

Die Bedeutung der Kalibrierung in der amtlichen Vermessung

Manfred Spata
Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen
Muffendorfer Straße 19-21
D-53177 Bonn (Bad Godesberg)
Email: spata@lverma.nrw.de

1 Einleitung

In nahezu allen Lebensbereichen ist die Qualität das Maß aller Dinge. Dies gilt auch, wenn es um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit von terrestrischen und satellitengeodätischen Meßergebnissen der amtlichen Vermessung (hoheitliche Aufgaben der Landesvermessung und des Liegenschaftskatasters) geht. Es liegt gleichermaßen im Interesse der Vermessungsverwaltungen und deren Nutzer, daß nachvollziehbare Qualitätsstandards und Qualitätskriterien als Grundlage von Vermessungen und als Maßstab für die Beurteilung der Meßergebnisse bestehen. Die Qualitätssicherung ist für jede Vermessungsaufgabe speziell zu entwerfen und in die Aufgabenerledigung zu integrieren. Hierzu gehört auch die ständige Aufgabe, die eingesetzten Meßausrüstungen (Meßbänder, Tachymeter, Nivelliere, GPS-Meßsysteme) zu prüfen und zu kalibrieren.

2 Gesetzliche Grundlagen

Auf Grund der bisherigen Gesetzgebung zur Eichung, die bis in die 80er Jahre des 19. Jahrhunderts zurückgeht, sind die Vermessungsverwaltungen in Deutschland verpflichtet, selbst für die Eichung ihrer Vermessungsinstrumente und -geräte zu sorgen. Dabei ist nachfolgend der Begriff Eichung gemäß DIN 1319 Teil 1 (DIN 1995) im Sinne von amtlicher Kalibrierung zu verstehen. Dies hat sich auch nicht durch die Neufassung des Bundeseichgesetzes vom 23.3.1992 (BGBl. I S. 712) geändert, als der bisherige § 7 Abs. 1 Nr. 4, in dem diese Verpflichtung für das öffentliche Vermessungswesen und das Markscheidewesen niedergelegt war, gestrichen wurde und die bisherige Regelung in eine noch herauszugebende Verordnung (VO) des Bundeswirtschaftsministeriums verlagert wurde. Da diese VO (und auch eine EU-Regelung) bislang immer noch fehlt, gilt nach § 26 bzw. ehemals § 7 die Verpflichtung der Vermessungs-

verwaltungen zur Eichung fort. Als Begründung wurde seinerzeit von der AdV (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland) angeführt, daß im öffentlichen Vermessungswesen engere Toleranzen erforderlich sind und daß die im öffentlichen Vermessungswesen tätigen Stellen und Personen die Eichung selbst und häufiger, als in der Eichordnung vorgesehen, durchführen. Die Eichung der Vermessungsinstrumente und –geräte erfolgt also nicht durch die im Eichgesetz aufgeführten bzw. durch die von der jeweiligen Landesregierung bestimmten Eichbehörden, sondern durch die Behörden, die im öffentlichen Vermessungswesen tätig sind. Diese Eichpflicht ist z.B. für die Vermessungsverwaltung in Nordrhein-Westfalen zuletzt bekräftigt worden in Nr. 16 Vermessungspunkterlaß NRW vom 12.1.1996 (IM NRW 1996, Mattiseck 1996, Elsner et al. 1999).

3 Öffentliche und private Dienstleistungen

Verwaltungsleistungen unterscheiden sich auf den ersten Blick nicht grundlegend von privatwirtschaftlichen Dienstleistungen. Beide sind einem Qualitätsanspruch unterworfen, der nicht nur die Qualität des Ergebnisses als solches einbezieht, sondern auch die Qualität der Arbeitsprozesse beurteilt. Trotz der grundsätzlichen Vergleichbarkeit von privaten und öffentlichen Dienstleistungen unterscheidet sich der öffentliche vom privaten Sektor vor allem auf Grund verfassungsmäßiger Grundsätze, die sich letztlich auf das Qualitätsverständnis in der Verwaltung auswirken. Hierbei sind insbesondere zu nennen:

