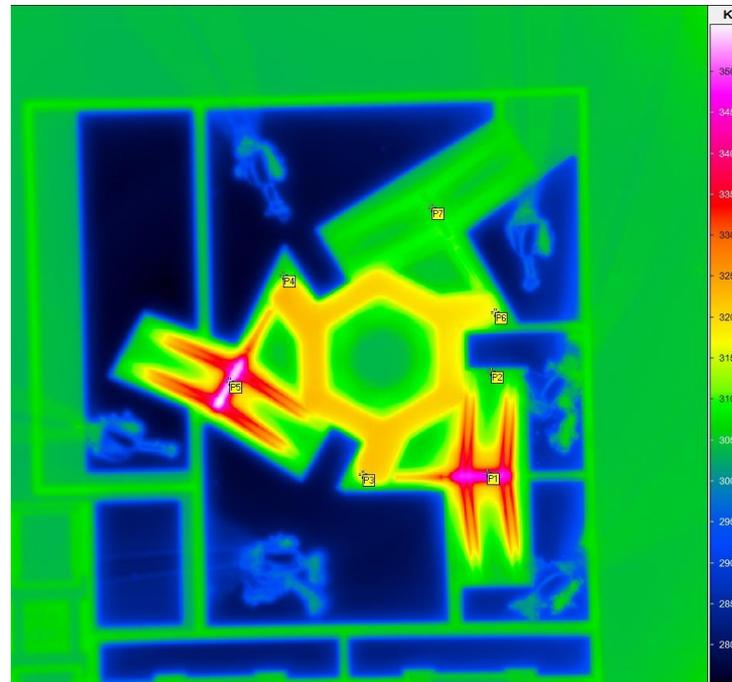




Entwurf, Aufbau und Test einer MEMS 3-DOF Positionierplattform mit elektrothermischen Antrieben





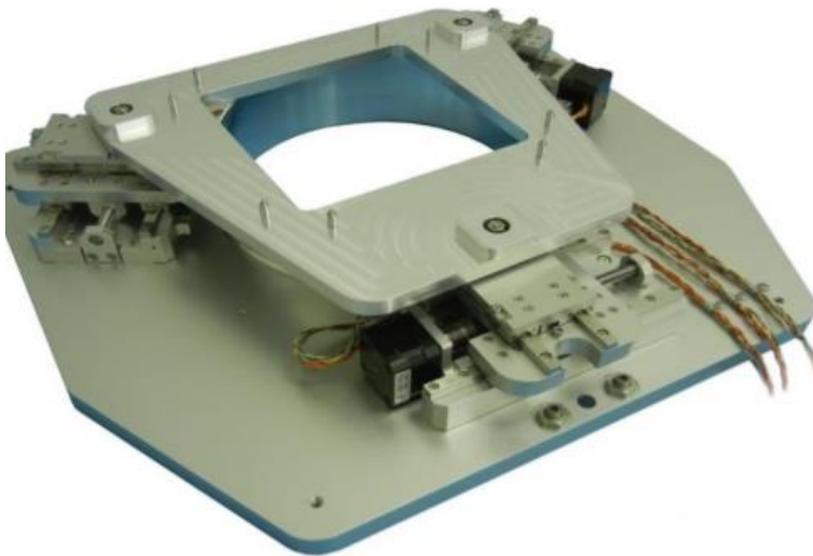
Gliederung

- Einleitung / Motivation
- MEMS 3DOF Aktor mit thermischen Antrieben
- Thermische Aktoren vom Chevron Typ
- Ergebnisse
- Zusammenfassung
- Ausblick

Einleitung / Motivation:

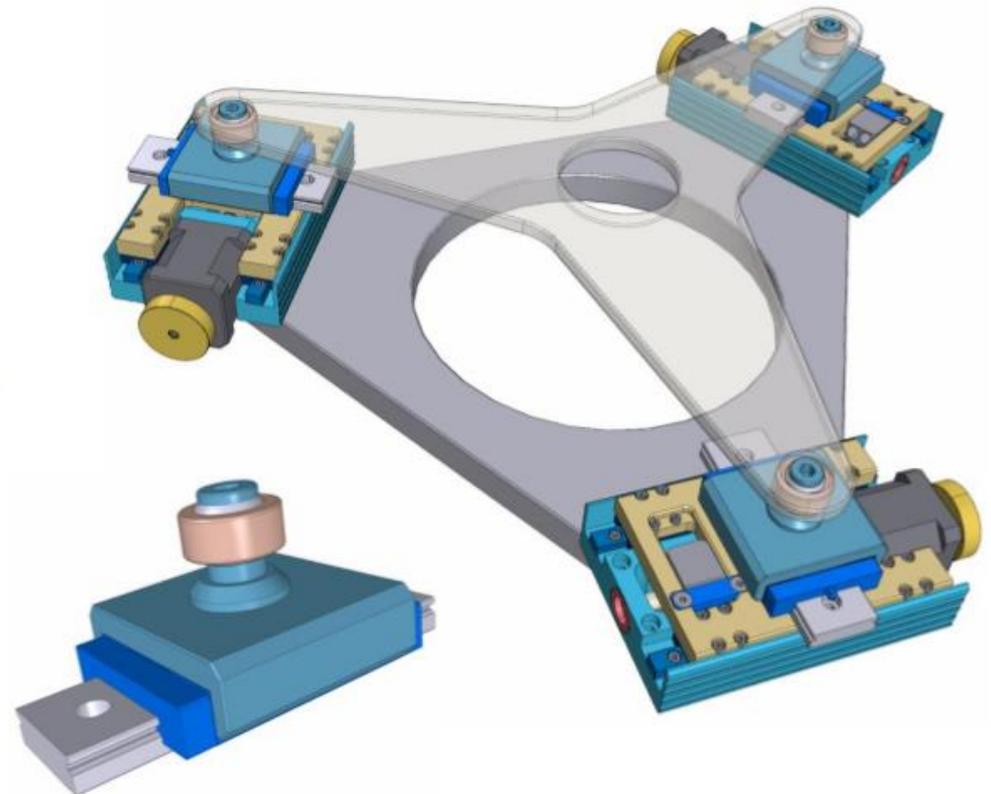


[Bromme, A.: Entwicklung eines parallelkinematischen Positioniersystems, Jahresbericht 2015 - IFTE, Dresden]



Reales HV-Tischsystem

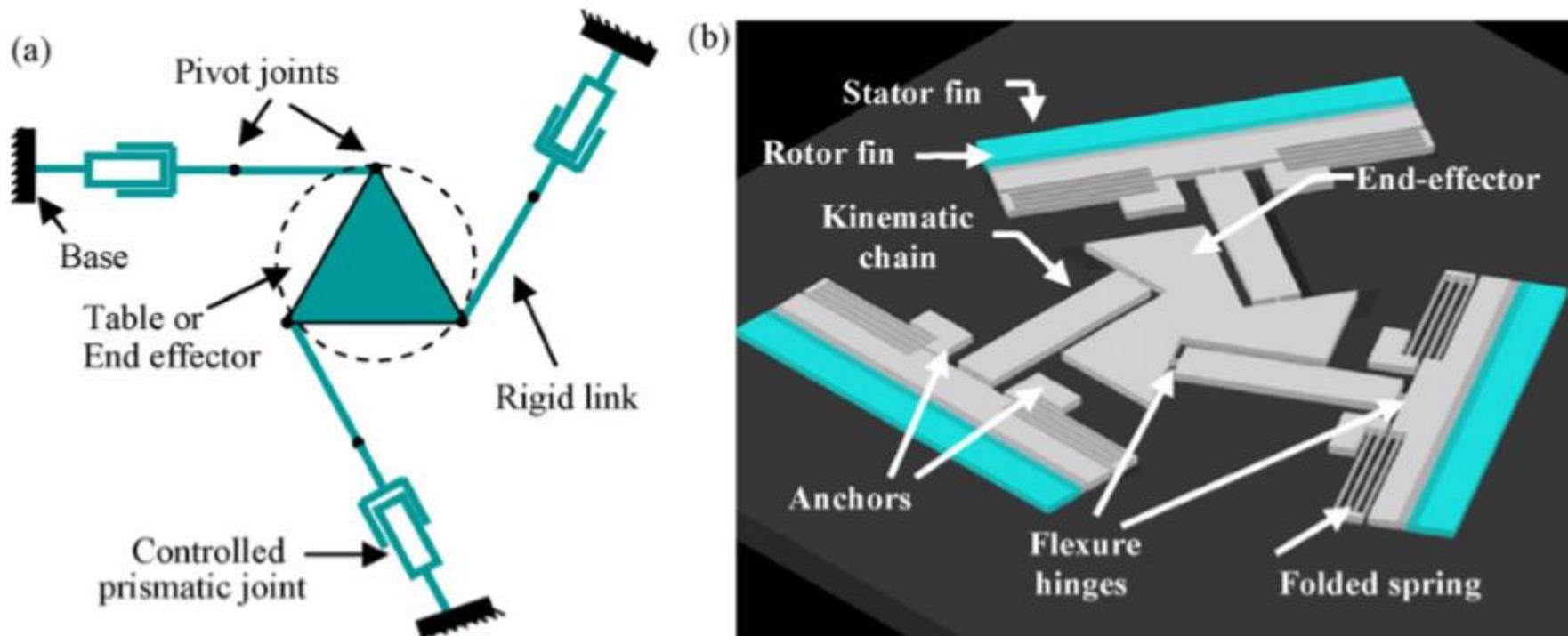
Entkopplung mit Linearführung und
Kugelenklager





Einleitung / Motivation:

