

Drahtloses Sensor Netzwerk zur Form- und Dehnungsmessung für Großstrukturen

Lars-Michel Bretthauer, Ralf Heynicke, Gerd Scholl

Motivation

Die Echtzeit-Formvermessung großer Bauteile ist in industriellen Fertigungsumgebungen bislang nur eingeschränkt möglich. Das entwickelte Sensornetzwerk erfasst die Bauteiloberfläche drahtlos und parallel mit mehreren Messknoten. Dadurch bleibt die Messzeit weitgehend unabhängig von der Bauteilgröße und das System lässt sich flexibel skalieren. So entsteht die Grundlage für eine kontinuierliche Prozessüberwachung und Hardware-in-the-Loop-Fertigungssysteme, sowie Zeiteinsparungen in den Fertigungsprozessen.

Messkonzept

Das Messkonzept basiert auf einem modularen Netzwerk aus Messknoten und verbindenden Messstangen. Die Messknoten erfassen lokal die Neigung der Bauteiloberfläche, während die Messstangen die relativen Abstände zwischen benachbarten Knoten bestimmen. Aus der Kombination dieser Messgrößen werden die räumlichen Positionen der Messknoten und daraus die Form sowie Verformung der Bauteiloberfläche rekonstruiert. Die Messdaten werden drahtlos an eine zentrale Recheneinheit übertragen und dort in Echtzeit ausgewertet. Das Messsystem ist für einen wiederverwendbaren Einsatz mittels Vakuums mit dem Messobjekt verbunden.

