

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 96 (1998)

**Heft:** 8

**Artikel:** Prüfung und Kalibrierung von Vermessungsinstrumenten : grundsätzliche Überlegungen und Konzepte

**Autor:** Gottwald, R.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235472>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Prüfung und Kalibrierung von Vermessungsinstrumenten

## Grundsätzliche Überlegungen und Konzepte

An zwei Beispielen (EDM, Theodolit) werden grundsätzliche Konzepte für ein Kosten-Nutzen orientiertes Vorgehen bei der Prüfung und Kalibrierung elektronischer Messinstrumente aufgezeigt.

*Les deux exemples suivants démontrent les principes fondamentaux qu'exige une évaluation orientée vers le prix de revient pour l'examen et l'étalonnage des instruments de mesure électroniques.*

Con l'aiuto di due esempi (distanziometro, teodolite), vengono mostrati i concetti fondamentali di una strategia basata sul rapporto costi / benefici applicata all'esame ed alla taratura degli strumenti di misura elettronici.

R. Gottwald

### 1. Motivation

Vor etwa 30 Jahren begann in der geodätischen Messtechnik mit den ersten elektronischen Infrarot-Distanzmessern (Wild DI10) und elektronischen Tachymetern (Zeiss Rec Elta 14, SM11) das Zeitalter der digitalen Messwerterfassung und Weiterverarbeitung. Dies hat unter anderem den uns allen bekannten und miterlebten technologischen Umbruch im Vermessungswesen ausgelöst. Seither haben sich viele Autoren in Fachartikeln, Büchern und Beiträgen zu Tagungen und Symposien mit der Untersuchung, Kalibrierung und Prüfung elektronischer Vermessungsinstrumente und Systeme auseinandergesetzt. Auch in Kommissionen und Arbeitsgruppen verschiedener nationaler und internationaler Fachorganisationen hat man sich verschiedentlich mit dieser Thematik beschäftigt. Der kritische Leser wird sich daher sicherlich die Frage stellen, was denn nun ein weiterer Beitrag zu diesem Themenkreis bezwecken soll.

Überarbeitete und ergänzte Fassung eines Vortrags im Arbeitskreis 5 des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVV) vom 16.2.1998 an der Technischen Universität Darmstadt.

Zum einen stellt man beim aufmerksamen Studium vieler dieser angesprochenen Publikationen und Arbeiten fest, dass dort Prüf- und Kalibrierverfahren behandelt werden, die oftmals nur mit grossem Aufwand und meist nur mit speziellen Prüfeinrichtungen durchgeführt werden können. Praktikable Feldprüfverfahren, die der Anwender mit vertretbarem Aufwand selbst ausführen kann, beschränken sich meist auf elektrooptische Distanzmesser (EDM). Zum anderen hat der Autor dieser Zeilen im Verlauf der letzten Jahre in vielen Gesprächen mit Fachkollegen und Anwendern von elektronischen Messsystemen eine wachsende Unsicherheit aber auch eine gewisse Ratlosigkeit in bezug auf verschiedenste Fragen im Zusammenhang mit deren Prüfung festgestellt. Einige Ursachen hierfür könnten sein:

- Die Komplexität der Messsysteme neuer Generationen hat erheblich zugenommen. Die Bedienung ist vielfach einfacher, die Durchschaubarkeit des eigentlichen Messprozesses ist aber schwieriger, wenn nicht gar unmöglich geworden (Beispiel: GPS).
- Neue Technologien, wie z.B. die Motorisierung von Achsantrieben bei Tachymetern und der Einsatz von Bildverarbeitungssystemen für die automatische Zielpunkterfassung erfordern ange-

passte oder neue Prüf- und Kalibrierverfahren.