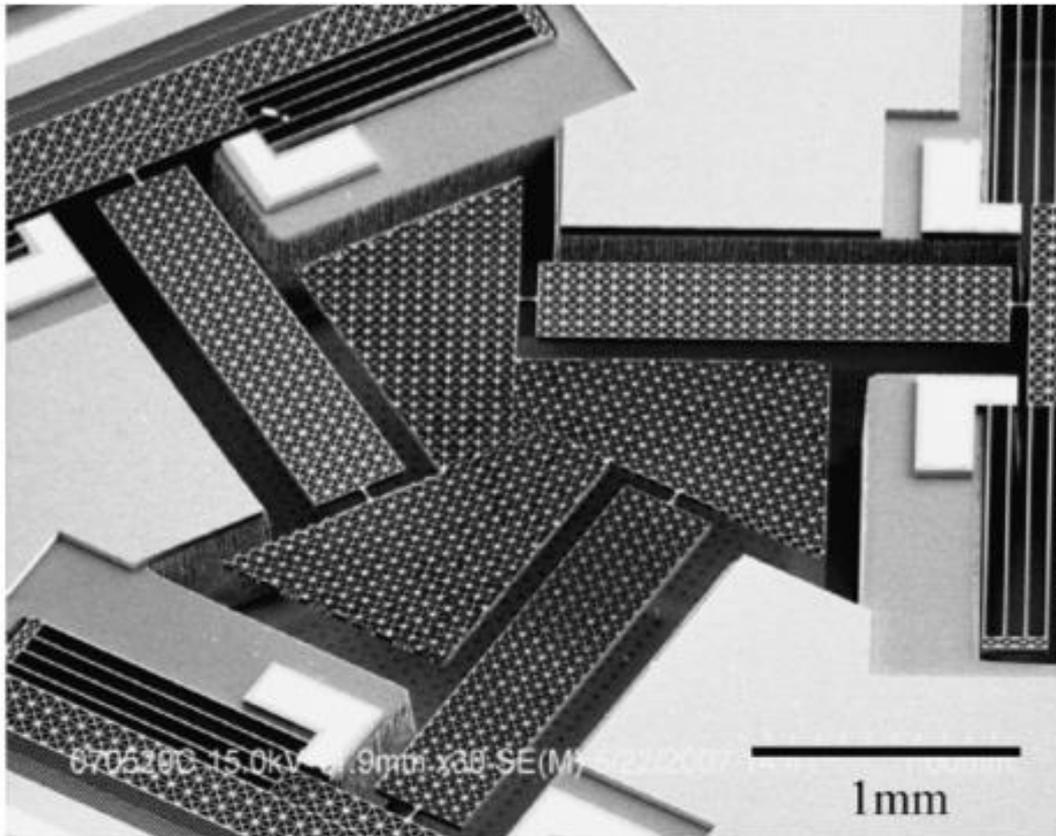
[D. Mukhopadhyay et al. / Sensors and Actuators A 147 (2008) 340–351]





Einleitung / Motivation:

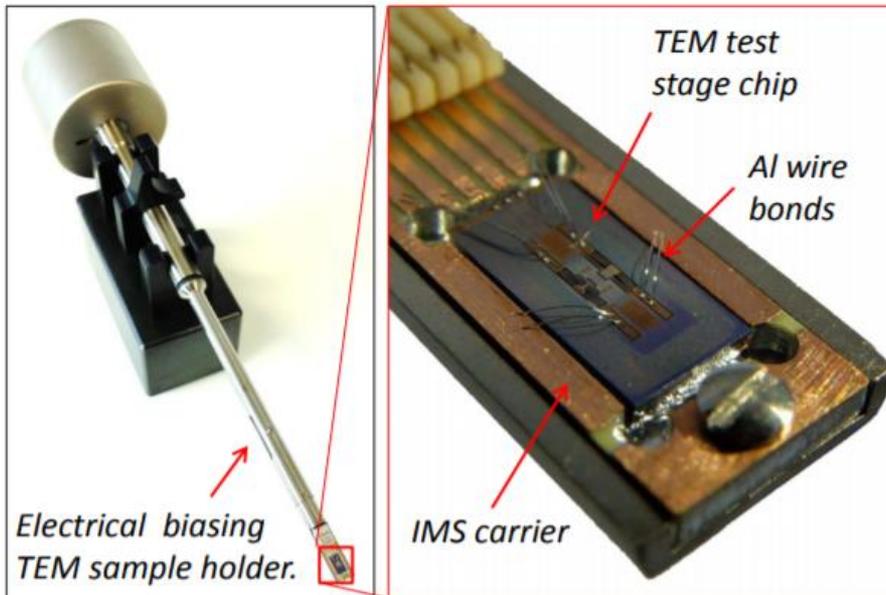
[D. Mukhopadhyay et al. / Sensors and Actuators A 147 (2008) 340–351]





Einleitung / Motivation:

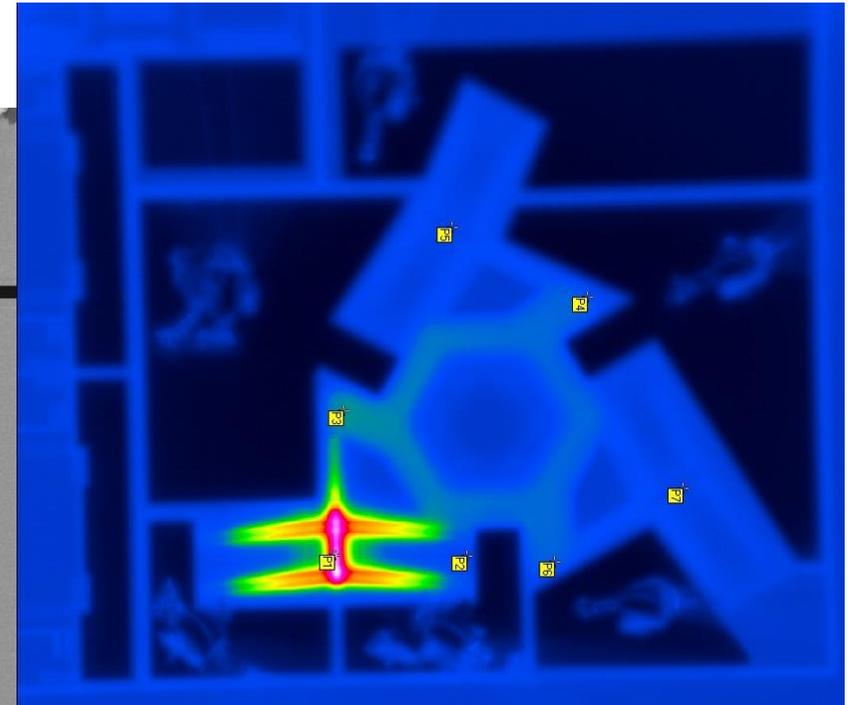
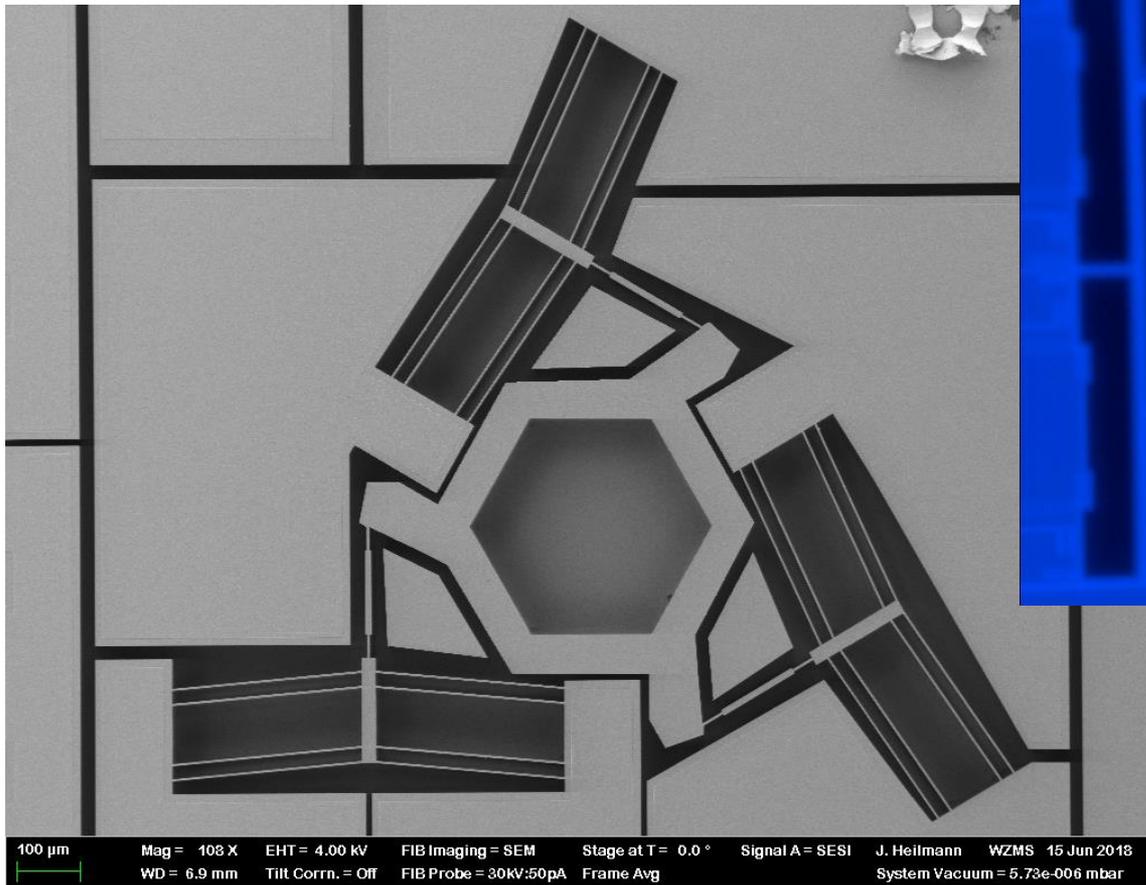
- Untersuchungen von Nanostrukturen erfordern eine Positionierung im REM oder TEM
- Elektrostatische Aktoren sind durch die auftretenden Felder ungeeignet
- kleiner Aktor mit mehreren Freiheitsgraden ist nötig



