, energieautarke Sensornetzlösungen zu entwickeln.

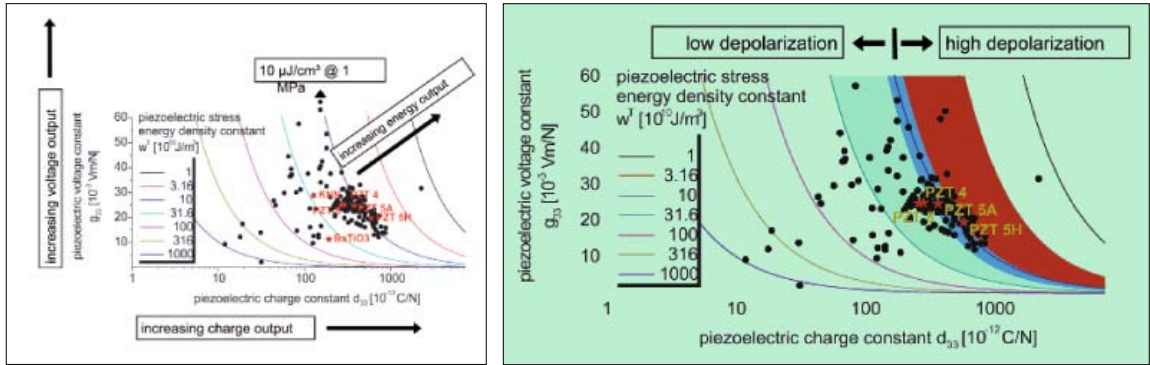


Abb. 1a und 1b: Auswahl der optimalen Piezomaterialien hinsichtlich Polarisierungseigenschaften

### CoolSensorNet

Das Projekt CoolSensorNet erforscht für die Umsetzung dieses Ziels die komplette Elektronik-kette, bestehend aus Sensoren, analoger Elektronik, A/D-Wandlern, Prozessorsystemen und der Telemetrieinheit. Die Anforderungen an die Sensorsysteme, klein, robust, energieautark, vernetzt und preiswert zu sein sowie die bis ans Ende dieses Jahrhunderts reichende Roadmap der Flugzeugindustrie für „intelligente Materialien“ (smart materials) zu berücksichtigen, sind hierbei Orientierung und Benchmark zugleich. Im Projekt müssen neben mechanischen Aspekten, den Druckverhältnissen und Feuchtigkeitsschwankungen auch die besonderen Temperaturbelastungen im Bereich zwischen  $-55^{\circ}\text{C}$  und  $85^{\circ}\text{C}$  berücksichtigt werden. Ferner legte sich Cool Silicon gemeinsam mit Airbus auf die Norm RTCA DO21 / 30 160 fest. Diese spezifiziert die Bedingungen für sicherheitsrelevante Baugruppen. Damit sind die Projektergebnisse nicht auf eine einzelne Zielstruktur begrenzt, sondern können auch die generellen Grundlagen für „mitfliegende Systeme“ in der Luftfahrt schaffen.

Im bisherigen Projektverlauf wurde das zu testende Systemkonzept für das Sensornetz definiert. Für die Kombination von Energy Harvesting System und Ultraschallwandler wurden 80 unterschiedliche Piezomaterialien hinsichtlich ihrer Polarisierungseigenschaften, d. h. ihrer Wandlereigenschaften und Wirkungsgrade, untersucht. Dabei konnte die erfolgversprechende Piezokeramik PIC 255 identifiziert werden.

Als Ergebnis der bisherigen Projektarbeit liegen alle für das Projekt notwendigen Elektronikkomponenten vor. Abbildung 2 zeigt vereinfacht die Vereinigung der Komponenten zu einem vernetzungsfähigen Sensorknoten.