- Die Instrumentenhersteller sind dazu übergegangen, systematische Instrumentenfehler bereits werkseitig zu bestimmen und instrumentenintern zu berücksichtigen. Die Parameter und die dabei verwendeten Modelle sind dem Anwender bis auf einige wenige Ausnahmen (Additionskorrektur bei EDM, Zielachs- und Indexfehler bei Theodoliten) nicht bekannt. Die Hersteller sind oft trotz hartnäckigem Nachfragen nicht bereit, dem Anwender diese Informationen weiterzugeben (vgl. Schauerte und Fassbender (1997)). Diese Tatsache verlangt oftmals andere Strategien und Ansätze für die Kalibrierung und Prüfung von Messinstrumenten oder erschwert diese erheblich.
- Wesentlich höhere Systemgenauigkeiten verlangen nach anderen Prüfstrategien und Verfahren, da die Beträge der bei einer Kalibrierung signifikant zu bestimmenden systematischen Fehler wesentlich kleiner geworden sind. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Prüfverfahren für EDM nach Schwendener (Schwendener (1971)), welches sich heute für die Kalibrierung von modernen EDM eigentlich nicht mehr eignet aber vielfach noch immer angewendet wird.
- Eine zunehmende Anzahl von Vermessungs- und Ingenieurbüros wickeln Ihre Aufträge auf der Basis von Qualitätsmanagement-Systemen nach ISO9000ff ab. Die ISO-Norm 9001

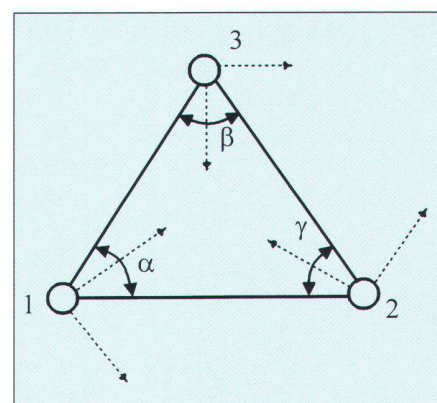


Abb. 1: Messkonfiguration für die Funktionsüberprüfung von Theodoliten.



strukturiert ein QM-System in 20 QM-Elemente. Das 11. Element ist den «Prüfmitteln» zugeordnet. In der Norm heisst es dazu sinngemäss:

- Es muss sichergestellt werden, dass die Messgenauigkeiten von Mess- und Prüfmitteln und angewandten Prüf- und Messmethoden bekannt sind.
- Der Unterhalt und die Kalibrierung von Prüfmitteln sind zu regeln, Verantwortung dafür festzulegen und die Daten zu dokumentieren.
- Der wachsende wirtschaftliche Druck auch in unserer Branche wirkt sich sowohl beim Anwender als auch bei seinem Management unter Umständen ungünstig auf das Verhalten gegenüber einer Prüfung und Kalibrierung der Messinstrumente aus. Die Bedeutung der Ausführung solcher Prüfungen könnte als nicht so wichtig oder als vernachlässigbar eingestuft werden. In diesem Zusammenhang ist sicherlich auch zu beachten, dass heute für eine Vielzahl von Messaufgaben unsere heutigen modernen Messmittel eigentlich zu genau sind.

Diese neuen Randbedingungen erfordern eine koordinierte, dokumentierte und wirtschaftlich vertretbare Prüfung und Kalibrierung. Will der Anwender die Leistungsgrenzen seines Instrumentariums voll ausschöpfen, ist er sich dieser Tatsache durchaus bewusst und versucht, mit teilweise sehr grossem Aufwand, seine Messinstrumente unter Kontrolle zu halten. Aber auch gesetzliche Vorschriften (z.B. die TVAV) und normierte Verfahrensabläufe (z.B. QM-Systeme nach ISO9000) verlangen eine Überwachung und Überprüfung der Messmittel, ohne allerdings dem Anwender weitere Hinweise auf Häufigkeit, Prüfverfahren usw. geben zu können.

Welche Anforderungen sind nun an moderne und «marktkonforme» Prüfverfahren zu stellen. Sie müssen

- für Management und Anwender gleichermaßen einfach und leicht verständlich sein
- eine niedrige Akzeptanzschwelle besitzen

- sicher und mit minimalem Aufwand ausführbar sein und damit ein optimales Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen
- anwendungs- und ereignisorientiert sein
- den Anforderungen an ein QM-System genügen
- technisch-wissenschaftlich fundiert und richtig sein.

## 2. Begriffsdefinitionen

Man stellt häufig fest, dass es Zuordnungsprobleme für die Begriffe «Prüfen», «Kalibrieren», «Justieren» und «Eichen» gibt. In der deutschen DIN-Norm 1319 «Grundbegriffe der Messtechnik» sind diese Begriffe eindeutig definiert. Es heisst dort:

### Prüfen

heisst feststellen, ob der Prüfgegenstand (Probekörper, Probe, Messgerät) eine oder mehrere vereinbarte oder vorgeschriebene oder erwartete Bedingungen erfüllt, insbesondere ob vorgegebene Fehlergrenzen oder Toleranzen eingehalten werden. Mit dem Prüfen ist daher immer eine Entscheidung verbunden. Das Prüfen kann subjektiv durch Sinneswahrnehmung oder objektiv mit Messgeräten oder Prüfgeräten, die auch automatisch arbeiten können, geschehen. ...

