



Ein neuer Komparator für die Kalibrierung von Nivellierlatten auf der Basis eines optischen Encodersystems

Florjan Vodopivec,
Dušan Kogoj

Um zuverlässige Ergebnisse beim Präzisionsnivellement zu erreichen, müssen Invarbandnivellierlatten auch heute noch kalibriert werden. Wegen der kodierten Teilungen – Barcode-Teilungen – müssen die Längenkomparatoren zur Strichfassung umgerüstet werden. Der Beitrag beschreibt den Umbau eines optomechanischen Komparators auf moderne Erfordernisse.

1 Einleitung

Die Arbeiten der Ingenieurvermessung, vornehmlich im Objektbau, sowie die Forschungsarbeiten bei der genauen Bestimmung von Boden- und Objektbewegungen werden noch lange auf dem präzisen geometrischen Nivellement als einer der genauesten geodätischen Höhenmessmethoden beruhen, trotz des Aufkommens neuer attraktiver Messmethoden.

Um zuverlässige Resultate zu erreichen, ist ein Präzisionsnivellement nicht ohne kalibrierte Invarnivellierlatten vorstellbar. Nun benötigen die neuen Digitalnivelliere kodierte Latten. Wegen der spezifischen Form der Lattenteilungen – so genannte *Barcode-Teilungen* – müssen diejenigen traditionellen Längenkomparatoren, die Strichteilungen erfassen konnten, umgerüstet werden. An der Fakultät für Bauwesen und Geodäsie (FGG) in Ljubljana wurden Strichteilungen über viele Jahre mit einer Zeiss-Längen-

messmaschine kalibriert. Über ihren Umbau soll im Folgenden berichtet werden.

2 Umbau der Zeiss-Längenmessmaschine

Die Zeiss-Längenmessmaschine ist ein massives optomechanisches Gerät, das ursprünglich für die Untersuchung von Endmaßen von maximal drei Metern Länge bestimmt war (Abb. 1). Insgesamt existieren nur vier solche Messgeräte. Eines davon befindet sich in Ljubljana.

Das Gerät wurde in Ljubljana zum Ausmessen von Strichteilungen traditioneller Invarnivellierlatten oder auch von Messbändern adaptiert. Die manuell verlaufende Messung war zeitaufwendig und anspruchsvoll. Es wurde die Teilstrichposition jedes Dezimeters gemessen. Die Messgenauigkeit war in höchstem Maße von der Erfahrung des Beobachters und der Wiederholungszahl abhängig. Pro Tag konnten zwei Personen ein Paar Nivellierlatten vergleichen. Mit der Einführung kodierter Teilungen stellte sich die dringende Forderung nach einer Modernisierung des Komparators [2].

Der Lehrstuhl für Geodäsie der FG hat zur Mitarbeit das Unternehmen *RLS Merilna tehnika* (Messtechnik) d.o.o. eingeladen, das sich unter anderem auch mit dem Bau und Umbau von zweckgerichteten Messeinrichtungen beschäftigt. Die hergestellten

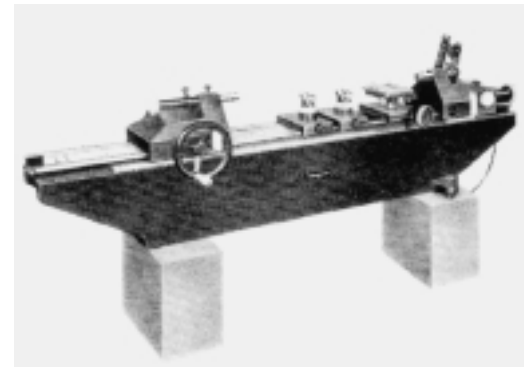


Abb. 1: Zeiss-Längenmessmaschine

Messgeräte sind für die Längenmessung bzw. die Messung von verschiedenen Gegenstandsformen in zwei Ebenen bestimmt.

Die Zeiss-Längenmessmaschine hat eine neue Form, vor allem aber einen neuen Inhalt bekommen. Bei der Längenmessung innerhalb von drei Metern ist die Qualität und Bearbeitung des Untersatzes bzw. der Führungsteilflächen im Rahmen des Untersatzes von entscheidender Bedeutung. Die bearbeiteten Füh-