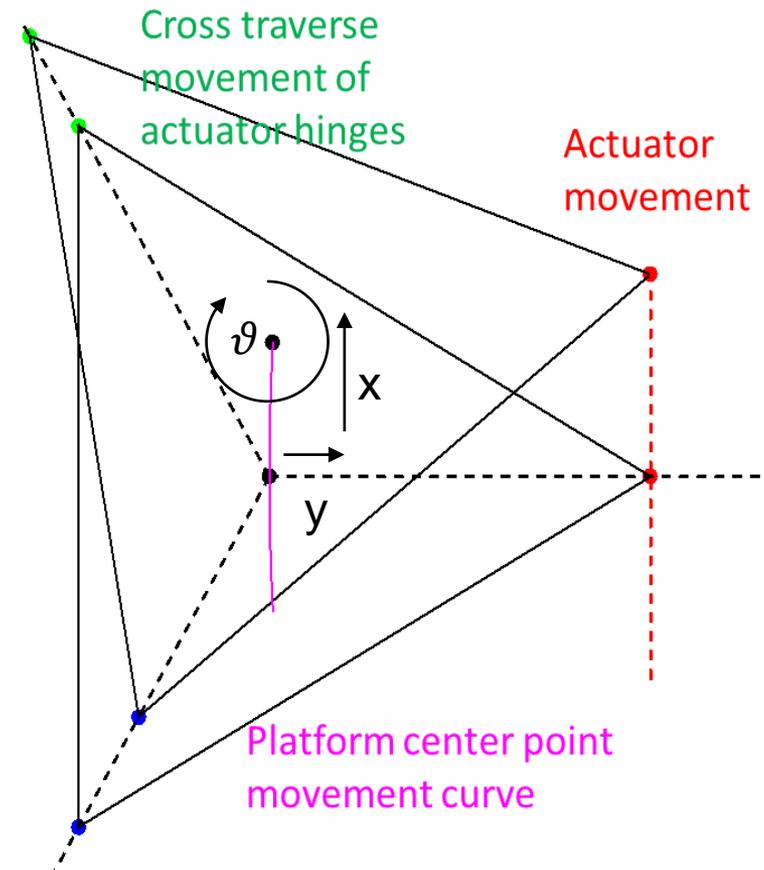
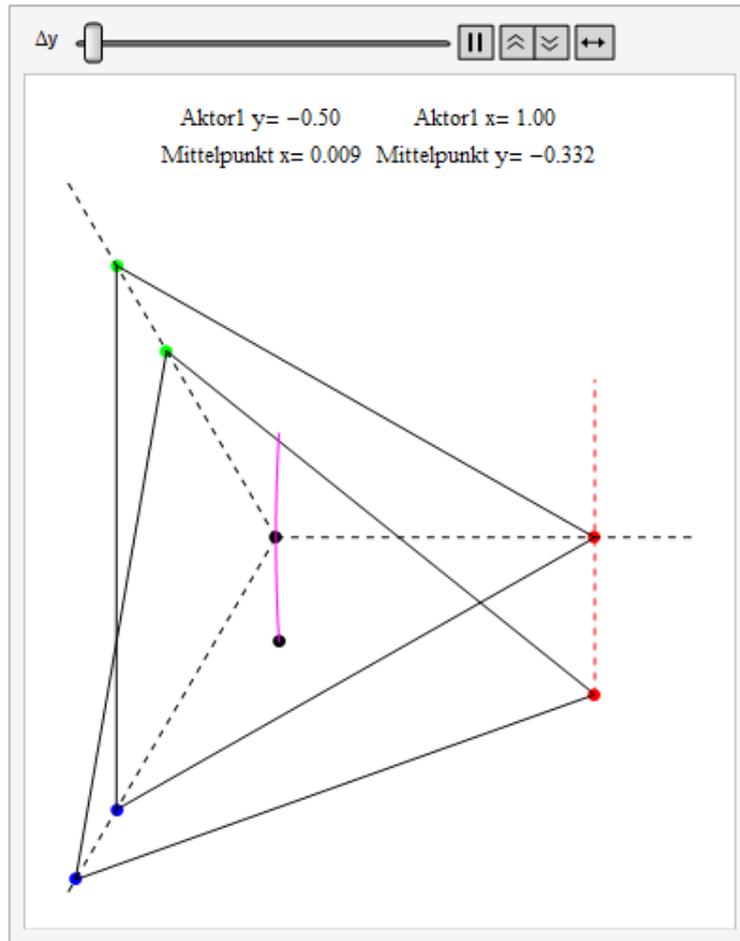
[S. Hartmann et al., "An in situ tensile test device for thermo-mechanical characterisation of interfaces between carbon nanotubes and metals," 2016 17th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems (EuroSimE), Montpellier, 2016, pp. 1-9. doi: 10.1109/EuroSimE.2016.7463360]

- Positionierung für Strahlableitung, HF-Strukturen und biomechanische Anwendungen sind denkbar

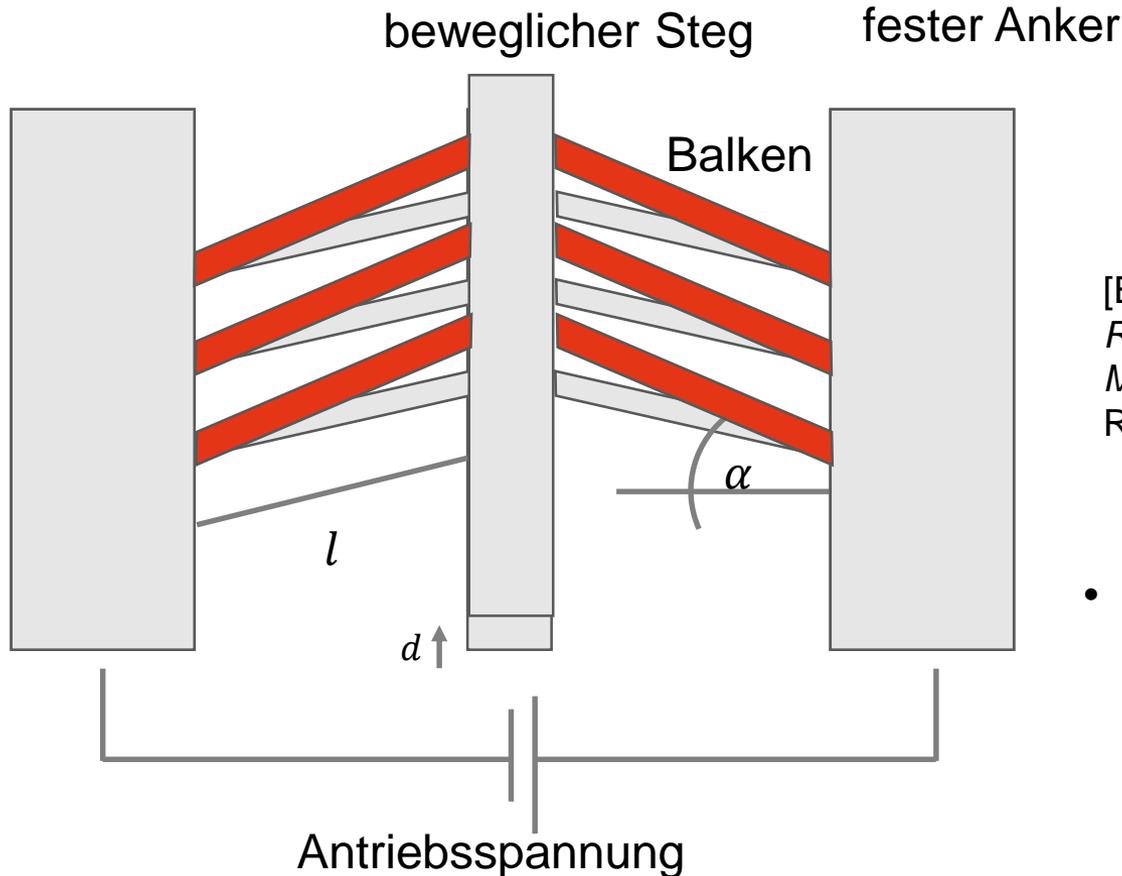
MEMS 3DOF-Aktor mit thermischen Antrieben



MEMS 3DOF-Aktor mit thermischen Antrieben



Thermische Aktoren (Chevron Type)



V-Form Aktor oder
Chevron Type Actuator

[Baker, M. S.; Plass, R. A.; et. al.: "Final Report: Compliant Thermo-Mechanical MEMS Actuators LDRD #52553, Sandia Report, 2004, SAND2004-6635]

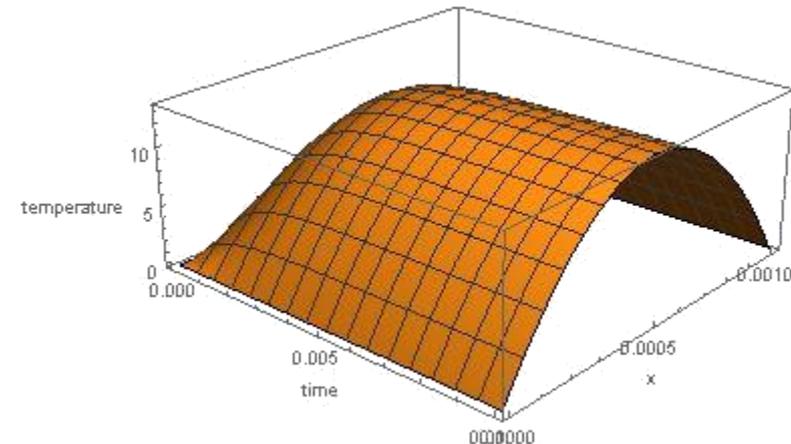
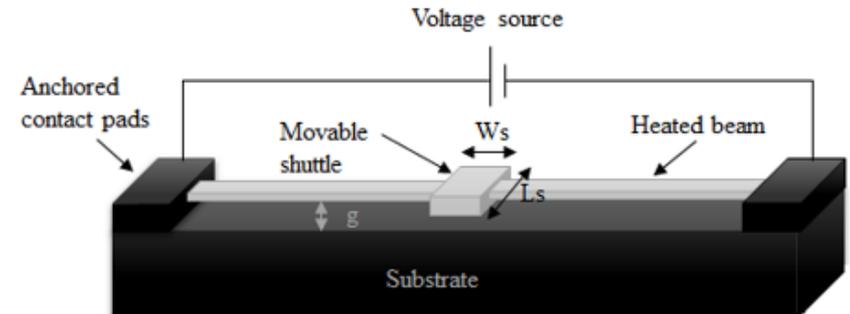
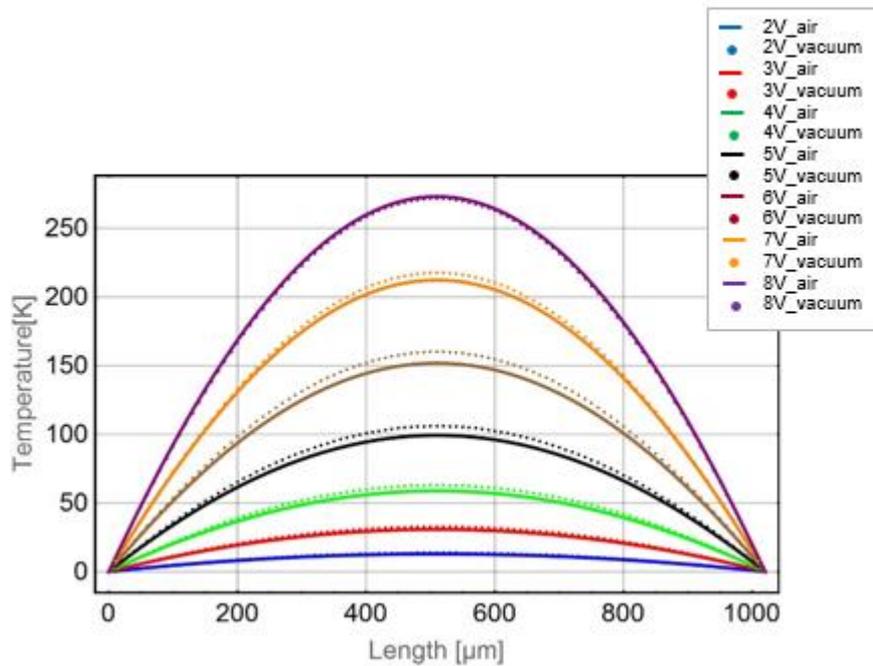
- Steg bewegt sich um d einer thermisch induzierten Dehnung der Balken um Δl

$$d = \sqrt{l^2 + 2 \cdot l \cdot \Delta l - l^2 \cdot \cos^2(\alpha)} - l \cdot \sin(\alpha)$$