- das *Rechtsstaatsprinzip*, mit vielfältigen Bindungen und Kontrollen, z.B. durch die amtlichen Vermessungsvorschriften,
- die *Gemeinwohlverpflichtung*, die unterschiedliche Interessen zu berücksichtigen hat, z.B. der Grundstückseigentümer, des Staates und der Wirtschaft,
- das *Sozialstaatsprinzip*, demzufolge öffentliche Leistungen zu erbringen sind, die nach markt- und betriebswirtschaftlichen Aspekten unwirtschaftlich sind, z.B. die einheitliche Aufgabenerledigung innerhalb einer gesamten Landesfläche oder eines gesamten Katasterbezirks,
- der *Monopolcharakter*, nach dem bei öffentlichen Dienstleistungen in der Regel kein Wettbewerb mehrerer Anbieter besteht.

Somit ergeben sich grundlegende Unterschiede zwischen öffentlichem und privatem Sektor: Privatwirtschaftliche Dienstleister orientieren sich am Markt und versuchen, die Nachfrage über Qualität und Preis zu beeinflussen. Öffentliche Dienstleistungen unterliegen in der Regel nicht diesen Marktmechanismen, sondern den oben skizzierten Bedingungen. Auch die Vermessungsverwaltungen sind hinsichtlich ihrer Produkt- und Dienstleistungsangebote nicht frei. Ihre Aufgaben sind abhängig von gesetzlichen Vorschriften und politischen Vorgaben (Haushalt, Personal und Organisationsstruktur). Die Vermessungsverwaltungen sind sich der Bedeutung der Qualität ihrer Vermessungsergebnisse stets bewußt und die Qualitätssteigerung ist in Zeiten knapper werdender Ressourcen eine ständige Herausforderung für alle Beteiligten (DBB 1999).

4 Eichung, Qualitätsmanagement und Zertifizierung

Die **Eichung** der Vermessungsgerätschaften gehört zu den hoheitlichen Aufgaben und ist allseits anerkannte Praxis der Vermessungsverwaltungen in Deutschland. Sie umfaßt gemäß DIN 1319-1 Nr. 5.13 (DIN 1995) die nach den Eichvorschriften vorzunehmenden Qualitätsprüfungen (Kalibrierung) und Kennzeichnungen (Eichschein). Bis heute ist die Eichung von Vermessungsgerätschaften noch kein integrierter Bestandteil eines **Qualitätsmanagements (QM)** mit Zertifizierung nach dem Standard der Normenfamilie ISO 9000 (Element 11 Prüfmittelüberwachung).

Desweiteren besteht bis heute noch keine Institution zur Qualitätssicherung in der Vermessung, z.B. eine „Gesellschaft mbH zur Qualitätssicherung in der Vermessung“. Ihre Aufgabe wäre es, Anbieter vermessungstechnischer Dienstleistungen aller Art einer freiwilligen und unabhängigen Güteprüfung zu unterziehen. Nach erfolgreicher Prüfung würde das Recht verliehen, das Gütesiegel der Gesellschaft zu führen. Solche Dienstleister mit Gütesiegel würden in einer Liste geprüfter Anbieter aufgenommen. Zertifikat und Gütesiegel signalisierten eine qualifizierte Beratung und Betreuung der Vermessungskunden.

Die Erledigung amtlicher (hoheitlicher) Vermessungsaufgaben erübrigt in der Regel eine QM-Zertifizierung, gerade weil diese hoheitliche Tätigkeit monopolartigen Charakter hat, nicht in Konkurrenz steht zu anderen Anbietern eines freien Marktes und erschöpfend durch Vorschriften geregelt ist. Dabei ist es unabhängig, in welcher Organisationsform die amtliche Vermessungsverwaltung auftritt, als Behörde, (Landes/Kommunal)Betrieb oder Beliehener (Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur, ÖbVI). Die unbestrittene gesetzliche Ver-

pflichtung der Vermessungsverwaltung zu qualifizierten Produkten verlangt kein wie auch immer geartetes Gütesiegel.