*Beispiele: Prüfung der Funktionsfähigkeit eines Vermessungsinstrumentes (Anzeige, Kabel, Leistungsdaten), Prüfung des Ladestatus einer Batterie, Prüfung eines optischen Lotes, Prüfung des Datenformats eines elektronischen Tachymeters.*

### Kalibrieren

ist das Feststellen des Zusammenhanges zwischen Ausgangsgrösse und Eingangsgrösse, z.B. zwischen Anzeige und Messgrösse. Bei benannten Skalen wird durch das Kalibrieren der Fehler der Anzeige eines Messgerätes oder der Fehler einer Massverkörperung festgestellt. ...

*Beispiele: Bestimmung von Additionskorrektur und Masstabsfehler eines EDM-Instrumentes, Bestimmung von Korrektur-Tabellen bei elektronischen Thermome-*

*tern und Barometern, Bestimmung des Masstabsfehlers einer Präzisionsnivellierlatte (Lattenmeter).*

### Justieren

heisst, ein Messgerät oder eine Massverkörperung so einstellen oder abgleichen, dass die Ausgangsgrösse (z.B. Anzeige) vom richtigen Wert oder als richtig geltenden Wert so wenig wie möglich abweicht oder dass die Abweichungen innerhalb der Fehlergrenzen bleiben. Das Justieren erfordert also einen Eingriff, der das Messgerät oder die Massverkörperung oft bleibend verändert.

*Beispiele: Justierung einer Libelle, eines optischen Lotes, eines Nivellierinstrumentes, Beseitigung eines Zielachs- und Indexfehlers (mechanisch oder durch numerische Korrektur in einem elektronischen Messsystem).*

### Eichen

eines Messgerätes oder einer Massverkörperung umfasst die von der zuständigen Eichbehörde nach den Eichvorschriften vorzunehmenden Prüfungen und die Stempelung. Durch die Prüfung wird festgestellt, ob das vorgelegte Messgerät den Eichvorschriften entspricht, d.h. ob es den an seine Beschaffenheit und seine messtechnischen Eigenschaften zu stellenden Anforderungen genügt, insbesondere ob es die Eichfehlergrenzen einhält. Durch die Stempelung wird beurkundet, dass das Messgerät im Zeitpunkt der Prüfung diesen Anforderungen genügt hat und dass zu erwarten ist, dass es bei einer Handhabung entsprechend den Regeln der Technik innerhalb der Nacheichfrist «richtig» bleibt.

*Beispiele: Eichung einer Waage, eines Thermometers, eines Durchflussmessers (Tanksäule).*

Wichtig ist, dass wir gemäss diesen Definitionen, die im wesentlichen auch dem Sprachgebrauch des Eidg. Amtes für Messwesen (EAM) entsprechen, unsere Messinstrumente prüfen, kalibrieren und justieren aber nicht eichen können (siehe hierzu auch Art. 33 Abs. 3 der TVAV) In der Literatur findet man noch häufig



|                                     | Instrumenten-Untersuchungen  | Qualitäts-sicherung   | Kalibrierung  | Prüfung, Kontrolle  |
|-------------------------------------|--|---|---|---|
| wer?                                | Hersteller (F&E),<br>Wissenschaftliche<br>Hochschulen  | Hersteller (QS)   | Hersteller,<br>«Kalibrierdienste»,<br>Anwender  | Anwender  |
| was?                                | Komponenten- &<br>Prototyp-Prüfung,<br>Detail-Untersuchungen von<br>Serienprodukten  | Fertigungs-<br>begleitende<br>Prüfungen,<br>«Endkontrolle»        | Parametrisierung<br>und Bestimmung<br>von Korrektur-<br>Parametern  | Kontrolle der<br>Langzeitstabilität,<br>Nachweis<br>eventueller<br>Änderungen von<br>Korrektur-Para-<br>metern, Funktions-<br>kontrolle |
| warum?                              | Konformitäts- &<br>Verhaltenstest,<br>Aufdeckung von<br>Besonderheiten<br>und Mängeln,<br>Bestimmung der<br>Leistungsgrenzen | Sicherstellung der<br>spezifizierten<br>Produkteigen-<br>schaften | Beseitigung<br>systematischer<br>Fehler →<br>Messresultate<br>und Genauig-<br>keiten innerhalb<br>der Spezifikationen | siehe<br>«Kalibrierung»,<br>Sicherstellung<br>der Funktions-<br>bereitschaft  |
| Aufwand<br>(zeitlich,<br>materiell) | sehr hoch  | hoch  | mittel – hoch   | gering  |