M.J. Sinclair: „A High Force Low Area MEMS Thermal Actuator“, Inter Society Conference on Thermal Phenomena, 2000

Modellierung

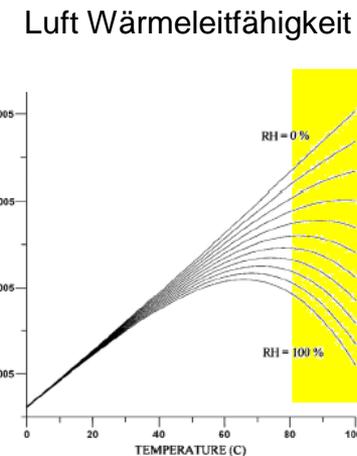
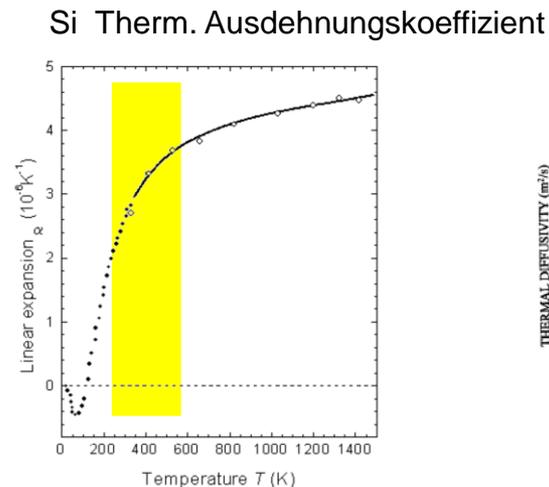
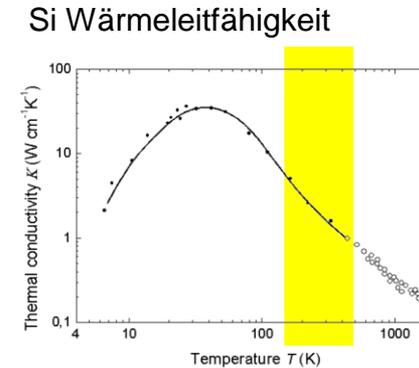
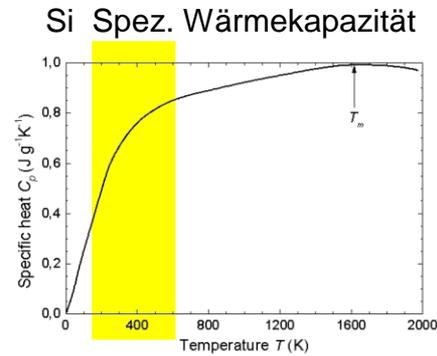
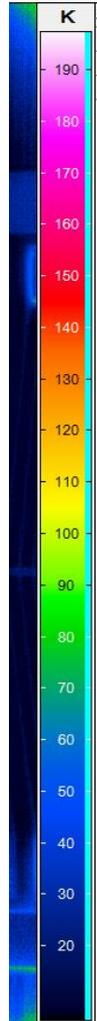
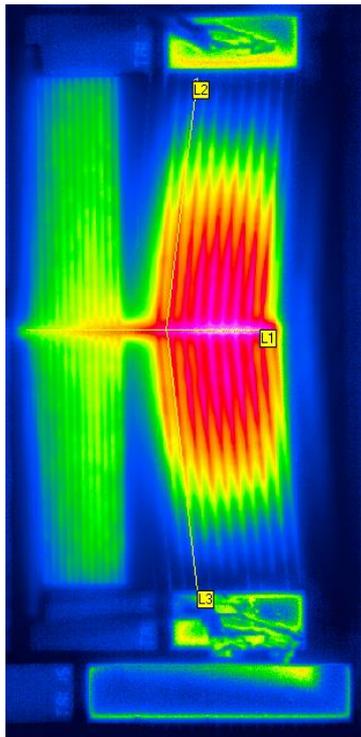
- Validierung der Materialparameter und Wärmeaustragskoeffizienten im Experiment am einzelnen Aktor



$$c_s \rho \frac{\partial u}{\partial t} (x, t) = k \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} (x, t) + \frac{P(x, u(t, x))}{Volume} - \frac{P_{out}(x, u(t, x))}{Volume}$$

Modellierung

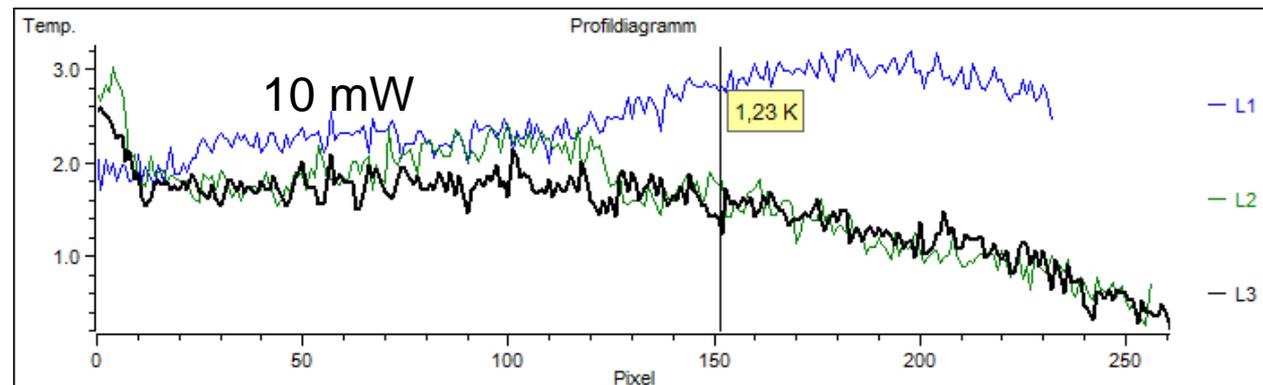
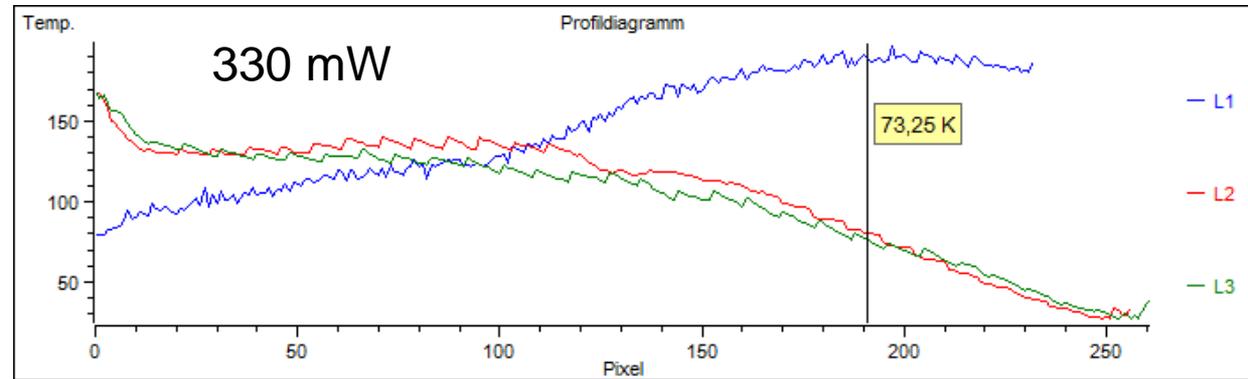
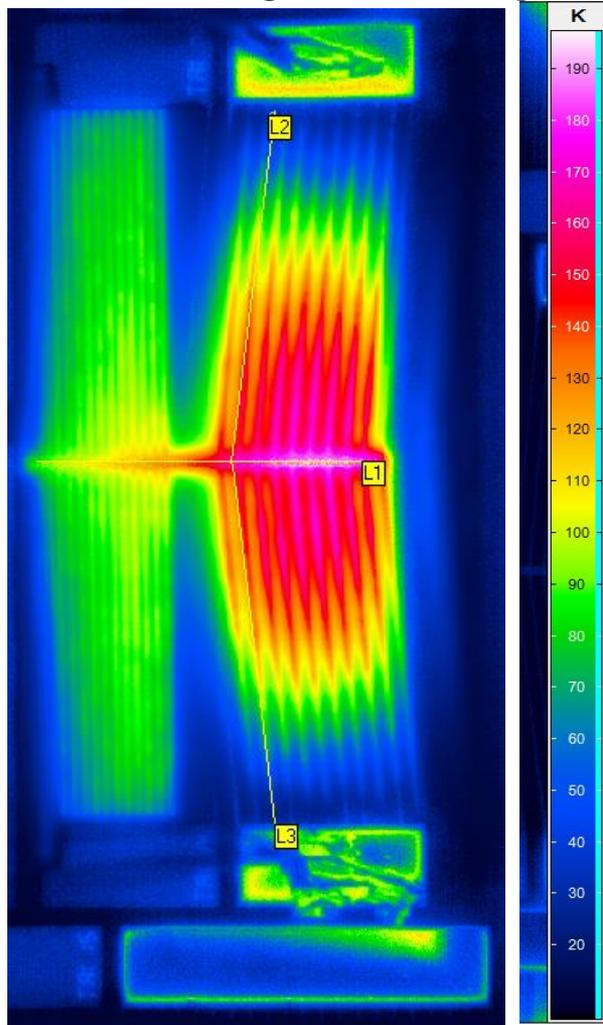
- Materialparameter variieren sehr stark im Temperaturbereich der thermischen Aktoren



[P.T. Tsilingiris / Energy Conversion and Management 49 (2008) 1098–1110 1105]