Für die Optimierung der Einzelkomponenten wurde die Kombination aus Energy Harvesting System und Ultraschallwandler auf eine CFK-Teststruktur aufgebracht und mit einem geeigneten Testsignal erprobt. Parallel dazu untersuchten die Forscher die durch die Vibration gewinnbare Energie. In den Voruntersuchungen konnte bereits nachgewiesen werden, dass die typischen Flugzeugschwingungen tatsächlich zur Energiegewinnung genutzt werden können.

Im Projekt CoolSensorNet ist es nun gelungen, das aus vier Piezo-Einzelementen bestehende Energy Harvesting System im Versuchsaufbau sowohl mechanisch als auch im realen Flugbetrieb (Schwingung 500 Hz an der Abrisskante, Auslenkung im Mikrometerbereich) anzuregen.

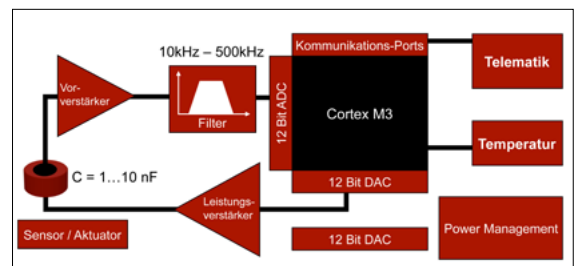


Abb. 2: Sensorknoten für das Verfahren Acousto Ultrasonics

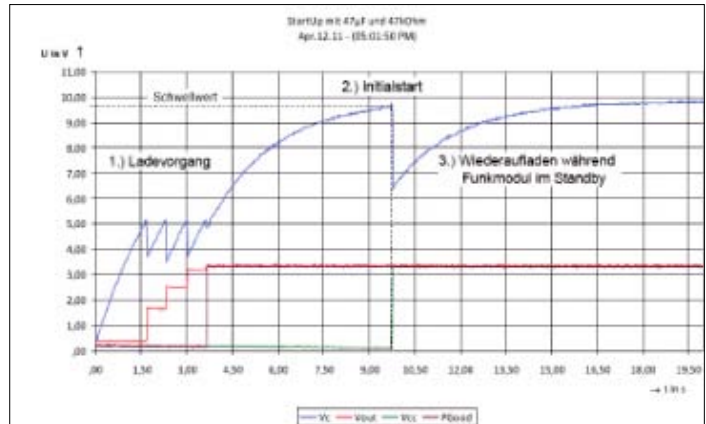


Abb. 3a und 3b: Demonstration des Energy Harvesting in realistischer Umgebung im Projekt. Im Bild links ist der Versuchsaufbau und im Bild rechts eine Messkurve der erhaltenen Signale dargestellt.

Die damit gewonnene Energie reicht aus, um in neun Sekunden einen Kondensator so weit aufzuladen, dass ein Mess- und Funk-Übertragungszyklus des Sensorknotens ausgeführt werden kann.

Somit ist es im bisherigen Projektverlauf schließlich gelungen, die grundsätzliche Machbarkeit energieautarker Sensorknoten für den Anwendungsfall „Flugzeug“ erfolgreich nachzuweisen. Im weiteren Projektverlauf werden nun die Grundlagen dafür geschaffen, dass auch die erforderliche Lebensdauer derartiger Systeme von über 20 Jahren gewährleistet werden kann.

## Kontakt

**Dr.-Ing. Dieter Hentschel**  
 Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren  
 Institutsteil Dresden (IZFP-D)  
 Maria-Reiche-Straße 2  
 01109 Dresden  
 Tel.: 0351 / 8881 5501  
 Fax: 0351 / 8881 5509  
 E-Mail: dieter.hentschel@izfp-d.fraunhofer.de  
 Weitere Infos zum Cluster unter: [www.cool-silicon.de](http://www.cool-silicon.de)  
 Alle Infos zum Wettbewerb unter: [www.spitzencluster.de](http://www.spitzencluster.de)



Die in diesem Dokument verwendeten Abbildungen werden demnächst für eine optimierte Version des Technical Showcases durch Grafiken mit höherer Auflösung ersetzt.