Wohl aber ist die nichtstaatliche, d.h. wirtschaftliche ingenieurtechnische, Tätigkeit von Betrieben und ÖbVI den Regeln des freien Marktes unterworfen. Für diese Tätigkeiten wäre eine Zertifizierung zur Sicherstellung von Qualitätsansprüchen sowie aus betriebs- und marktwirtschaftlichen Gründen angebracht. Die Einführung von QM-Systemen ist jedoch nicht unproblematisch; sie erfordert regelmäßig einen hohen Ressourceneinsatz. Erste Lösungsansätze zur QM-Zertifizierung betreffen die kommunalen Vermessungsämter. So ließ die Stadtverwaltung Offenbach in einem Pilotprojekt sieben Organisationseinheiten, u.a. das Vermessungsamt (kein Katasteramt!), nach ISO 9002 zertifizieren (DBB 1999).

In Nordrhein-Westfalen stellen das Landesvermessungsamt und die fünf Bezirksregierungen **Eichscheine** über die Ergebnisse ihrer Kalibrierungen aus. Kalibrierergebnisse der Universitäten und Fachhochschulen, die über entsprechende Vorrichtungen verfügen, können die Eichscheine ersetzen, wenn sie den Eichanforderungen genügen. Über die Verwendung der Kalibrierergebnisse anderer Stellen für Zwecke der amtlichen Vermessung können das Landesvermessungsamt und die Bezirksregierungen im Einzelfall entscheiden (IM NRW 2000).

Grundsätzlich gilt die Eichung nur zum Zeitpunkt ihrer Durchführung. Daher ist die Angabe einer Gültigkeitsdauer im Eichschein nicht zulässig. Die **Eichfristen** sind eigenverantwortlich so zu bestimmen, daß die in den Vermessungsvorschriften festgesetzten zulässigen Abweichungen eingehalten werden. Die Wiederholung der Eichung ist also gekennzeichnet durch ein optimales Gleichgewicht zwischen Risiko der Einzelmessung und Kosten der Kalibrierung.

Zusätzlich zur Eichung sind die Vermessungsausrüstungen in kürzeren Abständen zu prüfen. Dabei wird durch eine einfache und robuste Meßprozedur (Feldverfahren) festgestellt, ob die Meßinstrumente und –geräte nach Gebrauchsanweisung funktionstüchtig sind und die vorgegebenen Genauigkeitsanforderungen erfüllt werden. In der Regel erfolgt die **Prüfung** mindestens einmal vierteljährlich oder vor einer größeren Meßkampagne (DIN 1990, LVermA NRW 1999, IM NRW 2000, ISO 2001).

Dagegen ist die intensive **Untersuchung** (Typtest oder Abnahmeprüfung) von Meßinstrumenten hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit nicht die vorrangige

Aufgabe der Vermessungsverwaltungen; sie bleibt den wissenschaftlichen Einrichtungen und den Herstellern überlassen (Staiger 1998, Heister 2000).

5 Genauigkeitsanforderungen zur Vermessungspunktbestimmung

Naturgemäß klaffen die Anforderungen an die Genauigkeit von Vermessungspunkten weit auseinander, zum einen sachlich bedingt in Abhängigkeit von der Vermessungsaufgabe und zum anderen rechtlich bedingt wegen landesspezifischer Regelungen. In Tab. 1 sind einige Genauigkeitskriterien der Vermessungsvorschriften in NRW beispielhaft zusammengestellt. Dabei sind Standardabweichungen (1 Sigma) von zulässigen Abweichungen (in der Regel 2 Sigma) zu unterscheiden.

Fehlerwert cm	Nr. VPErl Anlage 3	Anwendung im AP(1)-Feld
1	2.31	Standardabweichung als Genauigkeit des Meßwertes (Strecke)
2	2.35	Standardabweichung als Genauigkeit der Punktbestimmung
2	3.31	Abweichung beim Streckenvergleich innerhalb derselben Punktbestimmung
3	3.32	Abweichung beim Streckenvergleich gegenüber früheren Vermessungen
4	3.4	Abweichung bei geometrischen Bedingungen, z.B. Geradlinigkeit

Tab. 1: Genauigkeitsanforderungen nach Vermessungspunkterlaß NRW 1996

Die Beurteilung dieser Angaben ist nicht immer eindeutig, weil oftmals notwendige Angaben zum Fehlerhaushalt, zur Stichprobe und zum Ausgleichsgewinn fehlen. Jede dieser Genauigkeitsanforderungen ist wert, näher erörtert zu werden. Dies soll am Beispiel einer EDM-Streckenmessung und der SAPOS-Genauigkeitsangaben geschehen.