Tab. 1: Untersuchung, Kalibrierung, Prüfung.

den Begriff der «Instrumenten-Untersuchung». Eine solche «Untersuchung» ist noch weit umfassender als eine Kalibrierung. Man deckt dort u.a. die Leistungsgrenzen, etwaige Funktionsmängel oder bestimmte Verhaltens- oder Fehlverhaltensweisen von Messsystemen auf. Instrumentenuntersuchungen werden vornehmlich von den Instrumentenherstellern und von wissenschaftlichen Hochschulen ausgeführt, da sie spezielle Detailkenntnisse und teilweise sehr aufwendige Hilfseinrichtungen erfordern. Die Resultate solcher Untersuchungen sind aber durchaus auch für den «normalen» Anwender interessant. In Tabelle 1 wurde versucht, alle Aktivitäten im Bereich Prüfung, Untersuchung und Kalibrierung schematisch zuzuordnen.

### 3. Beispiele

Im folgenden werden an zwei Beispielen Prüfstrategien aufgezeigt, die den in Abschnitt 1 formulierten Randbedingungen genügen können. Beispiel 1 beschäftigt sich mit den schon zu genüge «strapazierten» EDM-Instrumenten. Die dort ge-

zeigte Vorgehensweise hat sich bereits im praktischen Einsatz bewährt. Beispiel 2 zeigt einen Lösungsansatz für elektronische Theodolite. Dieses Verfahren befindet sich zur Zeit noch in der Erprobung.

#### 3.1 Empfehlungen der FIG zur routinemässigen Überprüfung von Elektrooptischen Distanzmessern

In den Jahren 1990–1994 beschäftigte sich eine aus internationalen Experten zusammengesetzte Arbeitsgruppe der FIG (WG 5.5 in der FIG-Kommission 5) mit diesem Thema. Das Resultat der Arbeit dieser Gruppe ist in den «Empfehlungen zur routinemässigen Prüfung von EDM-Instrumenten» zusammengefasst. Diese Empfehlungen wurden 1994 beim FIG-Kongress in Australien vorgestellt. Sie sind leider nur in einer Auflage von 1000 Exemplaren gedruckt und daher den meisten EDM-Anwendern nicht bekannt. Die dort erarbeitete «Prüf-Strategie» scheint mir jedoch richtungsweisend auch für das Vorgehen bei der Entwicklung von Prüfverfahren für andere Messsysteme, da durch die dort empfohlene Vorgehensweise der Aufwand für die Messmittel-

überwachung stark reduziert werden kann. Im folgenden wird ein kurzer Überblick über diese Empfehlungen gegeben. Sie sind aufgrund von praktischen Erfahrungen bei der Anwendung an der FHBB etwas modifiziert worden.

#### 3.1.1 Messausrüstung

Die EDM-Messausrüstung besteht nicht nur aus dem Distanzmesser selbst, sondern umfasst das gesamte Zubehör (Theodolit, Dreifuss, optisches Lot, Reflektor, Reflektor-Träger, Libellen, Meteorologie-Sensoren usw.). Alle diese Komponenten tragen zum Gesamtfehlerhaushalt einer EDM-Messung bei und sind dementsprechend in einem Prüfkonzept zu berücksichtigen.

#### 3.1.2 Logbuch

Alle Resultate der Überprüfungen im «Vier-Phasen-Modell» (siehe 3.1.3) sind in einem QS-tauglichen «Instrumenten-Logbuch» zu dokumentieren.

#### 3.1.3 Das «Vier-Phasen-Modell»

Das Modell sieht eine in vier Phasen gestaffelte Prüfung und Kalibrierung vor, die entweder in einem bestimmten Zeitraster (zeitlich gestaffelte Prüfung), aufgrund des Eintretens bestimmter Ereignisse (z.B. Beschädigung, besonders anspruchsvolle Messaufgabe, ... (ereignisorientierte Prüfung) oder in einer Kombination beider Möglichkeiten auszuführen ist.