Modellierung

- Messungen mit Image IR an Luft und in Vakuumkammer

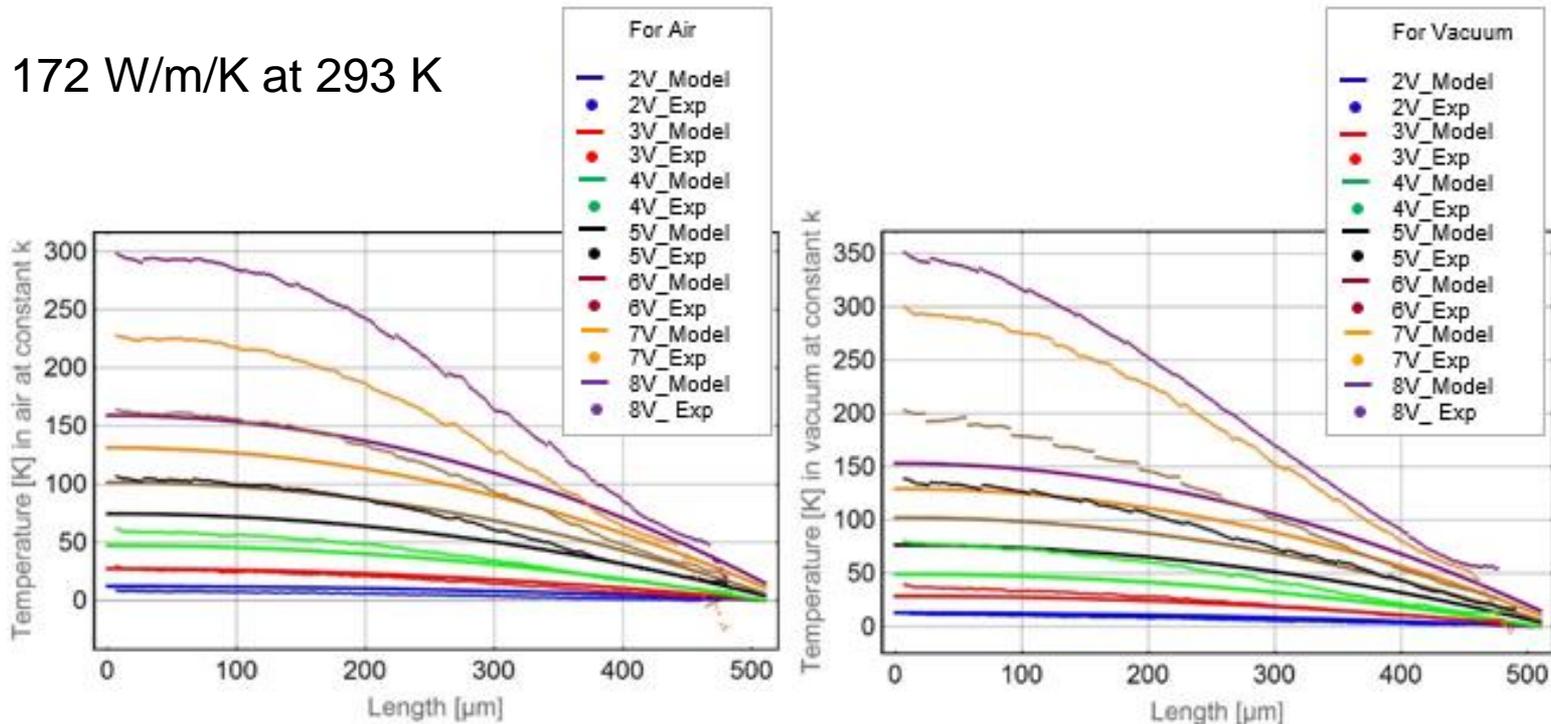




Modellierung

- Validierung der Materialparameter und Wärmeaustragskoeffizienten im Experiment am einzelnen Aktor

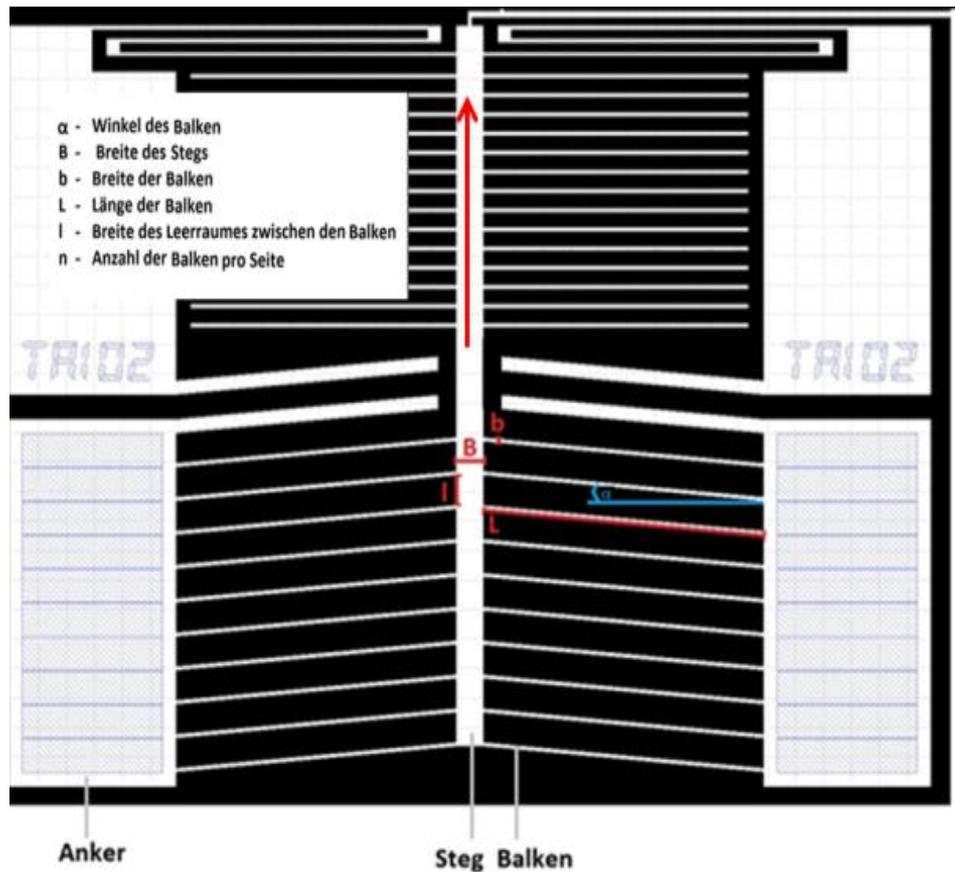
172 W/m/K at 293 K



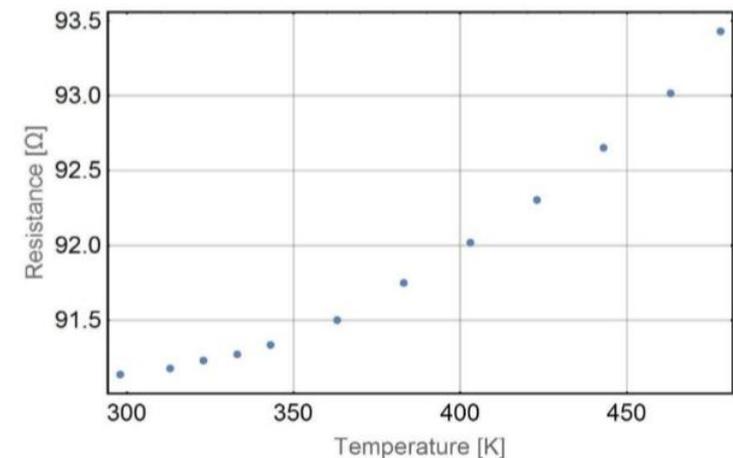
$$c_s \rho \frac{\partial u}{\partial t} (x, t) = k \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} (x, t) + \frac{P(x, u(t, x))}{Volume} - \frac{P_{out}(x, u(t, x))}{Volume}$$

Modellierung

- Ermittlung der Materialparameter und Wärmeaustragskoeffizienten im Experiment am einzelnen Aktor

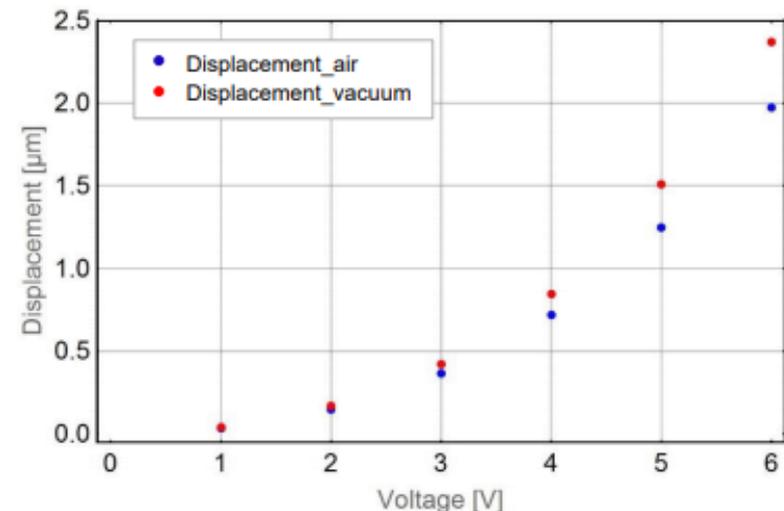
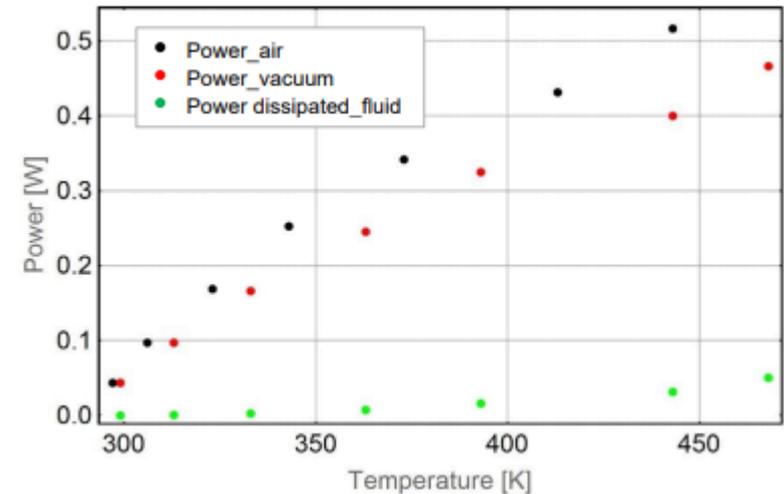
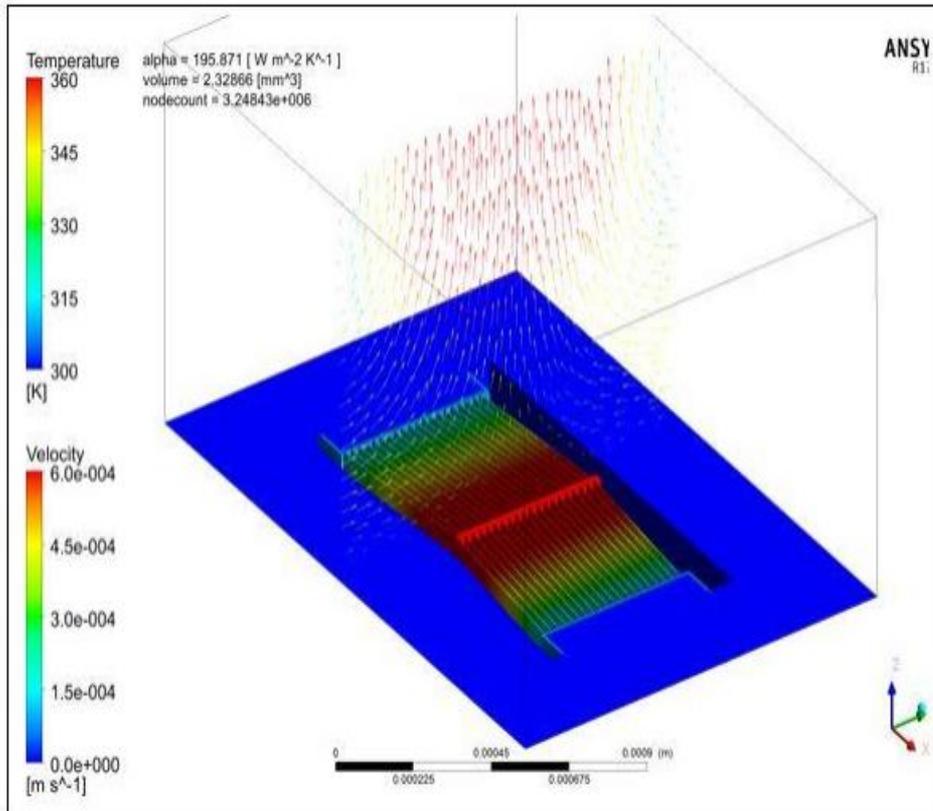