Der Fehlerhaushalt einer **EDM-Strecke** umfaßt unterschiedliche Fehlerquellen, teils zufälliger und teils systematischer Art. In der Regel besteht die Meßunsicherheit einer berichtigten EDM-Strecke aus den folgenden Anteilen:

- Meßfehler (Meßunsicherheit) der unberichtigten Streckenmessung,
- Zentrierfehler auf dem Instrumenten- und Reflektorstandpunkt,
- meteorologische Korrekptionsfehler,
- instrumentelle Korrekptionsfehler,
- Neigungs- und Höhenreduktionsfehler.

Die Summe aller Fehlerquellen soll eine empirische Standardabweichung von 1 cm für ein EDM-Meßergebnis gewährleisten. Aus den Erfahrungen der Vermessungspraxis heraus hat der Vermessungsingenieur abzuschätzen, mit welcher Genauigkeit die einzelnen Fehlerursachen beherrscht werden müssen, um die Gesamtforderung von 1 cm einzuhalten. Somit ist auch die EDM-Kalibrierung auf ihre erforderliche Genauigkeit einzuschätzen; sie sollte in der Größenordnung des Meßfehlers liegen, also nur wenige mm betragen.

Die Genauigkeitsangaben des bundesweiten **SAPOS-Dienstes** (AdV 1998) sind weit gefaßt, siehe Tab. 2.

Genauigkeit cm	Servicebereich der DGPS-Messung	Standardformat der GPS-Daten
100 bis 300	EPS, Echtzeit	RTCM 2.0
1 bis 5 (1 bis 2)	HEPS, Echtzeit (mit Vernetzungstechnik)	RTCM 2.1
1	GPPS, Postprocessing	RINEX
<1	GHPS, Postprocessing	RINEX

Tab. 2: Genauigkeitsanforderungen des SAPOS-Dienstes (AdV 1998)

Bei diesen Genauigkeitsangaben bleibt ungeklärt, ob es sich um Standardabweichungen (1 Sigma) oder zulässige Abweichungen (2 oder 3 Sigma) handelt, ob ein 3D- oder 2D-Punktfehler oder ein 1D-Koordinatenfehler gemeint ist und welche Meßfehleranteile einer SAPOS-unterstützten Punktbestimmung einbezogen sind.

6 Genauigkeitsanforderungen zur Kalibrierung

6.1 Meßbänder

Der Einsatz von (Stahl-)Meßbändern ist in den letzten Jahren fast vollständig durch die elektrooptische Distanzmessung auch im engen Nahbereich unter 20 m ersetzt worden (siehe nächster Abschnitt). Ihr Einsatz ist aber weiterhin für Vermessungen generell zugelassen (z.B. Nr. 19.1(1) VPErl NRW 1996), wenn die entsprechenden Meßunsicherheiten eingehalten werden. Die Meßbandeichung war gesondert geregelt (LVermA NRW 1993), sie ist im Jahre 1999 eingestellt worden (Elsner et al. 1999). Es genügt, wenn beim Kauf eines neuen Stahlmeßbandes auf die DIN 6403 (1976) Bezug genommen und die Einhaltung der DIN-Anforderung an die Bandlänge durch ein Zertifikat bescheinigt wird. Die Anforderung nach DIN 6403 beträgt:

$$\Delta l = \pm(0,2 \text{ mm} + l \cdot 10^{-4})$$

mit l Bandlänge und Δl Grenzabmaß in mm.

Somit dürfen die abgelesenen Meßbandlängen bei 20 m Länge nur maximal 2,2 mm vom Sollmaß abweichen, was z.B. deutlich innerhalb der Anforderungen nach Tabelle 1 liegt.