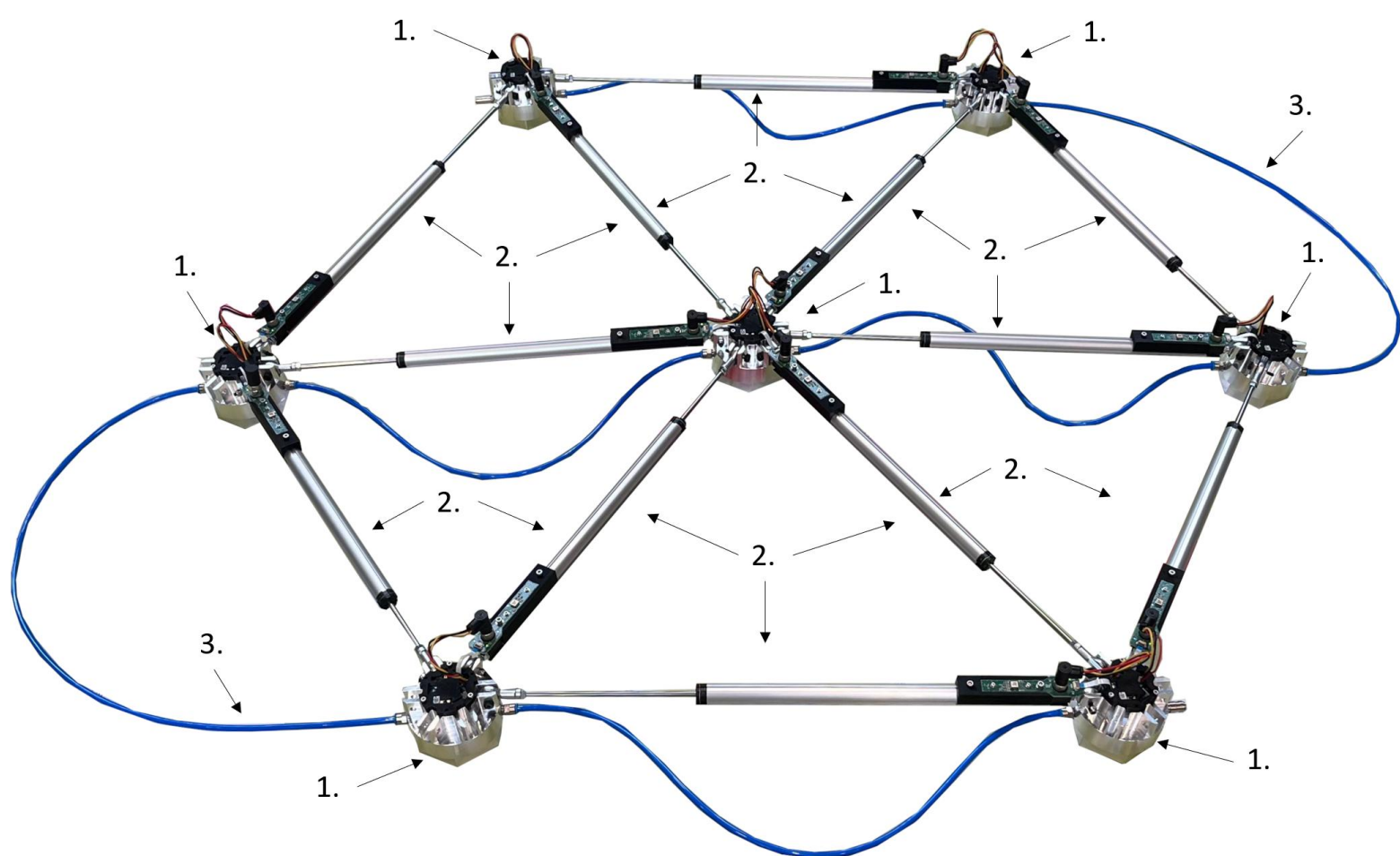


Abb. 1: Sensornetzwerk mit sieben Messknoten. 1. Messknoten 2. Messstangen 3. Vakuumschlauch.

Validierung des Messsystems

Zur Validierung des Messsystems werden Wiederholbarkeit und Messgenauigkeit anhand zweier etablierter Referenzmesssysteme, Photogrammetrie und Lasertracker, untersucht. Hierzu wird ein Flugzeugbauteil (2,7x1,6m) durch zwei linear Motoren gezielt asymmetrisch verformt. Die resultierende Formänderung wird über 58 Belastungszyklen parallel mit dem Sensornetzwerk und beiden Referenzsystemen erfasst und anschließend hinsichtlich Abweichung und Reproduzierbarkeit miteinander verglichen.