Parameter	Varianten
Balkenlänge L	200; 500 μm
Balkenpaaranzahl n	5; 10; 20
Balkenbreite b	3; 5; 10 μm
Winkel	2; 5°



Modellierung

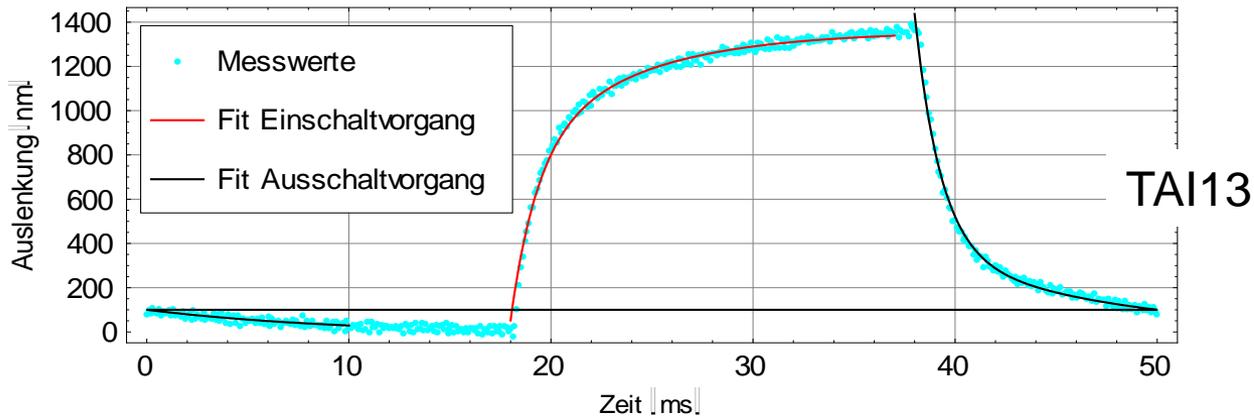
- Validierung der Materialparameter und Wärmeaustragskoeffizienten im Experiment am einzelnen Aktor





Ergebnisse

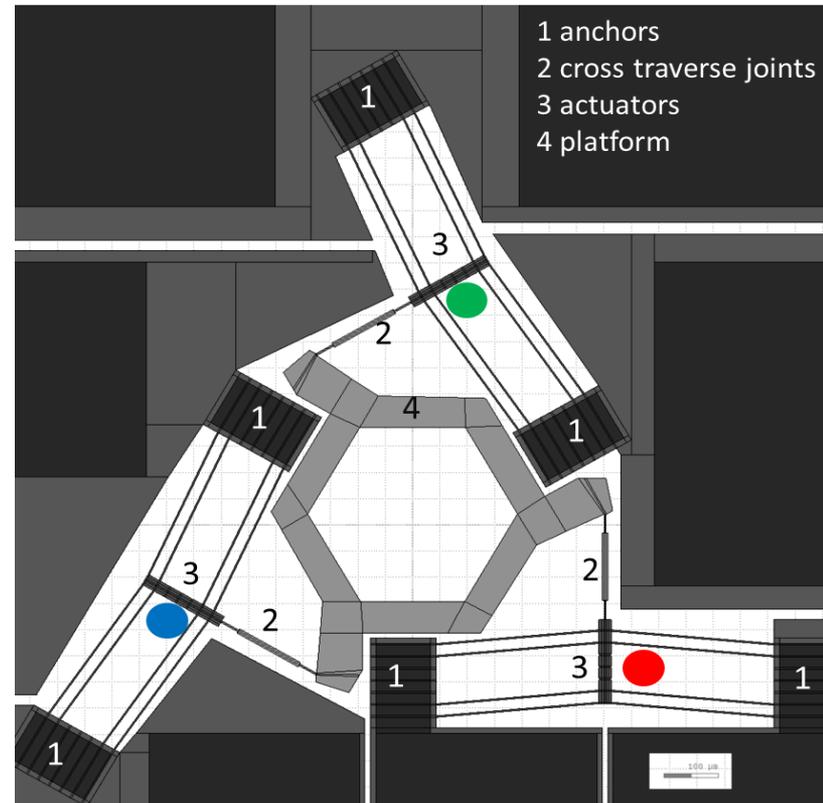
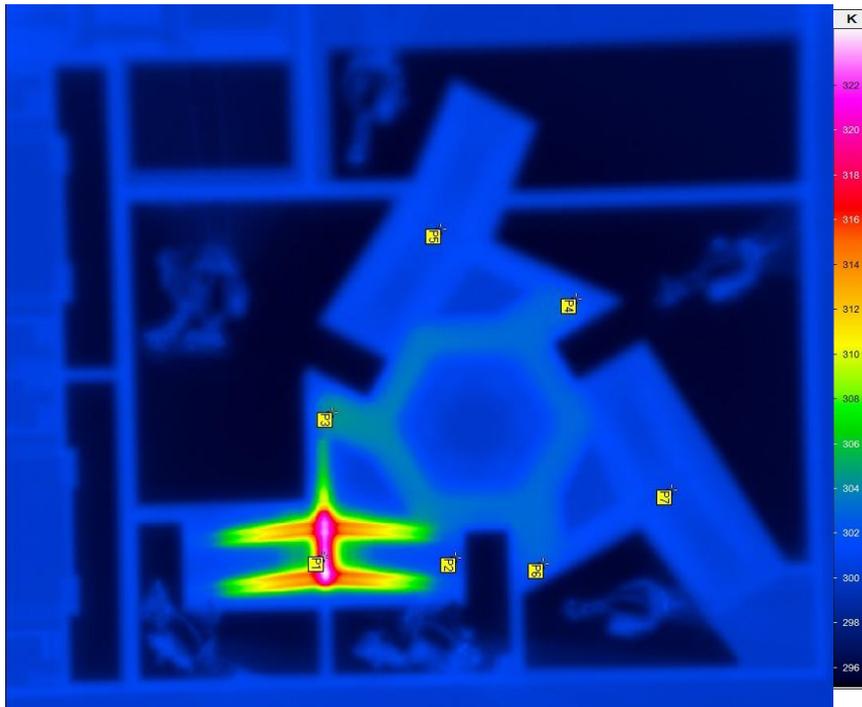
- Zeitverhalten der Aktoren



