

Cyber Physical Finite Element Sensor Network (CPFEN)

L.-M. Bretthauer, R. Heynicke, G.J. Scholl

Chair for Electrical Measurement Engineering, Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg

Motivation

- Vermessung von Großstrukturen in Echt-Zeit
- Verwendung eines drahtlosen Sensor-Netzwerkes
- Erfassung von Form- und Lageänderungen
- Messung der mech. Zug-, Druck und Schubspannungen im Material

Applikation

- Einsatz in formgebenden Produktionsverfahren
- Verkürzung von Prozess- und Durchlaufzeiten
- Einsatz in verdeckten und engen Umgebungen

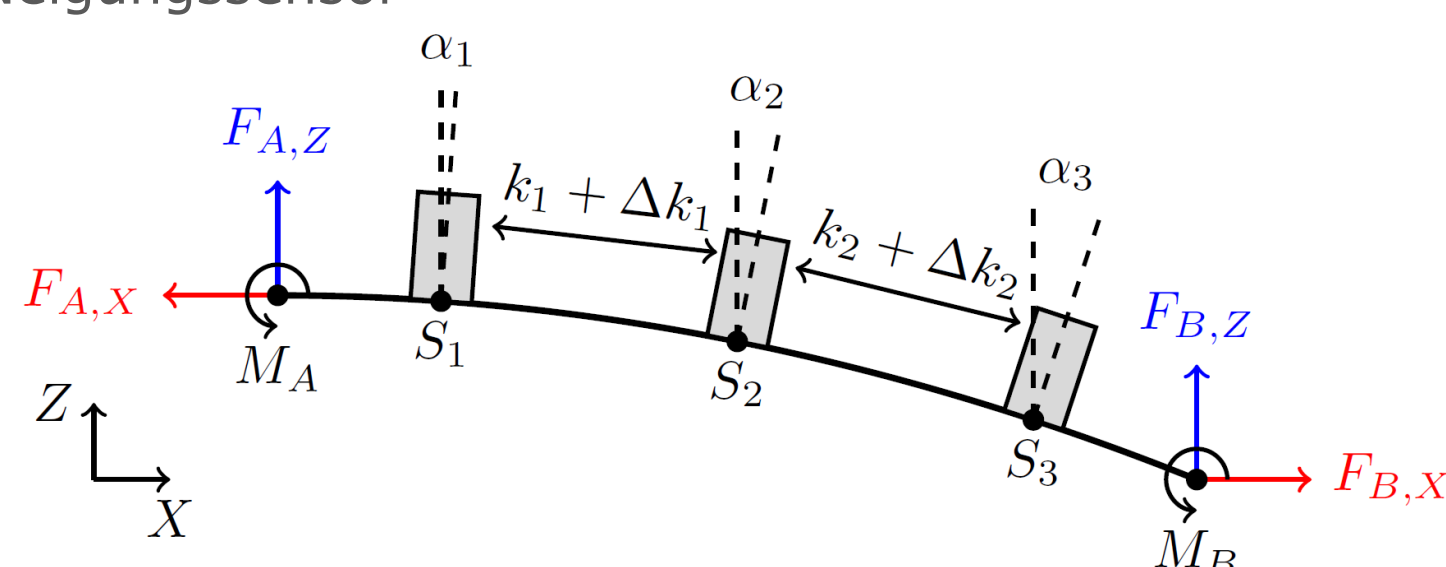
Aufbau Sensor Netzwerk

Sensorknoten

1. Erfassung der Messdaten
 - a) Neigungswinkel der Sonden
 - b) Abstandsmessung zu benachbarten Sonden
 - c) Neigungswinkel der Verbindungen
2. Drahtlose Übertragung der Messdaten an eine zentrale Recheneinheit
3. Anbringung mittels Vakuum auf die Bauteiloberfläche