6.2 Elektronische Tachymeter, EDM-Instrumente

Zur elektronischen Distanzmessung (EDM) werden heute in der Regel nur noch elektronische Tachymeter eingesetzt; reine EDM-Instrumente traten in den Hintergrund. Dabei werden die Tachymeter zur polaren Punktbestimmung und Punktabsteckung durch eine kombinierte Winkel- und Distanzmessung im Nahbereich unter 500 m eingesetzt. Die EDM-Meßunsicherheit wird im wesentlichen beeinflusst durch drei instrumentelle Parameter (Schmidt 1995, Schauerte und Faßbender 1997, Staiger 1998), für die sich durch entsprechende Kalibriermessungen Korrektionswerte bestimmen lassen, und zwar eine

- *Maßstabkorrektur* auf Grund von systematischen Frequenzabweichungen,
- *zyklische Korrektur* bezogen auf den Feinmaßstab der Streckenmessung,
- *Nullpunktkorrektur* als additiver Wert der Instrumenten-Prismen-Kombination.

Die Einzelheiten der Kalibriereinrichtungen (Abb. 1), der Kalibriermessungen und -auswertungen sowie des Eichscheines regeln EDM-Eichrichtlinien und Arbeitsanleitungen (LVermA NRW 1991, Fröhlich 1992, Elsner et al. 1999, IM NRW 2000). Die Kalibrierparameter sind mit einer Standardabweichung von 1 mm bis 2 mm zu bestimmen, um die Standardabweichung von 1 cm für eine Streckenmessung (Tab. 1) zu garantieren.

Die Winkelmessung ist im wesentlichen beeinflusst durch die Instrumentenachsfehler und den Höhenindexfehler; sie werden durch Messung in zwei Fernrohr-lagen mit anschließender Mittelung eliminiert. Der Stehachsfehler ist durch eine korrekte Justierung der Libellen zu minimieren oder er wird durch Kompensatoren erfaßt und rechnerisch bei der Messung berücksichtigt. Auf Grund der hohen Qualität der Teilkreise und in Anbetracht der relativ kurzen Zielweiten im Nahbereich ist der Teilkreisfehler heute unbedeutend geworden (Joeckel und Stober 1995, Staiger 1998, Witte und Schmidt 2000).

Zur Prüfung der Meßunsicherheit der Distanz- und Winkelmessung können einfache Feldverfahren (DIN 1990, Joeckel und Stober 1995, IM NRW 2000, ISO 2001) praktiziert werden.

6.3 Elektronische Nivelliere

In den letzten Jahren haben die elektronischen Nivelliere (Digitalnivelliere) die optisch-mechanischen Nivelliere fast vollständig verdrängt. Die neue Funktionalität der Digitalnivelliere betrifft die Technik der automatisierten Lattenbildfassung und Lattenbilddauswertung mit Hilfe der CCD-Sensorik. Wie bei den herkömmlichen Latten (Strichteilung mit Bezifferung) sind auch für die Code-Latten (Code-Teilung ohne Bezifferung) Nullpunktfehler und Maßstabfehler zu bestimmen (Heister 1994 und 2000, Staiger 1998).

Das Landesvermessungsamt NRW besitzt seit 1990 einen Vertikalinterferenzkomparator (Abb. 2), der zum Kalibrieren von Präzisionsnivellierlatten sowohl der optisch-mechanischen Systeme als auch der digitalen Systeme geeignet ist (Maurer und Schnädelbach 1983, Elsner et al. 1999). Die ermittelten Kalibrierwerte können in graphischer und numerischer Form ausgegeben werden. Der Vergleich der Ist- und Soll-Strichlagen bzw. Code-Muster führt zu Differenzen, welche die Grenzabweichungen für einen beliebigen Teilungsabschnitt nach DIN 18 717 (1996) nicht überschreiten dürfen:

$$\Delta l = \pm(0,02 \text{ mm} + 2l \cdot 10^{-5})$$

mit l Länge der Nivellierlatte und Δl Grenzabmaß in mm.

Der Betrag des Lattennullpunktfehlers darf nach DIN 18 717 nicht größer als 0,05 mm sein.

