



# 30 Jahre Laserinterferenzkomparatoren für Präzisionsnivellierlatten

Harald Schlemmer

Am 15. Januar 1974 verteidigte der Autor seine Dissertationsschrift „Laser-Interferenzkomparator zur Prüfung von Präzisionsnivellierlatten“ im Rahmen einer wissenschaftlichen Disputation vor der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Karlsruhe. In der Einleitung der Dissertationsschrift stand: *„Ziel der vorliegenden Arbeit war es, einen Komparator zu entwickeln, der es bei nicht zu großem Aufwand gestattet, den Abstand eines jeden Teilstriches der Lattenteilung vom Nullpunkt der Latte in Einheiten des gesetzlichen Meters zu bestimmen. Gleichzeitig sollte ein Auswerteverfahren entwickelt werden, das es ermöglicht, die Messungen des Komparators unmittelbar in einer Rechenanlage zu verarbeiten, um so ohne weiteren Arbeitsaufwand zum Ergebnis – die Verbesserung eines jeden Teilstriches der Lattenteilung – zu kommen.“*, Fortschritte in der Kalibrierungsgenauigkeit von geodätischen Längenmessgeräten waren damals mit der herkömmlichen Methode des Komparierens mit optischem Mikroskop und Sekundäretalons kaum mehr zu erreichen. Nur eine Verkürzung der Messkette der eingesetzten Etalons versprach eine Genauigkeitssteigerung. Mit der Entwicklung der Lasertechnik stand erstmals eine im höchsten Grade kohärente und monochromatische Lichtquelle zur Verfügung, die als direktes Sekundäretalon in der Metrologie benutzt werden konnte, zumal auf der 11. Generalkonferenz für Maße und Gewichte im Jahre 1960 die Meterdefinition in Lichtwellenlängen erfolgt war. Damit hielt – parallel zur Entwicklung auf dem geodätischen Sensormarkt – die Elektronik Einzug, auch in den Prüf- und Kalibrierlaboren in Form von automatisierten Messverfahren mit digitaler Datenerfassung.

Dieses Schwerpunktheft der AVN soll seiner Leserschaft einen Eindruck von der stürmischen Entwicklung der Mess- und Prüftechnik seit dieser

Zeit vermitteln und ihr gleichzeitig den aktuellen Stand der Technik sowie die daraus abgeleiteten Hinweise für die Praxis vermitteln [Beitrag STAIGER/WITTE]. Hier sind insbesondere die Systeme „Digitalnivellier“ angesprochen, die in der Praxis – sowohl beim Messen als auch beim Kalibrieren – noch einige Fragen aufwerfen [Beiträge INGENSAND und WOSCHITZ].

In den vergangenen 30 Jahren wurden in zahlreichen universitären Feinmesslaboren Laserinterferenzkomparatoren zur Kalibrierung geodätischer Messmittel entwickelt und aufgebaut [Beitrag SCHWARZ] sowie umfangreiche Erfahrungen mit der Kalibrierung von Präzisionsnivellierlatten gewonnen [Beitrag FOPPE/WASMEIER/WUNDERLICH]. Im Jahre 1980 gelang es, Präzisionsnivellierlatten erstmals mit einem der neuen Prüfung äquivalenten Verfahren herzustellen (Teilstrichlagegenauigkeit besser als 3  $\mu\text{m}$ ), was die Genauigkeitsanforderungen an die Prüflabore nochmals enorm steigerte. Diese hohen Genauigkeitsanforderungen waren schließlich der Anstoß zur nationalen und internationalen Zusammenarbeit der Labore. In der Gruppe „Runder Tisch Kalibrierung geodätischer Messmittel“ haben sich Prüflabore zum Gedanken- und Informationsaustausch zusammengeschlossen (Universität Bonn, Technische Universität Darmstadt, Universität Essen-Duisburg, Technische Universität Graz, Universität Karlsruhe, Technische Universität München, Universität der BW München, Bauhausuniversität Weimar, ETH Zürich). Die Zusammenarbeit der Gruppe führte schließlich zu gemeinsamen Ringversuchen, bei denen identische Nivellierlatten innerhalb eines kurzen Zeitintervalls (Woche) in den beteiligten Laboren kalibriert wurden [Beitrag HEISTER/SCHAUERTE]. Ringversuche sind in der Qualitätsüberwachung von großer Bedeutung und in anderen Fachgebieten (z.B. in der industriellen Messtechnik) weit verbreitet. Sie dienen dem objek-

tiven Nachweis der Leistungsfähigkeit von Prüflaboratorien, insbesondere helfen sie, systematische Resteffekte einzelner Prüfeinrichtungen aufzudecken. Diese Charakteristik ist insbesondere für die Kalibrierung geodätischer Messmittel von großer Bedeutung, da die amtlichen Prüfstellen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) sowie die damit verbundenen Prüfstellen des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD) keine speziellen Prüfeinrichtungen für geodätische Messmittel bereithalten und somit die bei jeder Kalibrierung (Eichung) nachzuweisende Rückführung auf amtliche Normale schwierig ist.