##### Phase 1 – Funktionsprüfung

Die Funktionsprüfung erfolgt in zwei Teilen. Eine *visuelle Prüfung von Messausrüstung* und Zubehör (Sauberkeit von Gehäuse und optischen Teilen, äussere Beschädigungen [inkl. Kabel und Stecker], Ladezustand der Batterie, Zustand der Transportverpackung) soll erste Hinweise auf mögliche Funktionsmängel geben. Die eigentliche *Funktionsprüfung* soll gemäss der Bedienungsanleitung des Herstellers und/oder den Reglementen bzw. Instruktionen der zuständigen Behörden ausgeführt werden. Sie umfasst u.a. die Kontrolle des Messsignals, die Überprüfung der Justierung von Sende-/



Empfangs-Optik (bei Aufsatz-EDM-Instrumenten), die Überprüfung von Einstellwerten (ppm, Additionskonstante/Prismen, Einheiten, ...) sowie die Kontrolle weiterer Parameter (Speicherformate, Schnittstelle, ...).

### Phase 2 – Leistungsprüfung

Die (Langzeit-)Stabilität eines EDM-Instrumentes und damit auch diejenige der bei einer Kalibrierung (Phase 3) bestimmten Korrektur-Parameter kann auf einfache Weise durch Anlage und Messung eines einfachen «Testnetzes» überprüft werden. Dieses «Testnetz» sollte aus drei Strecken unterschiedlicher Länge bestehen, die über den Mess- bzw. Arbeitsbereich des EDM-Instruments verteilt sind. Der Anfangspunkt der Strecke sollte möglichst gut versichert, die Endpunkte der Strecken (wenn möglich) mit fest montierten Reflektoren versehen sein.

Die Bezugs-Längen (Referenz) der drei Strecken sind entweder mit einem genaueren Messinstrument oder (was vorteilhaft ist) mit dem zu prüfenden Instrument unmittelbar nach einer/der Kalibrierung (Phase 3) zu bestimmen. Aufgrund der Herstellerangaben für die Distanzmessgenauigkeit oder der Genauigkeitsangaben aus der Bestimmung der Additionskorrektur (Phase 3) sind die für Wiederholungsmessungen maximal tolerierbaren Abweichungen festzulegen.

Gemäss Festlegung sind dann periodisch oder ereignisorientiert mit relativ geringem Aufwand Wiederholungsmessungen in diesem «Testnetz» auszuführen. Die Resultate sind mit den Bezugs-Längen zu vergleichen und aufgrund der festgelegten Toleranzen zu beurteilen. Treten keine signifikanten Abweichungen auf, kann davon ausgegangen werden, dass sich die bei der letzten Kalibrierung (Phase 3) bestimmten Korrekturparameter nicht signifikant geändert haben und das Instrument in Ordnung ist. Beim Auftreten signifikanter Abweichungen sind entsprechende Aktivitäten auszulösen (Kontrolle Stand- und Zielpunkte, Berücksichtigung der Korrekturparameter, Wiederholung der Messungen, Kalibrierung, Service, ...)

|  | Prüfung |     |   |     |
|--|---------|-----|---|-----|
|  | 1       | 2   | 3                                       | 4   |
| <b>Unmittelbar nach Kauf/Erhalt</b>        | (x)     |     | (x)                                     | (x) |
| <b>Zeitlich gestaffelte Prüfungen</b>      |         |     |   |     |
| täglich oder wöchentlich                   | x       |     |   |     |
| periodisch (z.B. alle 4, 8 oder 12 Wochen) |         | x   |   |     |
| periodisch (z.B. alle 6 oder 12 Monate)    |         |     | x                                       |     |
| <b>Ereignisorientierte Prüfungen</b>       |         |     |   |     |
| nach möglichen Beschädigungen              |         | x   | (x)                                     |     |
| nach Servicearbeiten/Reparaturen           |         | x   | x                                       |     |
| vor bzw. nach speziellen Messaufgaben      |         | (x) | x                                       |     |
| 1 - Funktionsprüfung                       |         |     | 3 - Kalibrierung                        |     |
| 2 - Leistungsumfang                        |         |     | 4 - Abnahmeprüfung (inkl. Kalibrierung) |     |

Tab. 2: Ausführungsplan für das «Vier-Phasen-Modell».