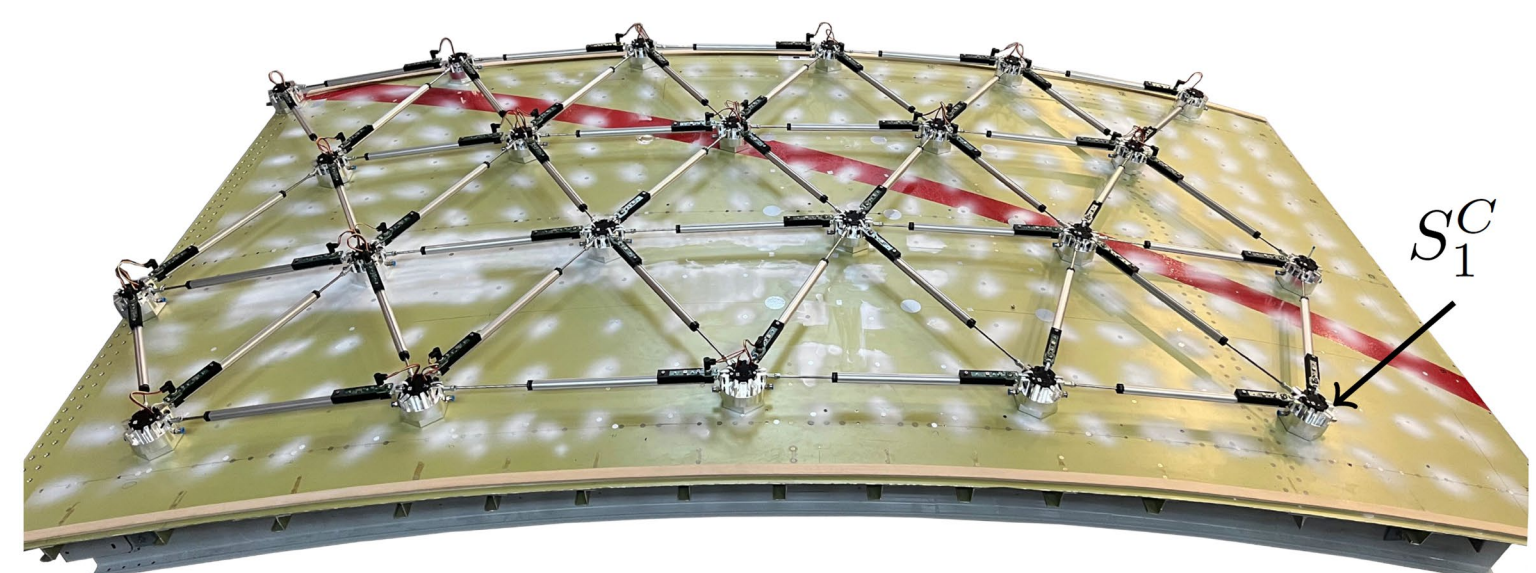
Sensorknoten

1. Abstandssensor zu benachbarten Sensoren
2. Neigungssensor



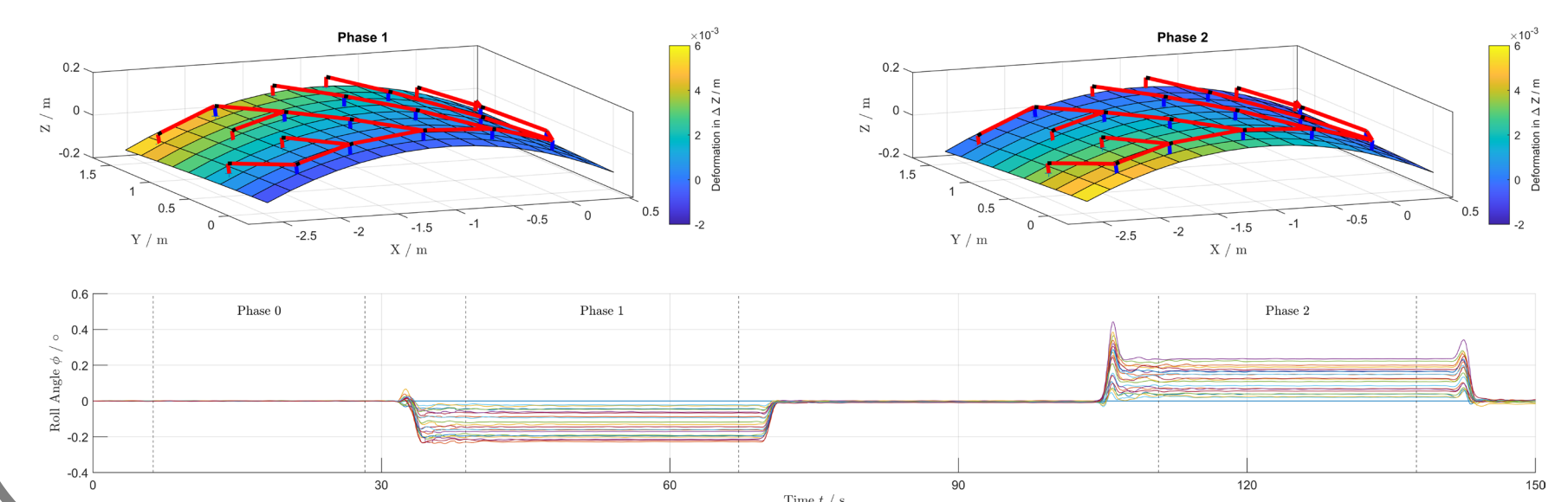
Versuchsträger: Flugzeugbauteil

- Aufbau eines Sensornetzwerks mit 22 Sensorknoten auf einem Flugzeugbauteil
- Einbringung von Verformungen mittels Aktuatoren
- Berechnung der Form mittels Least-Square-Verfahren und Ermittlung der Messunsicherheiten
- Berücksichtigung der Mehrpfade Ausbreitung der Netzwerkstruktur



Auswertung der Messung

- Verformung des Bauteils an den linken beiden Ecken zur Einbringung einer Torsionslast
- Vergleich zu zwei Referenzmesssystemen
 - Lasertracker
 - Photogrammetrie
- Evaluierung der Messgenauigkeit und Wiederholgenauigkeit des Messsystems



Mehrwert für die Bundeswehr

1. **Mobile und feldtaugliche Qualitätskontrolle**
Einsatzortnahe Prüfungen: Wartung und Reparatur von Fahrzeugen, Luftfahrzeugen oder anderen Systemen können vor Ort (z.B. im Feldlager) erfolgen, ohne dass große stationäre Messtechnik erforderlich ist. Schneller Zustandserfassung beschädigter oder deformierter Teile z.B. nach einem Gefechtseinsatz oder einer Überlastung.
2. **Echtzeitüberwachung kritischer Komponenten**