Mit der Einführung der digitalen Nivelliere wurde die herkömmliche Präzisionsnivellierlatte mit Strichteilung durch die Code-Latte ersetzt. Bei der Bestimmung des Höhenwertes der Ablesung wird nicht ein einzelner Strich, sondern mehrere Codeelemente zusammen verwendet. Damit bildet das Nivellierinstrument mit der Code-Latte ein „Messsystem“. Das klassische Verfahren der Lattenkalibrierung wird zwar auch bei Code-Latten angewendet, doch wird dabei nur die Lage einzelner Codeelemente bestimmt, nicht jedoch die bei einer digitalen Ablesung verwendete (variabel große) Gruppe von Codeelementen. Nur eine Kalibrierung unter Einbeziehung des digitalen Nivellierinstrumentes wird zu einer Lösung führen können [Beitrag HEISTER/WOSCHITZ/BRUNNER]. Diese „Systemkalibrierung“ kann repräsentative Kalibrierparameter für das Messsystem „digitales Präzisionsnivellier“ liefern und eine Rückführung der Messgröße „Länge“ auf die Meterdefinition ermöglichen.

Die umfangreichen, im Zusammenhang mit der Systemkalibrierung durchgeführten Messungen zeigen, dass es bei digitalen Nivelliersystemen durch die optisch-elektronische Codeablesung im Zusammenspiel mit den eingesetzten Auswertalgorithmen zu systematischen Ablesefehlern kommen kann. Dadurch können die abgelesenen Höhenwerte – je nach Zielweite und/oder Anzielbereich auf der Code-Latte – im Millimeterbereich verfälscht sein [Beitrag WOSCHITZ]. Auch aus diesen Untersuchungen im Kalibrierlabor ergeben sich wichtige Hinweise für den Einsatz von digitalen Nivelliersystemen in der Praxis.

Besondere Aktualität hat dieses Schwerpunktheft der AVN durch den Beschluss der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV) vom 28.04.2005 erhalten, der eine „Erneuerung des DHHN mithilfe des digitalen geometrischen Präzisionsnivelements, epochengleichen GNSS-Messungen sowie Absolutschweremessungen auf ausgewählten Repräsentativpunkten des DHHN in den Jahren 2006–2011“ vorsieht. Die in diesem Heft vorgestellten Ergebnisse geben hierfür wertvolle Hinweise zum optimalen Einsatz des Systems „digitales Präzisionsnivellier“.

Die Gruppe „Runder Tisch Kalibrierung geodätischer Messmittel“ wird ihre Arbeit in den nächsten Jahren fortsetzen. Es ist vorgesehen, auch andere „Systeme“ (z. B. GPS, Laserscanner usw.) in die gemeinsamen Untersuchungen einzubeziehen. Insbesondere die Rückführung der Messgrößen auf die amtlichen Normale wird ein Schwerpunkt der Arbeit der beteiligten Kalibrierlabore sein, da die amtlichen Prüfstellen keine Messeinrichtungen für geodätische Messmittel bereithalten.

## Literatur

- [1] STAIGER, R.; WITTE, B.: Zur Bedeutung der Prüfung von Präzisionsnivellierlatten für die Praxis. AVN 6/2005, Seite 200.
- [2] FOPPE, K.; WASMEIER, P.; WUNDERLICH, Th.: Erfahrungen aus nahezu 25 Jahren Nivellierlattenprüfung an der TUM. AVN 6/2005, Seite 213.
- [3] SCHWARZ, W.: Komparatoren zur Überprüfung von Präzisionsnivellierlatten. AVN 6/2005, Seite 204.
- [4] HEISTER, H.; SCHAUERTE, W.: Der Ringversuch 2003/2004 zur Kalibrierung von Präzisionsnivellierlatten. AVN 6/2005, Seite 221.
- [5] INGENSAND, H.: Die Entwicklung von Digitalnivellieren und Codelatten. AVN 6/2005, Seite 229.
- [6] HEISTER, H.; WOSCHITZ, H.; BRUNNER, F.K.: Komponenten oder Systemkalibrierung? AVN 6/2005, Seite 233.
- [7] WOSCHITZ, H.: Systemkalibrierung: Effekte von digitalen Nivelliersystemen. AVN 6/2005, Seite 239.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr.-Ing. HARALD SCHLEMMER,  
Geodätisches Institut TUD,  
Petersenstraße 13,  
64287 Darmstadt