### Phase 3 – Kalibrierung

Bei einer Kalibrierung werden Korrekturparameter und Genauigkeit des verwendeten Messinstruments bestimmt. Eine Kalibrierung muss unter Anwendung technisch-wissenschaftlich fundierter Methoden und Verfahren und unter Berücksichtigung auftragsspezifischer und/oder behördlicher Vorschriften ausgeführt und entsprechend dokumentiert werden. Anwender können eine Kalibrierung zumindest teilweise selber ausführen oder entsprechende Prüfinstitutionen (Hochschulen, Kalibrierdienste, Servicestellen der Hersteller) beauftragen. Die wichtigsten, bei einer EDM-Kalibrierung zu bestimmenden Parameter sind die Additionskorrektur und die Masstabsabweichung (Messfrequenz). Gegebenenfalls ist die Bestimmung weiterer Korrekturparameter instrumenten- und problemspezifisch notwendig. Der Aufwand gegenüber einer Leistungsprüfung gemäss Phase 2 ist wesentlich höher. Da die gängigen Verfahren zur Kalibrierung von EDM-Instrumenten in der Fachliteratur genügend gut dokumentiert sind (z.B. Schwarz (1981), Joeckel u. Stober (1995)) wird darauf hier nicht weiter eingegangen.

### Phase 4 – Abnahmeprüfung

Unmittelbar nach Kauf bzw. Übernahme eines EDM-Instrumentes und vor dessen erstem Einsatz sind die spezifizierten Pro-

dukte-Eigenschaften nach vorher definierten Kriterien (z.B. Genauigkeit, Reichweite, Phasenmesssystem, Phasenhomogenität, Kommunikation, usw...) zu überprüfen und die Korrekturparameter (= Kalibrierung gemäss Phase 3) zu bestimmen. Um den dazu notwendigen Aufwand in Grenzen zu halten, wird empfohlen, vom Instrumentenverkäufer bzw. Hersteller ein entsprechendes Prüfdokument oder QS-Zertifikat zu verlangen.

### 3.2 Funktionskontrolle von Theodoliten

Eine durchgreifende Überprüfung von Winkelmessteil und Kompensator eines Theodolits oder Tachymeters ist für den Anwender – im Vergleich zu einem EDM-Instrument – wesentlich schwieriger. Es gibt zwar verschiedenste Möglichkeiten, Winkelsensoren und Kompensatoren im Labor auf Funktionsverhalten, systematische Fehler und Genauigkeiten zu untersuchen. Der Aufwand ist aber relativ hoch (siehe auch Tabelle 1) und dürfte nur für spezielle Anwendungen im Genauigkeitsgrenzbereich eines Instruments zu rechtfertigen sein. Die DIN 18723 (Teil 3) beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Messgenauigkeit von Horizontal-Richtungen und Vertikalwinkeln eines Theodolits. Auch hier ist der Aufwand für die Ausführung der notwendigen Messungen sehr hoch. Funktionsmängel kön-



nen zudem nur bedingt aufgedeckt werden. Einfache, für den Anwender mit vertretbarem Aufwand ausführbare Feldverfahren zur Überprüfung von Theodoliten sind dem Verfasser dieser Zeilen nicht bekannt.

Im folgenden wird ein Lösungsansatz für ein einfaches und mit vertretbarem Aufwand ausführbares Feldverfahren zur Funktionskontrolle von *Winkelmesssteil (Horizontal)* und *Kompensator (zweiachsig)* von elektronischen Winkelmessinstrumenten aufgezeigt. Aufgrund des aktuellen Standes der praktischen Erprobung ist dieses Verfahren als Diskussionsgrundlage und noch nicht als uneingeschränkt empfehlbares Prüfverfahren zu verstehen.

Die einfache Grundidee liegt in der Messung der Innenwinkel eines Dreiecks (zwangszentriert, Seitenlänge ca. 100 m.), bei dem ein Dreieckspunkt auf einem anderen Höhenniveau (Höhenunterschied ca. 30–40 m  $\approx$  Höhenwinkel ca. 15–25 gon). liegt.