Der Einfluß des Erdmagnetfeldes auf die Ziellinie der Kompensatornivelliere, die beim Präzisionsnivellement der Landesvermessung eingesetzt werden, ist nach Beschaffung oder Instandsetzung zu überprüfen. Der Einfluß darf in Nord-Süd-Richtung eine Grenzabweichung von 0,1 mm/km nicht überschreiten (LVermA NRW 1999). Diese Prüfmessungen werden nicht von den Vermessungsverwaltungen selbst, sondern von geeigneten Kalibrierstellen wahrgenommen.

Die Prüfung der Nivellierinstrumente auf Funktionstüchtigkeit findet in der Regel wöchentlich statt. Dabei wird die Neigung der „elektronischen Zielachse“ ermittelt, im Instrument gespeichert und automatisch bei der digitalisierten Höhenmessung berücksichtigt. Zur Prüfung der Meßunsicherheit bestehen einfache Feldverfahren (DIN 1990, Staiger 1998, LVermA NRW 1999, Witte und Schmidt 2000, ISO 2001). Desweiteren ist auf eine korrekte Libellenjustierung am Instrument und an den Latten zu achten.

6.4 GPS-Antennen

Der bevorstehende Endausbau des SAPOS-Dienstes in Deutschland hat heterogene GPS-Antennenfelder zur Folge, zum einen durch die Gruppe der SAPOS-Permanentstationen und zum anderen durch die Gruppe der Feldantennen (Roverantennen). Diese Antennenvielfalt erfordert eine entsprechend qualifizierte Kalibrierung, um das hohe Genauigkeitspotential des SAPOS-Dienstes (Tab. 2) auszuschöpfen (AdV 1998, www.sapos.de). Für die GPPS- und GHPS-Anforderungen ist ein Modell komplexer Antennenparameter zu berücksichtigen. Mit Bezug zu einem definierten Antennenreferenzpunkt (ARP) werden getrennt für die L1- und L2-Frequenz Nullpunktkorrekturen in Form von konstanten Lage- und Höhen-Offsets sowie richtungsabhängige (d.h. elevations- und azimutabhängige) Phasenzentrumsvariationen (PCV) ermittelt (Campbell und Görres 1999 und 2001, Seeber et al. 2000, Schupler und Clark 2001).

Es besteht derzeit ein AdV-weiter Konsens, daß die SAPOS-Permanentstationsantennen individuell zu kalibrieren sind, wohingegen für die Feldantennen aufgabenspezifische Lösungen in Form einer Typkalibrierung mit eingeschränktem PCV-Modell ausreichen. Typbezogene Antennenparameter des IGS (International GPS Service), des NGS (National Geodetic Survey in USA) und

des SAPOS-Dienstes stehen im Internet frei zur Verfügung (http://igs.cb.jpl.nasa.gov/igs/cb/station/general/igs_01.pcv; www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/index.shtml; www.sapos.de). Firmenangaben der Antennenparameter sind für präzise GPS-Messungen nicht zu empfehlen. Ein bestimmtes Verfahren der Antennenkalibrierung wird nicht vorgegeben, derzeit ist die Relativkalibrierung mit Bezug zu einer Dorne-Margolin-T-chokering-Antenne weltweit in Anwendung. Die Absolutkalibrierung ist stark in der Diskussion, sie ist aber noch kein allgemein anerkannter Standard. Die Standardabweichung der Offset-Parameter soll <1 mm und der PCV-Parameter <2 mm sein (AdV 1998, Elsner 2001).

Seit Ende 2000 nimmt das Landesvermessungsamt NRW die Aufgabe der GPS-Antennenkalibrierung selbst wahr und wird dabei vom Geodätischen Institut der Universität Bonn beraten. Die Relativkalibriermessungen werden auf einer Meßschiene auf dem Flachdach des LVermA-Gebäudes (SAPOS-Permanentstation Bonn, Abb. 3) vorgenommen und mit dem Programm WaSoft/Kalib (www.wasoft.de) ausgewertet. Es sind alle Antennen der SAPOS-Stationen in NRW individuell kalibriert (Offsets und Elevations-PCV; www.lverma.nrw.de/sapos/SAPOSintern/saposINTERNentwicklung/antennen/pur_antennen.htm).

Die GPS-Empfänger selbst entziehen sich der Kalibrierung. Der Benutzer kann lediglich eine Prüfung auf Funktionstüchtigkeit durch einfache Feldverfahren mit Sollkoordinatenvergleich durchführen (IM NRW 1997).

7 Schluß

Die Vermessungsverwaltungen der Bundesländer in Deutschland haben nach § 26 Bundeseichgesetz das Recht und die Pflicht, Eichvorschriften zu erlassen. Durch dieses Recht gestalten und beeinflussen die Vermessungsverwaltungen eigenverantwortlich und gegebenenfalls in Abstimmung innerhalb der AdV die Eichung der Vermessungsgerätschaften. Dadurch sind ergebnisorientierte, praxisnahe und wirtschaftliche Eichungen (Kalibrierung und Eichschein) gewährleistet, die wiederum zu qualifizierten Vermessungsergebnissen führen. Desgleichen ist die Prüfung der Meßausrüstungen hinsichtlich Funktionstüchtigkeit und Genauigkeit eine ständige Pflicht der Vermessungsverwaltungen. Hingegen bleibt die Untersuchung von Meßausrüstungen auf ihre Leistungsfähigkeit sowie die Entwicklung von Kalibrierverfahren anderen Stellen, insbesondere den

Hochschulen, überlassen. Die Vermessungsverwaltungen beteiligen sich wohl an den zuständigen DIN- und ISO-Normungsgremien.

8 Literatur

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (AdV) (1998): Bericht der Expertengruppe GPS-Referenzstationen im Arbeitskreis Grundlagenvermessung. Druck: Baubehörde der Freien und Hansestadt Hamburg.

CAMPBELL, J. und B. GÖRRES (1999): Workshop zur Festlegung des Phasenzentrums von GPS-Antennen. Geodätisches Institut der Universität Bonn, Bonn.

CAMPBELL, J. und B. GÖRRES (2001): 3. GPS-Antennen-Workshop. Geodätisches Institut der Universität Bonn, Bonn.

DEUTSCHER BEAMTENBUND (DBB) (1999): Qualitätsmanagement in der öffentlichen Verwaltung. DBB-Konzept zur Dienstrechts- und Verwaltungsreform. DBB-Reihe „Verwaltung 2000“, Band 5, Bonn.

DIN 1319-1 (1995): Grundlagen der Meßtechnik – Teil 1: Grundbegriffe. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 6403 (1976): Meßbänder aus Stahl mit Aufrollrahmen oder Aufrollkapsel. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 18 717 (1996): Präzisions-Nivellierlatten. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 18 723 (1990): Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung geodätischer Instrumente. Teil 1 bis 8. Beuth Verlag, Berlin.

ELSNER, C., W. KNAPP, H.-D. SCHULER, M. SPATA (1999): Zur Eichung der Vermessungsinstrumente und –geräte beim Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen. Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst Nordrhein-Westfalen, 32. Jg., S. 165-183.

ELSNER, C. (2001): Antennenkalibrierung in Nordrhein-Westfalen – Praktisches Vorgehen. In: 3. GPS-Antennen-Workshop 2001 (Hrsg.: J. Campbell und B. Görres), Geodätisches Institut der Universität Bonn, Bonn.

- FRÖHLICH, H. (1992): Auswertung von Eichmessungen für EDM-Geräte mit AED. Begleitbuch mit Diskette. Dümmlers Verlag, Bonn.
- HEISTER, H. (1994): Zur Überprüfung von Präzisions-Nivellierlatten mit digitalem Code. In: Schriftenreihe Studiengang Vermessungswesen, Universität der Bundeswehr München, Heft 46, S. 95-101.
- HEISTER, H. (2000): Zur Überprüfung geodätischer Instrumente. In: Schriftenreihe Studiengang Vermessungswesen, Universität der Bundeswehr München, Heft 60, Band 1.
- INNENMINISTERIUM NORDRHEIN-WESTFALEN (IM NRW 1996): Vermessungspunkterlaß vom 12.01.1996 (VPErl.). Druck: Landesvermessungsamt NRW, Bonn-Bad Godesberg.
- INNENMINISTERIUM NORDRHEIN-WESTFALEN (IM NRW 1997): Richtlinien zum Einsatz von satellitengeodätischen Verfahren im Aufnahmepunktfeld und im nachgeordneten Vermessungspunktfeld vom 19.12.1997 (GPS-Richtlinien (AP)). Druck: Landesvermessungsamt NRW, Bonn.
- INNENMINISTERIUM NORDRHEIN-WESTFALEN (IM NRW 2000): Richtlinien zur Eichung und Prüfung von EDM-Instrumenten (Eichrichtlinien EDM). Entwurf vom Mai 2000, Düsseldorf.
- ISO 17123 (2001): Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments, Part 1-6. Final draft international standard (FDIS), Beuth Verlag, Berlin.
- JOECKEL, R. und M. STÖBER (1995): Elektronische Entfernung- und Richtungsmessung. 3. erweiterte Auflage, Wittwer-Verlag, Stuttgart.
- LANDESVERMESSUNGAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (LVermA NRW 1991): Auswertung von Eichmessungen elektrooptischer Distanzmeßgeräte mit AED (Version 1990 – Handbuch. Bonn.
- LANDESVERMESSUNGAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (LVermA NRW 1993): Meßband-Eichung. 2. Auflage, Bonn.
- LANDESVERMESSUNGAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (LVermA NRW 1999): Richtlinien für die Durchführung von Präzisionsnivelllements der Landesvermessung. Bonn.

- MATTISECK, K. (1996): Die Bestimmung der Vermessungspunkte der Landesvermessung in Nordrhein-Westfalen – Der neue Vermessungspunkterlaß 1996. Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst Nordrhein-Westfalen, 29. Jg., S. 126-137.
- MAURER, W. und K. SCHNÄDELBACH (1983): First Experiences with a Vertical Comparator for the Calibration of Invar Rods. In: Precise Leveling (Hrsg.: H. Pelzer und W. Niemeier), Dümmlers Verlag, Bonn, S. 155-163.
- SCHAUERTE, W. und H. FABBENDER (1997): Anpassung der Maßstabskalibrierung auf „rechnende“ EDM-Instrumente. Vermessungswesen und Raumordnung, 59. Jg., S. 416-436.
- SCHMIDT, H.-G. (1995): Die Kalibrierung elektrooptischer Distanzmesser am Geodätischen Institut der RWTH Aachen – Eine Bilanz aus 14 Jahren. Vermessungswesen und Raumordnung, 57. Jg., S. 320-334.
- SCHUPLER, R. und A. CLARK (2001): Characterizing the Behavior of Geodetic GPS Antennas. GPS World, S. 48-55.
- SEEBER, G., F. Menge, V. Böder (2000): GPS-Antennen-Workshop 2000. Institut für Erdmessung der Universität Hannover, Hannover.
- STAIGER, R. (1998): Zur Überprüfung moderner Vermessungsinstrumente. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), S. 365-372.
- Witte, B. und H. Schmidt (2000): Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen. Vierte Auflage, Verlag Wittwer, Stuttgart.

- Abb. 1: Übersicht der EDM-Eicheinrichtungen in Nordrhein-Westfalen (Zeichnung: W. Knapp 2000)
- Abb. 2: Vertikalinterferenzkomparator zur Kalibrierung von Niv-Latten beim Landesvermessungsamt NRW (Foto: H.-D. Schuler 1999)
- Abb. 3: Meßschiene der SAPOS-Permanentstation Bonn (Foto: B. Galitzki 2000)



● Eichstrecke mit Beobachtungspfeiler

◆ Messschiene

▲ Frequenzmessplatz

Detaillierte Auskünfte erteilen:

das Landesvermessungsamt NRW in Bonn

die Bezirksregierungen in
Arnsberg, Detmold, Düsseldorf, Köln, Münster





RS576

SAPOS-Referenzstation
Bonn