Ein- und
Ausschaltzeiten im
<10ms Bereich

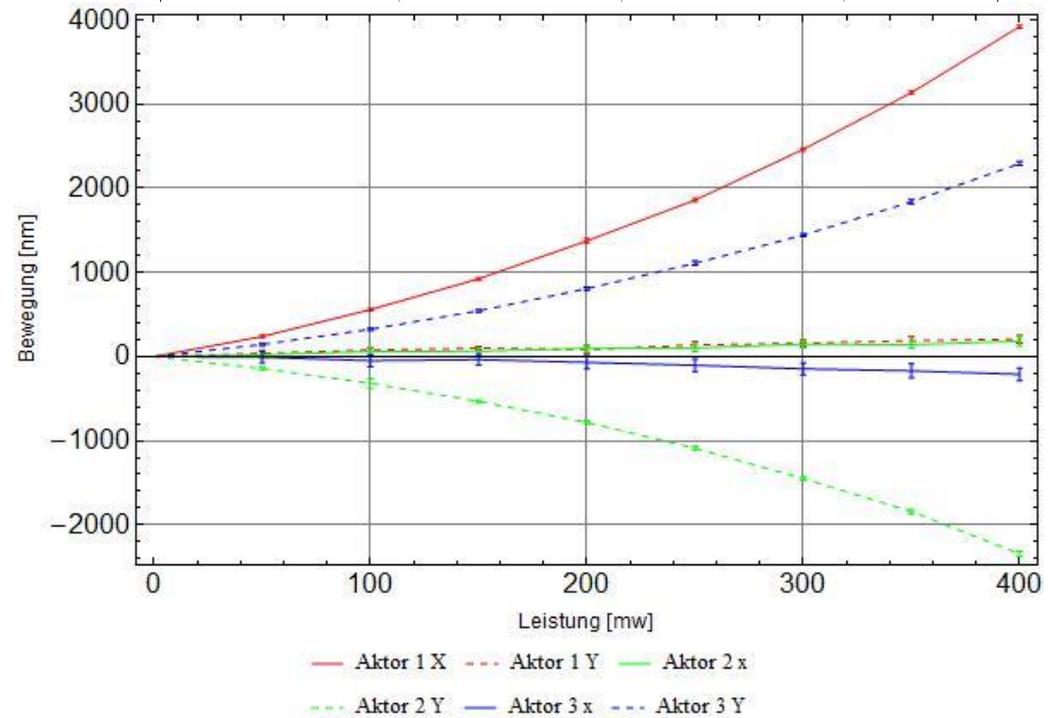
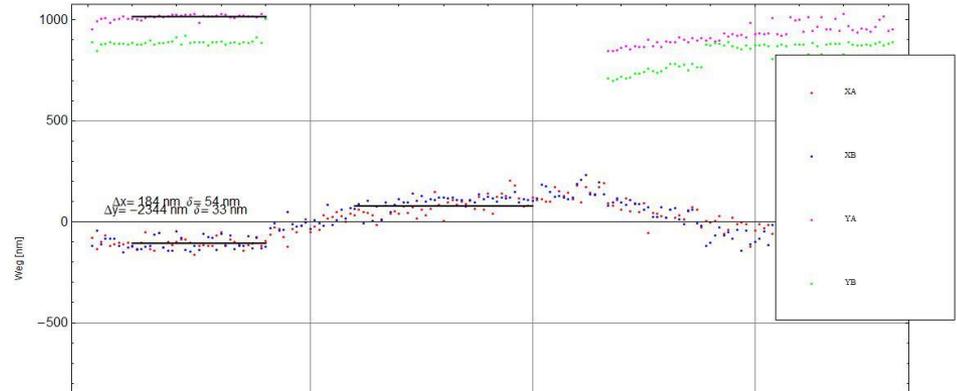
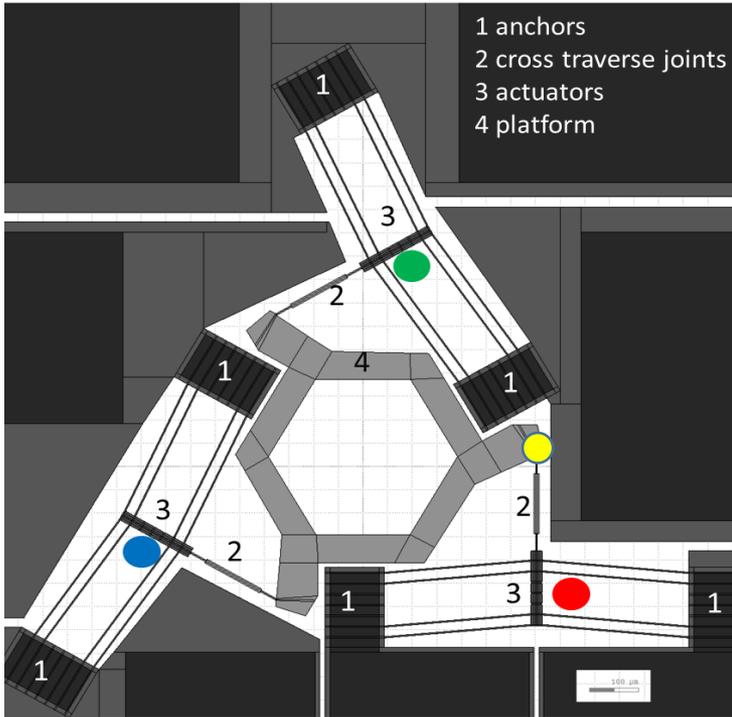
Bezeichnung	n	L [μm]	b [μm]	Einschaltzeit [ms]	Ausschaltzeit [ms]
TAI02	10	200	3	8,3	4,8
TAI03	20	200	3	4,6	3,2
TAI05	10	200	5	2,7	3,4
TAI06	20	200	5	5,7	13,5
TAI07	5	200	10	3,1	1,6
TAI08	10	200	10	3,6	4,2
TAI09	20	200	10	2,5	7,0
TAI11	10	500	3	4,2	10,4
TAI12	20	500	3	5,1	9,0
TAI13	5	500	5	8,0	5,0
TAI14	10	500	5	6,1	6,6
TAI15	20	500	5	6,6	8,4
TAI16	5	500	10	8,0	5,9
TAI17	10	500	10	9,4	8,1
TAI18	20	500	10	8,6	8,0

Ergebnisse



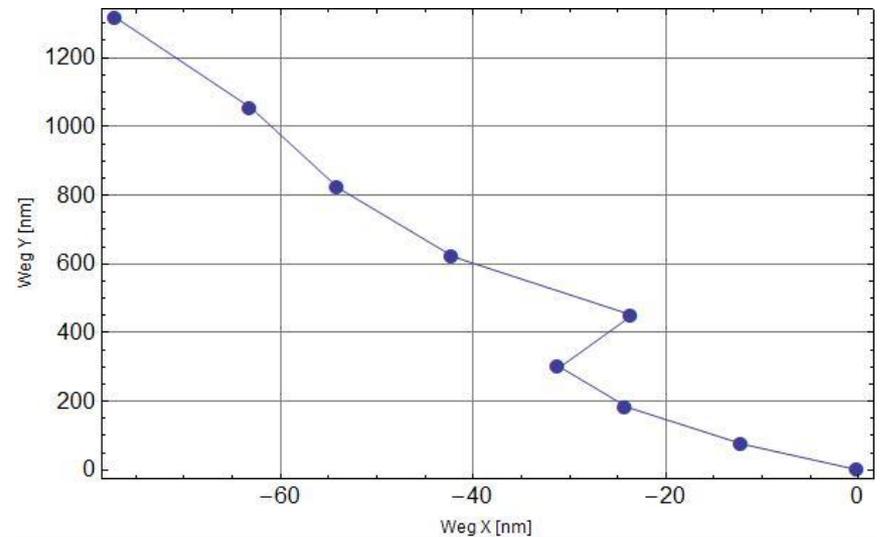
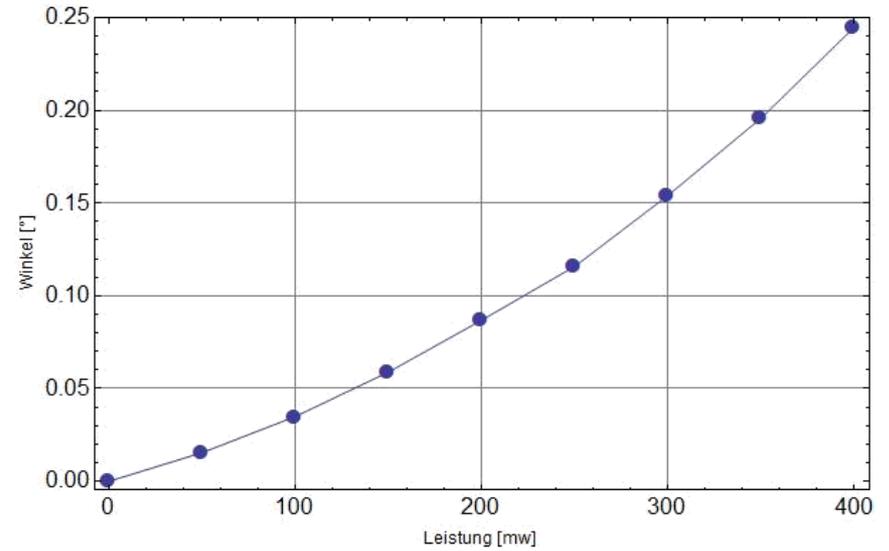
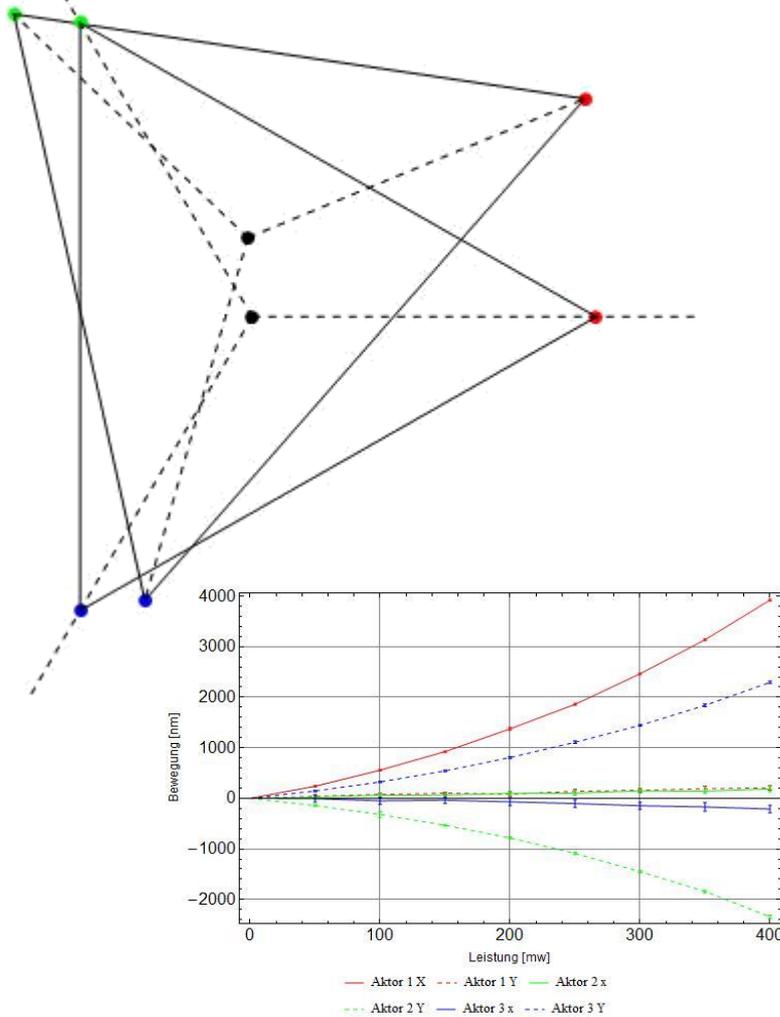