Strukturelle Überwachung von z.B. Flugzeugtragflächen, Panzerwannen oder Brücken durch dauerhaft integrierte Sensoren. Frühzeitige Erkennung von Materialermüdung, Verformung oder Torsion, bevor sicherheitsrelevante Schäden auftreten.

3. **Automatisierte Dokumentation und Rückverfolgbarkeit**
Jeder gemessene Formzustand kann automatisch dokumentiert und mit Seriennummern, GPS-Daten oder Wartungsprotokollen verknüpft werden. Unterstützt die logistische Planung und Lebenszyklusüberwachung technischer Systeme.
4. **Integration Cyber-Physische Systeme**
Das Sensorprinzip fügt sich gut in Digitalisierungs-vorhaben der Bundeswehr ein (Stichwort: "Smart Maintenance"). Aufbau einer intelligenten Infrastruktur, z.B. zur Unterstützung von vorausschauender Instandhaltung (Predictive Maintenance).
5. **Reduzierung von Personal- und Zeitaufwand**
Keine Notwendigkeit für manuelle 3D-Messungen mit aufwendigem Equipment (z.B. Lasertracker). Weniger hochspezialisiertes Personal erforderlich – ideal für Einsätze mit begrenzten Ressourcen.



unibw.de



hsu-hh.de



dtec.bw.de



Digital Sensor-2-Cloud Campus-Plattform



gefördert durch



Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr



Finanziert von der Europäischen Union
NextGenerationEU