

## UNSICHERHEITSBEITRÄGE DER KRAFTEINLEITUNG BEI DER KALIBRIERUNG DER FEDERKONSTANTEN VON AFM CANTILEVERN

*Oliver Dannberg, Michael Kühnel, Thomas Fröhlich*  
Institute of Process Measurement and Sensor Technology, TU Ilmenau

### ABSTRACT

Bei der Kalibrierung der Federsteifigkeit von AFM Cantilevern liefert deren Fehlausrichtung bezüglich des Kalibriersystems einen signifikanten Beitrag zur Messunsicherheit. In dieser Veröffentlichung werden diese Messunsicherheitsbeiträge auf Basis von analytischen und numerischen Modellen beschrieben sowie mit geeigneten Messungen überprüft. Das Ziel ist die Reduzierung der Messunsicherheit der Federsteifigkeit.

### 1. EINLEITUNG

Die Kalibrierung der Federsteifigkeit von AFM Cantilevern sowie Mikrokräftensensoren mittels Messung ihrer Auslenkung in Abhängigkeit einer eingeleiteten Kraft gewinnt seit einigen Jahren zunehmend an Bedeutung. Dies wird durch vielfältige Arbeiten der metrologischen Staatinstitute, wie der PTB, dem NIST, dem NPL und dem KRISS verdeutlicht. Die Kalibrierkräfte liegen dabei bei wenigen (Sub-) Mikronewton. Nur mit dieser Kalibriermethode können aktuell Messunsicherheiten der Federsteifigkeit von  $< 4 \%$  erreicht werden [1-5].

Auch an der TU Ilmenau wurde ein Positionier- und Kraftmesssystem entwickelt, welches die rückführbare Kalibrierung der Federkonstanten (Kraft-Weg-Kennlinie) von Mikrokräftensensoren, Tastern oder AFM Cantilevern auf Basis einer Kraft und einer Wegmessung erlaubt [6]. Durch die interferometrische Auslenkungsmessung der Cantilever, werden mit der Messeinrichtung Messunsicherheiten von  $< 2 \%$  ( $k = 2$ ) erreicht [7, 8].

In den genannten Publikationen wird die Ausrichtung des Cantilevers bzgl. der Kalibrierkraft bzw. des Krafteinleitungssystems als ein wesentlicher Beitrag zur Messunsicherheit aufgeführt [4, 5, 7]. Hier wird auf Basis von einfachen Abschätzungen davon ausgegangen, dass die Fehlausrichtung zu reibungsbedingten Lateralkräften führt, die zusätzliche Verformungen des Cantilevers und damit Messunsicherheitsbeiträge von bis zu  $2 \%$  ( $k = 2$ ) bedingen.

In dieser Veröffentlichung werden die Beiträge der Fehlausrichtung der Cantilever auf Basis von analytischen und numerischen Modellen beschrieben sowie mit geeigneten Messungen überprüft. Das Ziel ist die Reduzierung der Messunsicherheit der Federsteifigkeit.

### LITERATUR

- [1] L. Doering, E. Peiner, M. Balke, U. Brand, Calibration of low-force stylus probes, in: Proceedings of XVIII IMEKO World Congress, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
- [2] J. Pratt et al., Progress toward Systeme International d'Unite's traceable force metrology for nanomechanics, J. Mater. Res., Vol. 19, No. 1, Jan 2004

- [3] J. Pratt, J. Kramar, D. Newell, D. Smith, Review of SI traceable force metrology for instrumented indentation and atomic force microscopy, *Meas. Sci. Technol.* 16 (11) (2005) 2129–2137.
- [4] M.-S. Kim, J.-H. Choi, J.-H. Kim, Y.-K. Park, Si-traceable determination of spring constants of various atomic force microscope cantilevers with a small uncertainty of 1%, *Meas. Sci. Technol.* 18 (2007) 3351– 3358.
- [5] M.-S. Kim, J. Pratt, U. Brand, C. Jones, Report on the first international comparison of small force facilities: a pilot study at the micronewton level, *Metrologia* 49 (2012) 70–81.
- [6] C. Diethold, F. Hilbrunner, T. Fröhlich, M. Kühnel and E. Manske, Determination of force to displacement curves using nanopositioning system based on electromagnetic force compensated balances, *Measurement* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2014.02.034>
- [7] C. Diethold, M. Kühnel, Tzvetan Ivanov, Ivo W. Rangelow and T. Fröhlich, Determination of AFM-Cantilever spring constants using the TU Ilmenau force displacement measurement device Proceedings of the XXI Imeko world Congress, S.175-180, (2015)
- [8] Kühnel, M., Fröhlich, T., Popadic, R. & Brand, U. National comparison of spring constant measurements of atomic force microscope cantilevers. in Submitted to 23rd IMEKO Int. Conf. (2017).

## CONTACTS

Oliver Dannberg  
Dr.-Ing. Michael Kühnel  
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Fröhlich

[oliver.dannberg@tu-ilmenau.de](mailto:oliver.dannberg@tu-ilmenau.de)  
[michael.kuehnel@tu-ilmenau.de](mailto:michael.kuehnel@tu-ilmenau.de)  
[thomas.froehlich@tu-ilmenau.de](mailto:thomas.froehlich@tu-ilmenau.de)