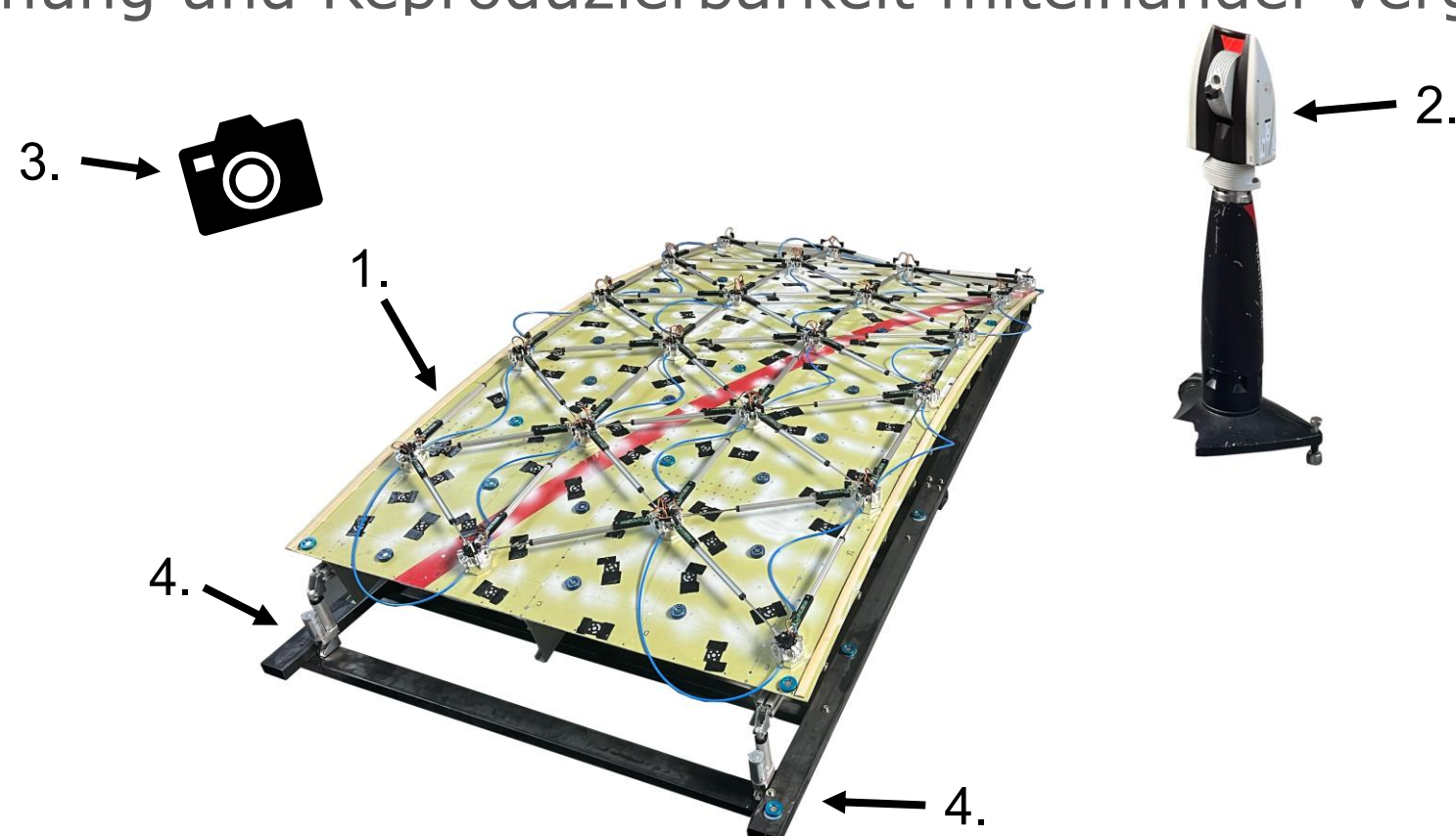


Abb. 2: 1. Sensornetzwerk auf Messobjekt mit 22 Messknoten 2. Lasertracker 3. Photogrammetrie 4. linear Motoren (links und rechts).

Ergebnisse

Aus der Messreihe lässt sich für jeden Messknoten die Abweichung gegenüber den Referenzmesssystemen sowie deren Streuung bestimmen. Dabei ist kein ausgeprägter systematischer Offset erkennbar. Die maximale Streuung beträgt 0,34mm und liegt damit in einer vergleichbaren Größenordnung wie die Messunsicherheiten der eingesetzten Referenzsysteme.

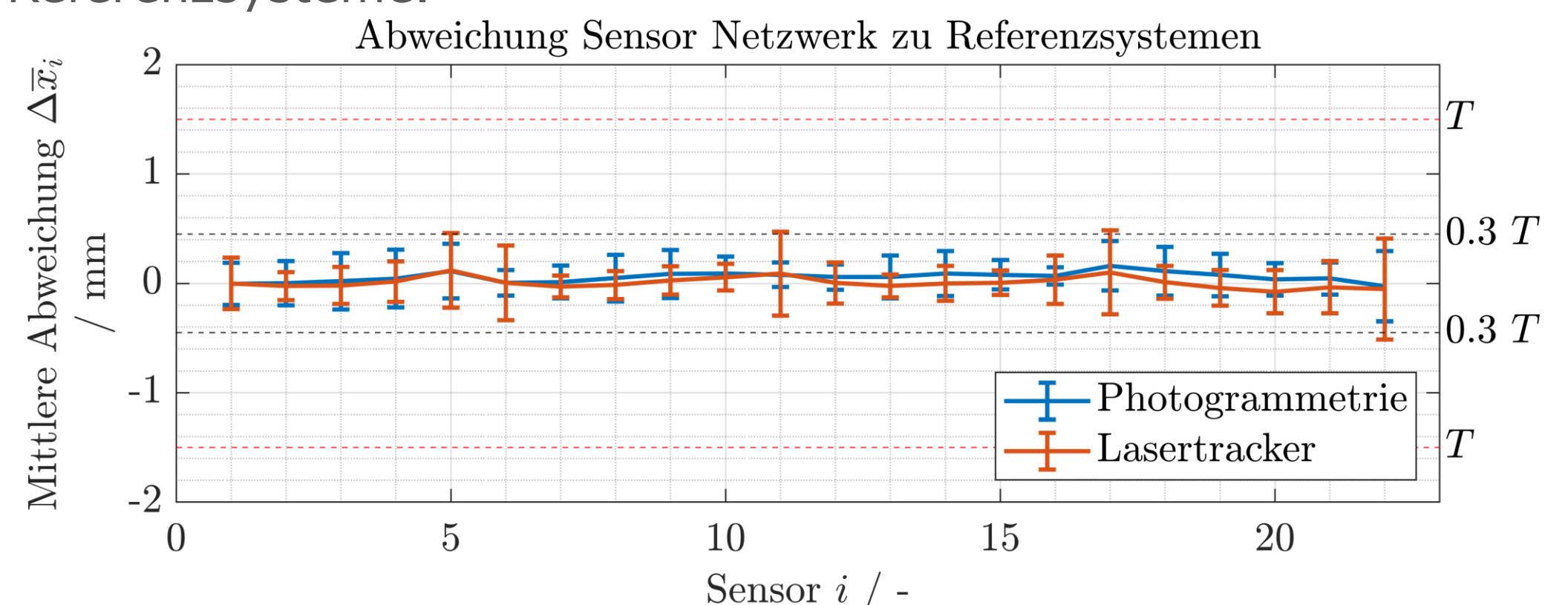


Abb. 3: Mittlere Abweichung des Sensor Netzwerks zu den Referenzsystemen mit Fehlerbalken 1s der empirischen Standardabweichung.

Zusätzlich ermöglicht das Sensornetzwerk die Bestimmung der Dehnung aus den Positionsänderungen der fest auf der Oberfläche zugeordneten Messpunkte. Dadurch steht neben der Formänderung eine weitere relevante Messgröße für die Prozessüberwachung zur Verfügung. Auch lokale Dehnungen können erfasst werden und zeigen eine gute Übereinstimmung mit den eingesetzten Referenzmesssystemen.