Die Innenwinkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  werden in jeweils 4–5 Sätzen wie folgt gemessen:

- Instrument sehr gut horizontieren; Kompensator (Hz-Korrektion) ausschalten; Innenwinkel messen
- Zielachse in die Winkelhalbierende richten; Stehachse um etwa den halben Arbeitsbereich des Kompensators schiefstellen (in Zielachsrichtung und senkrecht dazu); Kompensator (Hz-Korrektion) einschalten; Innenwinkel messen
- Die Auswertung umfasst die Berechnung der Winkelsumme (Mittel), der Abweichung  $\Delta$  zum Sollwert sowie der Standardabweichungen (Winkel  $m_w$ , Richtung [Mittel aus 2 Lagen]  $m_r$ , Winkelsumme  $m_\Delta$ ) und die anschliessende Analyse. Der Zeitaufwand für die Messung, Auswertung und Analyse (Excel-Tabelle) liegt bei ca. 2,5 Stunden für ein Instrument.

Es sind Modifikationen im Messablauf möglich, um Messsysteme mit automatischer Zielerfassung, Instrumente mit einachs-Kompensatoren und die numerische Korrektur von Zielachs- und ggf. Kippachsfehler (1-Lagen-Messung) zu überprüfen. Das Verfahren wird z.Zt. auf seine praktische Anwendbarkeit hin untersucht. Nachteilig ist, dass mit der vorgeschlagenen Strategie keine Aussagen über das Funktionsverhalten des Vertikalwinkel-Messsteils möglich sind.

#### 4. Schlusswort

Es ist nicht die Absicht des Verfassers, in diesem Artikel «pfannenfertige» Lösungen für den angesprochenen Problemkreis zu präsentieren. Vielmehr soll mit den aufgeführten Beispielen als Grundlage für Diskussionen und künftige Entwicklungsarbeiten gezeigt werden, dass es durchaus praktikable und mit vertretbarem Aufwand anwendbare Feldverfahren zur Messmittelüberwachung (im Sinne der ISO 9001) gibt. Viele Fragen sind in diesem Zusammenhang allerdings noch unbeantwortet. Es wundert daher nicht, dass in Fachgremien (wie z.B. in der FIG-Kommission 5 und im Arbeitskreis 5 des DVW) und an verschiedenen Hochschulen dieser Problemkreis wieder aufgegriffen wurde. Die Suche nach geeigneten Prüfstrategien (man denke z.B. an GPS) fordert Wissenschaft, Anwender und Systemhersteller gleichermaßen. Verschiedenste Lösungsansätze wurden bisher erarbeitet, neue Strategien vorgeschlagen (z.B. Systemkalibrierung, integrale Prüfverfahren) aber auch aus unterschiedlichen Gründen teilweise wieder verworfen. Alle, die in irgendeiner Form zur Problemlösung beitragen können, sind daher aufgerufen, sich aktiv an der Diskussion und Lösungsfindung zu beteiligen.

#### Literatur:

- Flicke, H. (1997): Qualitätsmanagement nach DIN ISO 9000 und der Vermessungsberuf. XII. Internationaler Kurs für Ingenieurvermessung, Themenkreis C, Graz 1997. (Manuskript).
- Joeckel, R. u. Stober, M. (1995): Elektronische Entfernung- und Richtungsmessung. 3. Auflage. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart 1995.
- Schauerte, W. u. Fassbender, H. (1997): Anpassung der Masstabskalibrierung auf «rechnende» EDM-Instrumente. VR 59/8, S.416–436.
- Schlemmer, H. (1996): Grundlagen der Sensorik. Wichmann Verlag, Heidelberg 1996.
- Schwarz, W. (1981): Kalibrierung elektrooptischer Distanzmesser. VR 43/2, S. 65–89.
- Schwendener, H. (1971): Elektronische Distanzmesser für kurze Strecken – Genauigkeitsfragen und Prüfverfahren. Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik (69), S. 59–67.
- DIN 1319 – Blatt 1: Grundbegriffe der Messtechnik.
- DIN 18723: Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung geodätischer Instrumente.
- FIG WG5.1: Recommended Procedures for Routine Checks of Electro-Optical Distance Meters (EDM). FIG Technical Monograph No.9 1994.
- SIA Merkblatt 2007: Qualitätssicherung – Beitrag zur Interpretation der Normen ISO 9000 – 9004.
- TVAV – Technische Verordnung über die amtliche Vermessung vom 10. Juni 1994. Eidg. Justiz- und Polizeidepartement.

Prof. Dr.-Ing. R. Gottwald  
 Fachhochschule beider Basel  
 Abt. Vermessung und Geoinformation  
 Gründenstrasse 40  
 CH-4132 Muttenz  
 e-mail: r.gottwald@fhbb.ch