Ergebnisse

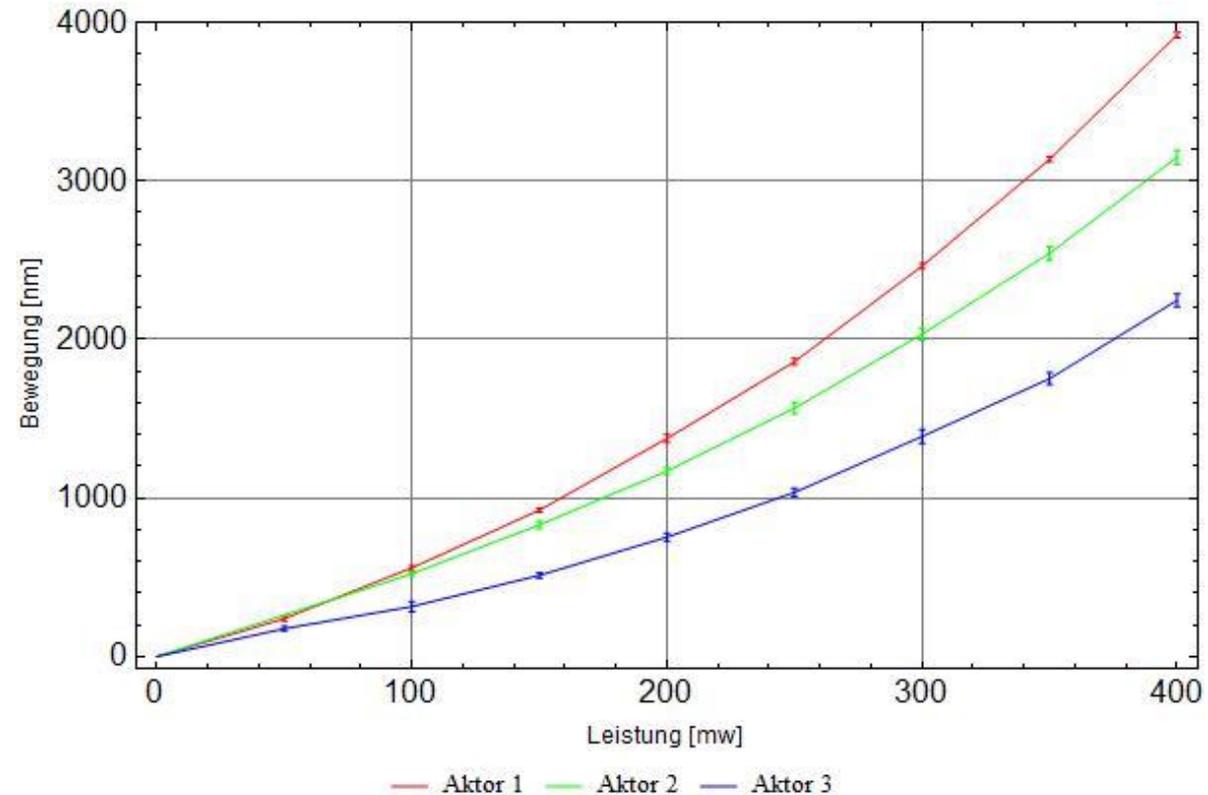
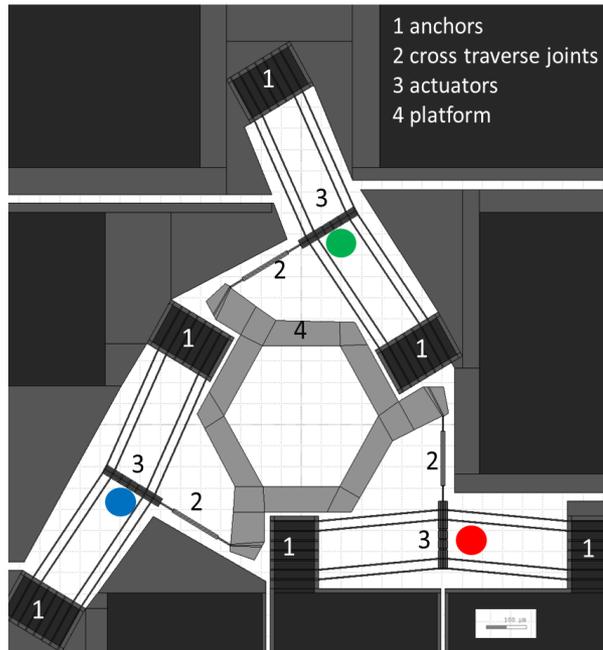




Ergebnisse



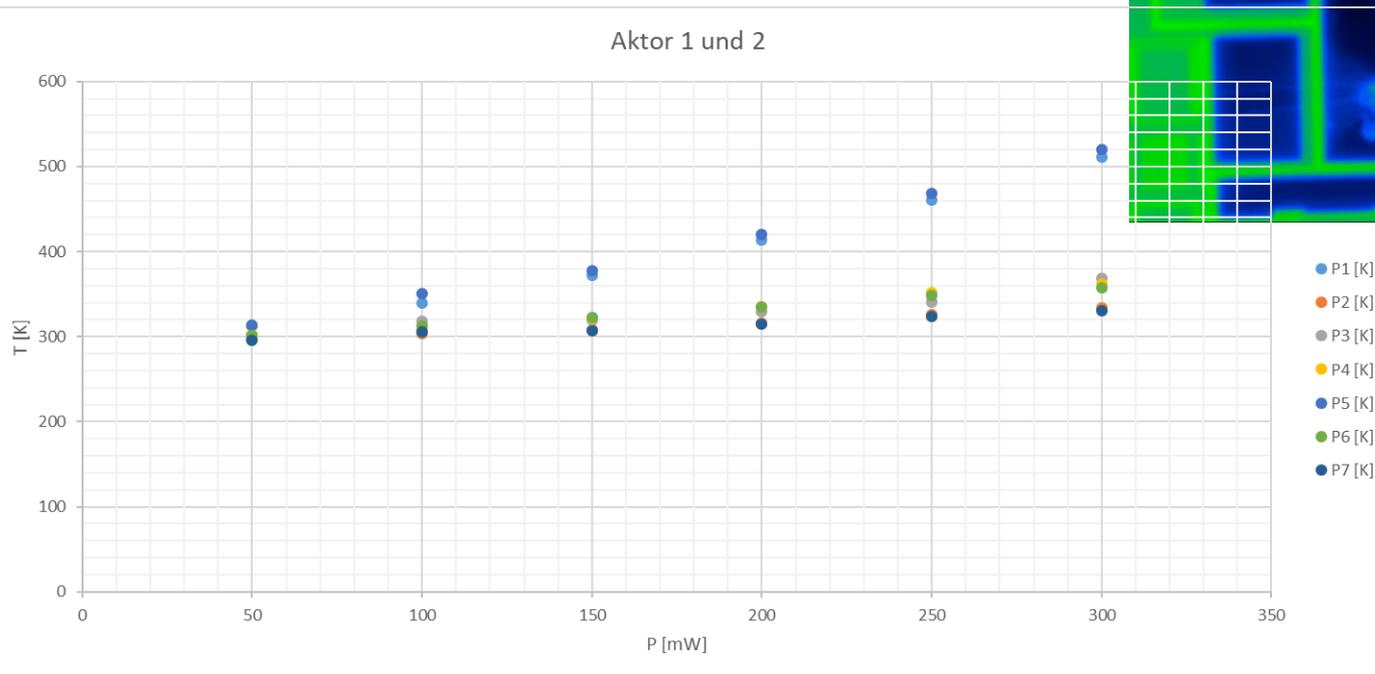
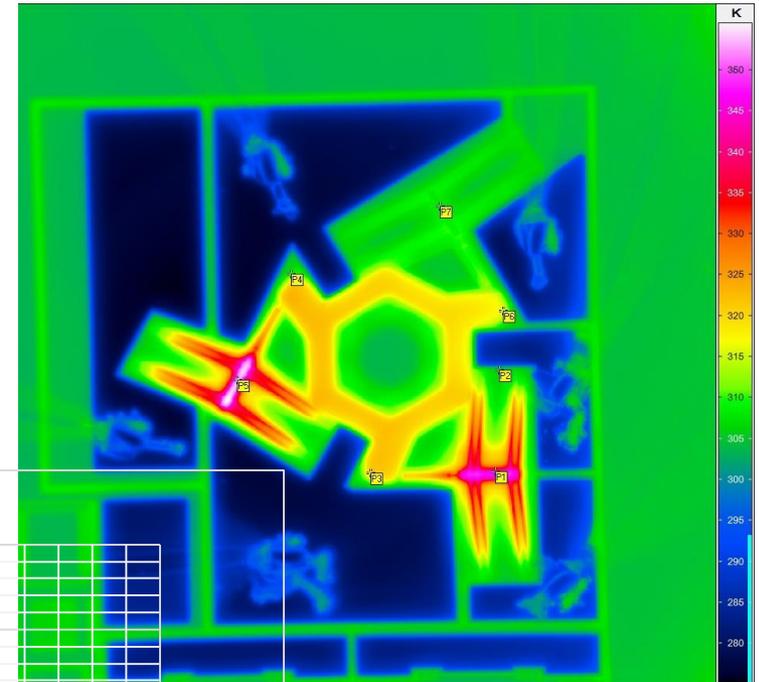
Ergebnisse



- Große Unterschiede in der Umsetzung von elektrischer Leistung in Weg
- Zum Ausgleich sind unterschiedliche Leistungen nötig. Das schafft Ungleichgewichte!

Ergebnisse

- Erwärmung durch Wärmeleitung sorgt für Fremdaktuation und thermische Dehnung





Zusammenfassung

- Erster 3DOF Aktor mit thermischen Aktoren entworfen, gefertigt und getestet
- Materialparameter und Koeffizienten für Wärmeaustrag wurden für die verwendete Technologie an Einzelaktoren erarbeitet
- 3DOF Aktor zeigt Fremdaktuation durch Wärmeleitung
- Mit vorhandenen Mustern sind Bewegungen bis $2\mu\text{m}$ und 0.3° möglich
- Analyse der Bewegung ist mit Messequipment und Software hochkomplex und fehlerbehaftet



Ausblick

- Redesign mit Hebelübersetzung und konstanter Leistungssumme zur Konstanthaltung der absoluten Position wird angestrebt
- Redesign mit Radiatoren um thermischen Crosstalk zu minimieren
- Geeignete Messmethode für ganzheitliche Bewegungserfassung wird gesucht. Kooperation willkommen
- Ansteuerschaltung muss auf Grundlage dieser Messungen erarbeitet werden
- Kooperation mit Bereich Nano-Charakterisierung / RF / Optik gesucht



Danke

- Für Ihre Aufmerksamkeit
- An die Organisatoren für die Einladung zur Tagung
- Herrn Markus Freitag, Frau Varsha Krishan, Frau Sarah Schmidt, Frau Karla Hiller und Frau Susan Hahn für die Beiträge zur Entwicklung