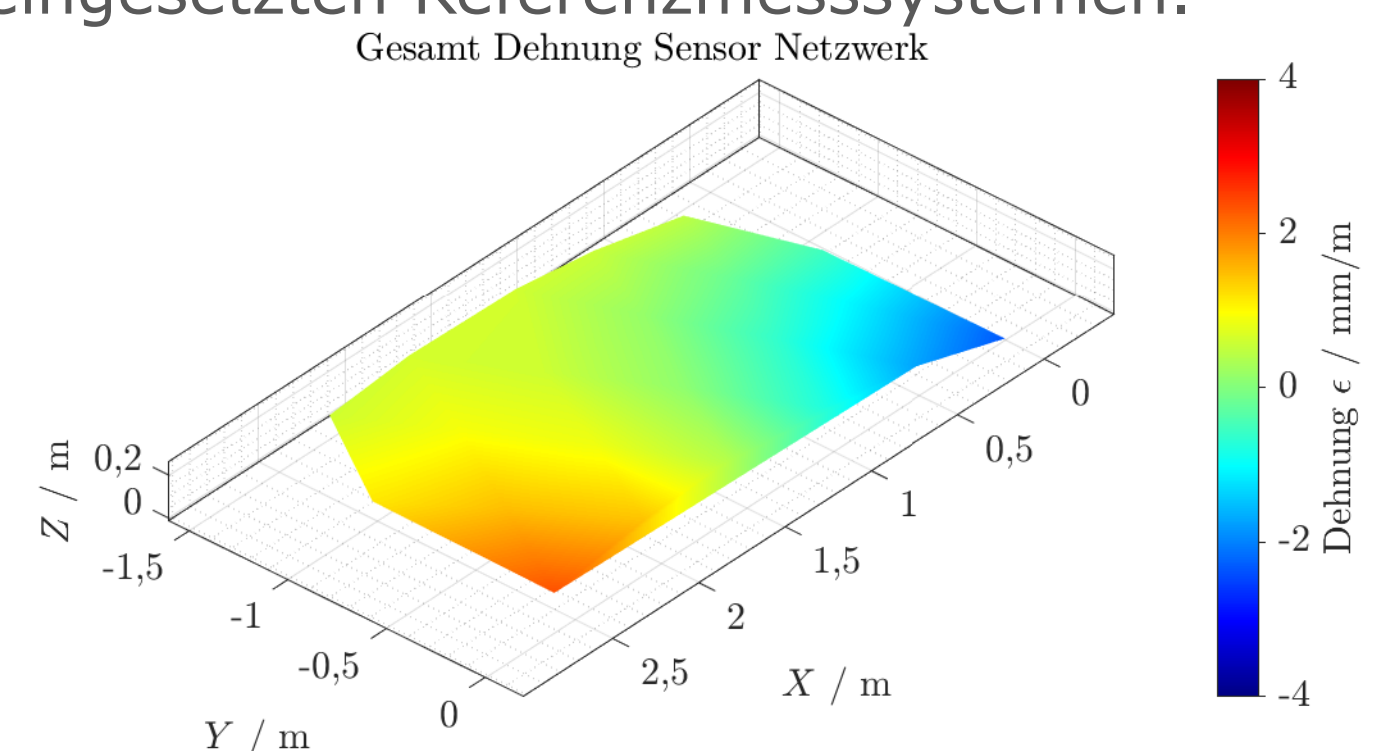


Abb. 4: Gesamt Dehnung des Sensor Netzwerkes beim Ausfahren des recht linearen Motors.

Die Entwicklung und Erprobung des Sensornetzwerks ist abgeschlossen. Im nächsten Schritt steht der Transfer in konkrete Anwendungen im Mittelpunkt. Dafür suchen wir Partner und Anwender aus Industrie und Wissenschaft, die das Messsystem für neue Messaufgaben, Prozessüberwachung oder Forschung einsetzen möchten. Wir freuen uns über den Austausch zu möglichen Anwendungen, Kooperationen und applikationsspezifischen Anpassungen!



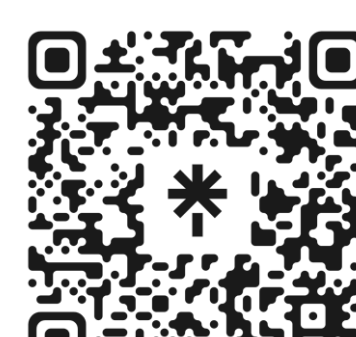
unibw.de



hsu-hh.de



dtec.bw.de



Kontakt:
Mail: lars.bretthauer@hsu-hh.de

gefördert durch

dtec.bw
Zentrum für Digitalisierungs- und
Technologieforschung der Bundeswehr



Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU