

## Tätigkeitsbericht GKGM 2015-2018

In den drei ordentlichen Sitzungen (Berichtszeitraum bis 16.10.2018) und einer außerordentlichen Sitzung wurden neben Administrativem die unten näher beschriebenen Aktivitäten diskutiert, inhaltlich ausgestaltet und umgesetzt. Eine der Sitzungen wurde durch eine wissenschaftliche Tagung der GKGM begleitet, die durch externe Vortragende bereichert wurde.

Als Highlight der Berichtsperiode gilt die Entwicklung einer der weltweit hochrangigsten kinematischen Linearmessbahnen am Standort Karlsruhe (GIK), die raumzeitliche Kalibrierungen von (triggerbaren) Messmitteln im  $\mu\text{s}$ - und  $\mu\text{m}$ -Bereich zulässt.

Im Bereich Laserscanning findet sich eine Arbeitsgruppe zusammen.

Zu bedauern ist der Tod des Gründungsmitgliedes prof. Dr.-Ing. Harald Schlemmer, der am 10.9.2017 im Alter von 74 Jahren verstarb.

### (a) Aktivitäten

#### Verleihung des GKGM-Preises 2015

- Ort: DVW-Seminar „Qualitätssicherung geodätischer Mess- und Auswerteverfahren“ in Hannover, 25.6.2016
- Preisträger: **Dr. -Ing. Thorsten Strübing**, Wissenschaftlicher Laborleiter an der Universität der Bundeswehr München
- Honoriert wurden seine Arbeiten auf dem Gebiet der Multisensorsystem - Kalibrierung.

#### Verleihung des GKGM-Preises 2018

- Ort: wird noch diskutiert
- Preisträger: **Dr. -Ing. Thomas Ulrich**, Postdoc am Geodätischen Institut des KIT, jetzt bei der Firma Bosch.
- Honoriert wurden seine Arbeiten auf dem Gebiet der raumzeitlichen Unsicherheitsbestimmung, wozu er einen Bayes-gestützten Auswerteansatz entwickelte und dessen Richtigkeit experimentell evaluierte. Dazu entwickelte er die weltweit genaueste Linearmessbahn für raumzeitliche Anwendungen, die als einzigartiger Kalibrierstandard anzusehen ist.

#### Vertretung in Gremien für Kalibrierfragen

- ISO TC 172 „Optics and Photonics“ SC 6:  
deutsche Delegierte: Dr. Pollinger und Prof. Neumann; österreichischer Delegierter: Prof. Lienhart
- DIN Normenausschuss „Geodäsie und Geodätische Instrumente“ AA „Geodätische Instrumente und Geräte“: Prof. Neumann (Vorsitz seit 2014) Prof. Hennes (Vertreterin), Dr. Pollinger, Prof. Staiger
- DIN Normenausschuss „Geodäsie und Geodätische Instrumente“ AA „Geodäsie“: Prof. Heunecke

- VDI/VDE Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik, Fachausschuss 3.34 „Large Volume Metrology“: Prof. Hennes
- DVW, AK 3, Erstellung von Merkblättern zur Qualitätssicherung von Messprozessen: Prof. Neumann

### **Mitwirkung an internationalen Forschungsaktivitäten**

- EMRP (European Metrology Research Program)
  - Standort PTB/Pollinger und Standort Geodätisches Institut Bonn/Kuhlmann: Surveying (Metrology for Long Distance Surveying)
  - Standort KIT/Hennes und Standort PTB/Pollinger: LUMINAR (Large volume Unified Metrology for Industry, Novel Applications & Research)
- Messungen durch Dr. J. Jokela des Finnish Geospatial Research Institute, FGI, bestätigten die Ergebnisse des Ringversuchs der GKGM. Die Vergleichsstrecke Neubiberg kann somit endgültig als rückgeführt angesehen werden.

### **Fachausstellung**

- die GKGM ist mit einem Poster auf der INTERGEO 2016 in Hamburg vertreten

## ***(b) Öffentliche GKGM-Tagungen und GKGM- Workshops***

Im Berichtszeitraum wurde keine öffentliche Tagung angeboten, da die Arbeitsergebnisse zu einer speziellen Thematik noch nicht ausreichend ausgereift erschienen. Eine Tagung zur Neufassung des Mess- und Eichgesetzes wurde angedacht, diese erübrigte sich jedoch durch die Ausgestaltung des Gesetzes.

## ***(c) Teilnahme von GKGM-Vertretern an Fachtagungen und Workshops, mit Themen, die aus der GKGM erwachsen sind***

### **DVW-Tag am KIT 15.1.2015**

- Vortrag
  - Hennes, M.: zu Kalibriereinrichtungen und -tätigkeiten im Rahmen der GKGM

### **Geodätische Woche, Stuttgart, 15.-17.09.2015,**

- Vortrag
  - Heinz, E.; Eling, C.; Klingbeil, L.; Kuhlmann, H. (Standort Bonn): Entwicklung, Kalibrierung und Evaluierung eines tragbaren und direkt georeferenzierten Laserscanning Systems für kinematische Anwendungen
  - Zimmermann, F., Eling, Ch., Kuhlmann, H. (Standort Bonn): Untersuchung des Einflusses von Antennennahfeldeffekten und Satellitenabschattungen auf die Genauigkeit GNSS-basierter Längenmessungen

### **EMPC, Manchester, 9.-11.11.2015**

- Vortrag
  - Ulrich, T. (Standort Karlsruhe): Detecting and Assessing Dynamic Path Deviations of Industrial Robots in Real-Time

### **3<sup>rd</sup> Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JISDM), Vienna, 30.3.-01.04.2016**

- Vortrag
  - Holst, C., Kuhlmann, H. (Standort Bonn): Challenges and Present Fields of Action at Laser Scanner based Deformation Analyses
  - Pollinger, F et al. (Standort PTB): JRP SIB60 "Metrology for Long Distance Surveying" - a concise survey on major project results

- Pollinger, F. et al. (Standort PTB): SI-Traceable High-Accuracy EDM Based on Multi-Wavelength Interferometry
- Tengen D. und Pollinger F. (Standort PTB): Data Digging at the PTB Baseline - Studies to Derive Better Correction Models for Geodetic Distance
- Zimmermann, F., Eling, Ch., Kuhlmann, H. (Standort Bonn): Investigations on the influence of antenna near-field effects and satellite obstructions on the uncertainty of GNSS-based distance measurements

**153. DVW Seminar: QS2016 - Qualitätssicherung geodätischer Mess- und Auswerteverfahren, Hannover, 23.-24.06.2016**

- Vortrag
  - Pollinger, F und Meiners-Hagen, K (Standort PTB): Rückführbare hochgenaue Längenmessung in der Ingenieurgeodäsie: Ergebnisse des europäischen Forschungsprojekts "Metrology for Long Distance Surveying"
  -

**5th International Conference on Machine Control & Guidance, 05.-06.10.2016, Vichy**

- Vortrag
  - Heinz, E.; Eling, C.; Wieland, M.; Klingbeil, L.; Kuhlmann, H. (Standort Bonn): Development of a Portable Mobile Laser Scanning System with Special Focus on the System Calibration and Evaluation

**Geodätische Woche, 11.-13.10.2016, Hamburg**

- Vortrag
  - Medić, T.; Holst, C.; Kuhlmann, H. (Standort Bonn): Improving Strategies for the Self-Calibration of Terrestrial Laser Scanners

**1st 3D Metrology Conference – 3DMC, Aachen, 22.-24.11.2016**

- Vortrag
  - Pollinger, F et al. (Standort PTB): Intrinsic refractivity compensation for high-accuracy distance metrology in manufacturing environments

**DGK-Doktorandenseminar, 26.04.2017, Graz**

- Vortrag
  - Heinz, E. (Standort Bonn): Development of a Test Field for the Calibration and Evaluation of Kinematic Multi Sensor Systems

**18. Internationaler Ingenieurvermessungskurs, 25.-29.04.2017, Graz**

- Vortrag
  - Heinz, E.; Eling, C.; Wieland, M.; Klingbeil, L.; Kuhlmann, H. (Standort Bonn): Analysis of Different Reference Plane Setups for the Calibration of a Mobile Laser Scanning System

**Geodätische Woche, 26.-28.09.2017, Berlin**

- Vortrag
  - Heinz, E; Klingbeil, L.; Kuhlmann, H. (Standort Bonn): Development of a Test Field for the Calibration and Evaluation of Kinematic Multi Sensor Systems
  - Medić, T.; Holst, C.; Kuhlmann, H. (Standort Bonn): Optimal Network Configuration for the Panoramic Scanner Calibration.

**2nd 3D Metrology Conference – 3DMC, Aachen, 10.-11.10.2017**

- Vortrag
  - Holst, C. (Standort Bonn): Radio Telescope Inspection by Terrestrial Laser Scanner, 2nd 3D Metrology Conference (3DMC), 10/11 October 2017, Aachen, Germany

### **DGK-ÖGK-SGK Dreiländertagung, Potsdam, 8.-10.11.2017**

- Vortrag
  - Wieser, A. (Standort Zürich): Kalibrier- und Prüfeinrichtungen für geodätische Sensoren im DACH-Raum

### **DGK-Doktorandenseminar, 10.-11.09.2018, Berlin**

- Vortrag
  - Medić, T. (Standort Bonn): Calibration of terrestrial laser scanners.

### **Geodätische Woche, 16.-18.10.2018, Frankfurt**

- Vortrag
  - Holst, C. (Standort Bonn): Unsicherheitsabschätzung terrestrischer Laserscans – herausfordernd für Wissenschaft und Praxis
  - Schmitz, B., Holst, C. Kuhlmann, H. (Standort Bonn): Untersuchung des Auflösungsvermögens terrestrischer Laserscanner und seiner Auswirkung auf das stochastische Modell der Punktwolke

## ***(d) Wissenschaftliche interne Tagungen mit externen Vortragenden***

### **15.4.2015, KIT Karlsruhe**

- Schwerpunkte: Laserscanning
- Programm
  - Themenblock reflektorlose Distanzmessung
    - Dipl.-Ing. Miriam Zamecnikova PhD. (Forschungsgruppe Ingenieurgeodäsie, TU Wien, Gast): „Distanzuntersuchungen bei TLS“
    - Herr Dipl.-Ing. Wolfgang Hardegen (Leica, Heerbrugg, Gast ): „Zum Stand der Entwicklung eines Standards zur Genauigkeitsprüfung von reflektorlosen Distanzmessern im Feld“
    - Prof. Dr. Andreas Wieser (IGP, ETHZ): „Aktivitäten zur Laserscannerkalibrierung am IGP“
    - Dr.-Ing. Manfred Juretzko (GIK, KIT, Gast): „Vorschlag zur Feldprüfung der Kollimationsqualität und der Kanteneigenschaften“
    - Dr.-Ing. Thomas Vögtle (IPF, KIT, Gast) „Artefakte bei TLS“
    - Diskussion Themenblock reflektorlose Distanzmessung
  - Themenblock Eigenschaften Nahbereichsscanner
    - Dipl.-Ing. Christoph Naab (GIK, KIT, Gast) „Zum Auflösungsvermögen von Nahbereichsscannern“
    - Diskussion Themenblock Eigenschaften Nahbereichsscanner
  - Themenblock Prüfung und Kalibrierung TLS
    - Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann „Aktuelle Regelwerke der Laserscannerprüfung“
    - M. Sc. Christoph Holst (GIUB, Gast) zur Thematik „Aktuelle Entwicklungen zur Kalibrierung terrestrischer Laserscanner“
    - Aktivitäten zur Scannerkalibrierung an der TUM“
  - Diskussion Themenblock Prüfung und Kalibrierung TLS
  - Abschlussdiskussion Quo vadis?

## ***(e) Aktivitäten mit praktischer Auswirkung auf Kalibriertätigkeiten in der Öffentlichkeit***

### **Funktionsfähigkeitsnachweis für Instrumente im hoheitlichen Einsatz**

- Standort Bochum: beschäftigt sich mit der Ausgestaltung von Prüffeldern, die von GNSS- und Tachymeter-Anwendern genutzt werden können
- Standort München: führend bei der Kalibrierung von Nivellierausrüstungen; zusammen mit verschiedenen Standorten der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) wurde das Kalibrierverfahren für Nivellierlatten auch auf invers frei hängende Anbringung erweitert.
- Standort PTB/Braunschweig: Untersuchungen zur Verwendung photogrammetrischer Verfahren im Bereich des gesetzlichen Messwesens

### **EDM-Kalibrierung**

- Standort UniBW/München: Die Pfeilerstrecke in Neubiberg (UniBw München) steht auf Anfrage von Büros und Behörden für die Bestimmung von Nullpunkt- und Maßstabskorrektur elektro-optischer Distanzmesser zur Verfügung

### **Kalibrierung von Vermessungskreiseln**

- Standort UniBW/München: Für die Pfeilerstrecke in Neubiberg sind auch die Azimute bekannt, so dass die Bestimmung der Eichwerte von Vermessungskreiseln gegeben ist. Darüber hinaus besteht mit der Klimakammer des Instituts für Geodäsie die Möglichkeit zur Temperaturkalibrierung von Vermessungskreiseln

### **Antennenkalibrierung**

- Standort Bonn: Es steht eine Antennenkalibrieranlage zur Ermittlung der Exemplarstreuung von GNSS-Antennen für externe Anwender zur Verfügung

### **Reflektorkalibrierung und Untersuchung von Zielmarkierungen**

- Standort Karlsruhe: Es steht ein Verfahren zur Ermittlung der Exemplarstreuung von Kugelreflektoren für externe Anwender zur Verfügung
- Standorte München, Karlsruhe, Bonn: Es stehen Verfahren zur Verfügung, mit denen die Wirkung unterschiedlicher Einsatzbedingungen (z.B. Auftreffwinkel) bei reflektorloser Distanzmessung spezifiziert werden kann.

### **ATR-Kalibrierung**

- Standort Zürich: Es steht ein Verfahren zur Ermittlung der Beeinträchtigung von ATR-Messungen durch Schutzgehäuse zur Verfügung
- Standort Karlsruhe: Es steht ein Verfahren zur Ermittlung der Wechselwirkung zwischen ATR und Reflektortyp zur Verfügung
- Standort München: Besitzt Kompetenz in der Kamerakalibrierung von ATR-Systemen

### **Kalibrierung faseroptischer Sensoren**

- Standort Graz: Am Verfahren zur Kalibrierung faseroptischer Sensoren wurde weiter gearbeitet.

### **Optimierte Parameterbestimmung von Industrierobotern**

- Standort München: Es steht ein Verfahren zur optimierten Ermittlung der Bahnabweichungen von Industrierobotern zur Verfügung

### **Kinematische Kalibrierung und Multisensorsystem (MMS)-Untersuchung**

- Standort Karlsruhe: Am GIK wurde eine der weltweit hochrangigsten kinematischen Linearmessbahnen entwickelt, die raumzeitliche Kalibrierungen von (triggerbaren) Messmitteln im  $\mu\text{s}$ - und  $\mu\text{m}$ -Bereich zulässt.
- Standort Bonn: Es steht eine schienengebundene Referenzstrecke zur Ermittlung von multisensorisch bestimmten Bahnabweichungen sowie eine Prüfkongfiguration zur Ermittlung der Messabweichungen von MMS-gestütztem Laserscanning zur Verfügung

### **Primäre Darstellung großer Längen mit geringen Unsicherheiten**

- Standort Braunschweig/PTB: mittels Pikometerinterferometrie können Sub-mm-Streckennormale bis zu einem Kilometer Reichweite realisiert werden
- Standort Braunschweig/PTB: Rückführung von großen Koordinatenmessgeräten mit Hilfe Brechzahl-kompensierender Interferometrie

### **Prüfung terrestrischer Laserscanner**

- Standort Bonn: Es steht ein Prüffeld für terrestrische Laserscanner zur Verfügung, das untersucht, ob relevante systematische Achsabweichungen vorliegen

### **Kalibrierung terrestrischer Laserscanner**

- Standort Bonn: Es wird ein Kalibrierfeld für terrestrische Laserscanner entwickelt, das die genaue und zuverlässige Schätzung relevanter interner Achsabweichungen, Offsets und Exzentrizitäten zulässt

### **Auflösungsprüfkörper für terrestrische Laserscanner**

- Standort Bonn: Es steht ein Auflösungsprüfkörper in Anlehnung an den Böhler-Stern zur Verfügung, der die Bestimmung des Auflösungsvermögens terrestrischer Laserscanner bis zu einem Entfernungsbereich von mehr als 100 m zulässt

### **Kalibrierung von Koordinatenmessarmen**

- Standort Bonn: Es steht ein Algorithmus, eine Vorgehensweise und ein Längennormal zur Kalibrierung von Koordinatenmessarmen zur Verfügung

### **Präzisionsbestimmung der reflektorlosen Distanzmessung**

- Standort Bonn: Es steht ein Zenit Lite Diffuse Target mit fünf verschiedenen Farben und jeweils zertifizierten Reflexionseigenschaften zur Verfügung, das zur Ermittlung der Präzision der reflektorlosen Distanzmessung verwendet werden kann

## **(f) Publikationen**

Mit folgenden Publikationen wurden die Arbeitsergebnisse der GKGM-Mitglieder der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

### **2018**

HENNES, M. [2018]: Das Mess- und Kalibrierlabor des Geodätischen Instituts im Kontext aktueller Herausforderungen. Geodätisches Institut des Instituts für Technologie (KIT) Karlsruhe: 1868 - 2018. KIT-Verlag. In Druck.

### **2017**

HEUNECKE, O., LIEBL, W. [2017]: Accuracy and reliability of gyro measurements at today's tunneling projects. Journal of Applied Geodesy. Online 13.11.2017, DOI: <https://doi.org/10.1515/jag-2017-0035> (reviewed paper).

HEUNECKE, O., LIEBL, W. [2017]: Empirische Betrachtungen zur Genauigkeit von Kreiselazimuten mit DMT Gyromat 2000 & DMT Gyromat 5000. avn, Heft 8/9, S. 256-262 (begutachteter Beitrag).

SCHWARZ, W., HENNES, M. [2017]: Qualitätsbewertungen in der Ingenieurgeodäsie. 32 S. in: Ed. R. Rummel, W. Freeden, Handbuch der Geodäsie, Springer Verlag. In Druck. [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-662-46900-2\\_31-1](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-662-46900-2_31-1).

STRÜBING, T. [2017]: Auswertetechniken von Lasertriangulationssensoren am Beispiel des Gleisvermessungssystems RACER II. avn, Heft 4, S. 92-99 (begutachteter Beitrag).

ASTRUA, M.; BAUCH, A.; EUSEBIO, L.; FORELL, T.; HOMANN, C.; JOKELA, KALLIO, U.; KOIVULA, H.; KUHLMANN, H.; et al. [2017]: Metrologie für die Entfernungsmessung mit GNSS und EDM/Metrology for long distance surveying with GNSS and EDM. DVW Merkblatt 09-2017

FRITZENSMEIER, K; EHRHORN, U.; GÖRRES, B.; HOLLMANN, R., MAYER, M.; POLLINGER, F. [2017]: Zum Status einer DIN-Norm zu GNSS Feldprüfverfahren. In: GNSS 2017 – Kompetenz für die Zukunft; Schriftenreihe des DVW 87, S. 57-59

POLLINGER, F. et al. [2017]: JRP SIB60 Surveying Final Publishable JRP Report, EURAMET

MEINERS-HAGEN, K.; MEYER, T.; MILDNER, J.; POLLINGER, F. [2017]: SI-traceable absolute distance measurement over more than 800 meters with sub-nanometer interferometry by two-color inline refractivity compensation. Applied Physics Letters 111, 191194

## 2016

HOLST, C.; NEUNER, H.; WIESER, A.; WUNDERLICH, T.; KUHLMANN, H. [2016]: Calibration of Terrestrial Laser Scanners. AVN, Heft 6, S. 147-157

LÖSLER, M.; BÄHR, H.; ULRICH, T. [2016]: Verfahren zur Transformation von Parametern und Unsicherheiten bei nicht-linearen Zusammenhängen  
In: Luhmann, T., Schumacher, C. (Hrsg.): Photogrammetrie - Laserscanning - Optische 3D-Mess-technik: Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2016. S.274-285

ULRICH, T. [2016]: Uncertainty Modelling of High-precision Trajectories for Industrial Real-time Measurement Applications. In: KITopen. DOI: 10.5445/IR/1000060440 Dissertation.

POLLINGER, F.; MILDNER, J.; KÖCHERT, P.; YANG, R. et al. [2016]: SI-Traceable High-Accuracy EDM based on Multi-Wavelength Interferometry  
Proceedings of the 3rd Joint International Symposium on Deformation Monitoring, Vienna, Austria, 30 March – 1 April 2016

MEINERS-HAGEN, K.; MEYER, T.; PRELLINGER et al. [2016]: Overcoming the refractivity limit in manufacturing environment. Opt. Express 24, 24092

POLLINGER, F.; BAUCH, A.; LEUTE, J.; MEINERS-HAGEN, K.; MILDNER, J.; GUILLORY, J.; WALLERAND, J.-P.; JOKELA, J.; KALLIO, U.; KOIVULA, H.; LAHTINEN, S.; POUTANEN, M.; ASTRUA, M.; FRANCESE, C.; ZUCCO, M.; EUSEBIO, L.; MARQUES, F.; PIRES, C.; SARAIVA, F.; PELLEGRINO, O.; TOMBERG, T.; HIETA, T.; FORDELL, T.; MERIMAA, M.; KUPKO, V.; NEYEZHMAKOV, P.; BERGSTRAND, S.; van den BERG, S. A.; KERSTEN, T.; KRAWINKEL, T.; SCHÖN, S.; HOMANN, C.; TENGGEN, D.; NIEMEIER, W.; GÖRRES, B.; ZIMMERMANN, F.; KUHLMANN, H. et al. [2016]: JRP SIB60 Metrology for Long Distance Surveying- a concise survey on major project results. Proceedings of the 3rd Joint International Symposium on Deformation Monitoring, Vienna, Austria, 30 March – 1 April 2016

POLLINGER, F.; BAUCH, A.; LEUTE, J.; et al. [2016]: JRP SIB60 Metrology for Long Distance Surveying- a concise survey on major project results. Proceedings of the 3rd Joint International Symposium on Deformation Monitoring, Vienna, Austria, 30 March - 1 April 2016

## 2015

BOSNJAKOVIC, A.; POLLINGER, F.; MEINERS-HAGEN, K. [2015]: Improving the traceability chain in geodetic length measurements by the new robust interferometer TeleYAG. Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology 19, 117

HEUNECKE, O. [2015]: Die neue Neubiberger Pfeilerstrecke, ZfV, Heft 6, S.357-364

MEINERS-HAGEN, K.; BOSNJAKOVIC, A.; KÖCHERT, P.; POLLINGER, F. [2015]: Air index compensated interferometer as a prospective novel primary standard for baseline calibrations. Measurement Science and Technology 26, 084002

MÖSER M., HEISTER H., STAIGER R. [2015]: Messunsicherheit, Instrumententests und Kalibrierung – ein 25-jähriger Rückblick auf Beiträge der avn. Allgemeine Vermessungsnachrichten (avn), Heft 1, S. 22-35, 2015

POLLINGER, F.; BAUCH, A.; MEINERS-HAGEN K.; ASTRUA, M.; ZUCCO, M.; BERGSTRAND, S.; GÖRRES, B.; KUHLMANN, H.; et al. [2015]: Metrology for Long Distance Surveying: A Joint Attempt to Improve Traceability of Long Distance Measurements. In: Rizos C., Willis P. (eds) IAG 150 Years. International Association of Geodesy Symposia, vol 143. Springer, Cham

ULRICH, T. [2015]: Uncertainty modelling of real-time observation of a moving object: photogrammetric measurements. Metrologia 52. S.201-213 (reviewed)

Karlsruhe, den 12.11.2018

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Hennes', written in a cursive style.

Prof. Dr.-Ing. Maria Hennes