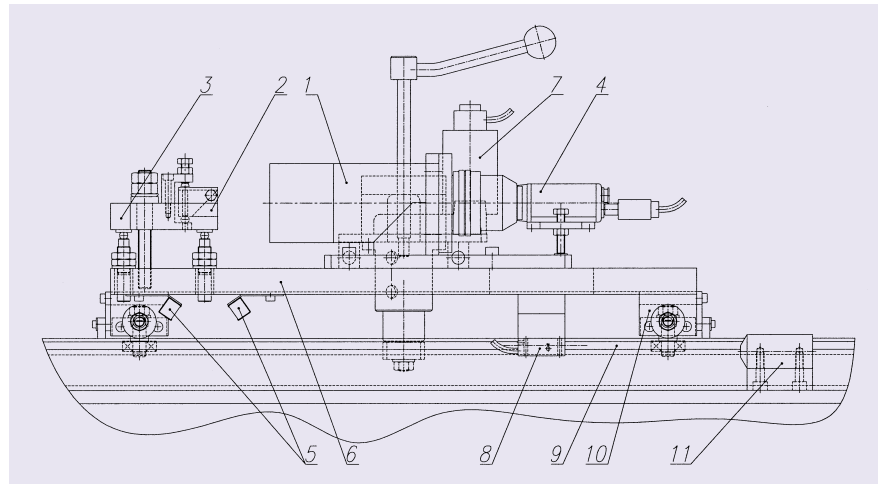
Abb. 2: Messwagen auf dem Komparatoruntersatz mit einer kodierten Invarnivellierlatte von Zeiss

rungsflächen müssen strengste Toleranzforderungen hinsichtlich Ebenheit, Geradlinigkeit und Parallelität erfüllen. Nur dann sind sie für das gedachte Messprinzip verwendbar. Der Corpus des alten Zeiss-Komparators hat sich als eine geeignete Unterlage erwiesen. Die Basis des erneuerten Komparators ist ein mechanisch sehr genau bearbeiteter und präzise horizontierter Untersatz, der in der Originalversion der Träger der optischen und mechanischen Teile für die optische Messungsweise war. Auf dem Untersatz wurde nun ein neuer Längenetalon (Messband) eingebaut und ein neu konstruierter Messwagen angebracht (Abb. 2) [2].

Die Basis des Messwagens ist eine Aluminiumplatte mit Kugellagern, mit deren Hilfe der Wagen auf dem Untersatz rollt. Abb. 3 zeigt den Aufbau der Messelemente auf der Tragplatte des Messwagens.

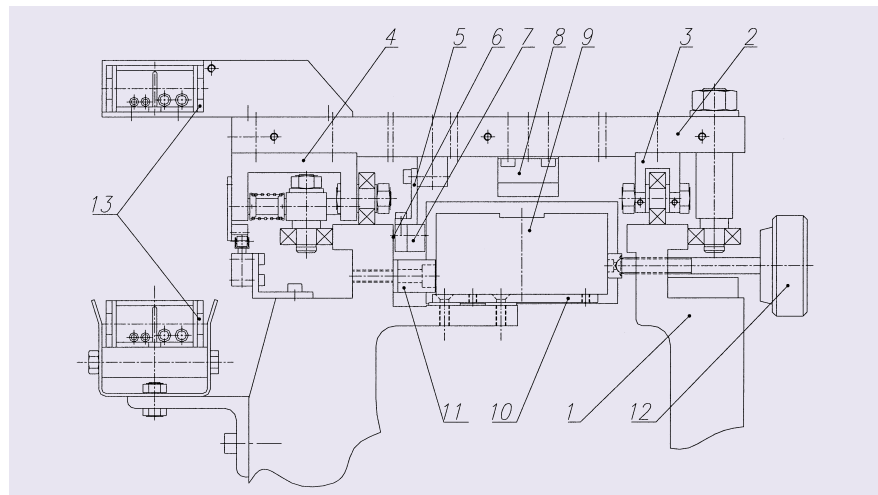
Der optische Teil des Messsystems besteht zunächst aus einer Standard-CCD-Kamera und einem telezentrischen Objektiv. Dazu kommt ein Prisma, das die Parallelität der optischen Achse des telezentrischen Objektivs mit der Bewegungsachse des Wagens besorgt und dadurch eine tiefer liegende Konstruktion des Messwagens ermöglicht. Zusätzlich zum optischen Teil sind auf der oberen Plattenseite eine Antriebsbaugruppe und eine Kabelkette angebracht. Auf der unteren Plattenseite sind noch ein Lesekopfträger und ein das Prüfstück gleichmäßig beleuchtender zweiteiliger Leuchtkörper aufgeschraubt (Abb. 3). Das neue Längenetalon (Optical Encoder System der Firma Renishaw) besteht aus einem selbst klebenden Messband, das direkt auf den Untersatz aufgeklebt ist, und einem Lesekopf, mit dem die Bewegung des Wagens mit einer Auflösung von 1 mm gemessen werden kann.

In Abb. 4 sind im Querschnitt der Untersatz des Komparators und die Lage der Nivellierlatte in der Messposition zu erkennen [2]. Um eine Nivellierlatte anzubringen, besitzt der Untersatz eine Tragkonsole, Seitenabstandshalter und Befestigungsklemmen.



- | | | |
|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1. Telezentrisches Objektiv | 5. Zweiteiliger Leuchtkörper | 9. Selbst klebendes Meßband |
| 2. Optisches Prisma | 6. Tragplatte | 10. Lagerträger |
| 3. Prismaeinspannelemente | 7. Antriebsbaugruppe | 11. Lattenfußanschlag |
| 4. CCD-Kamera | 8. Lesekopf | |

Abb. 3: Messwagenlängsschnitt und Etalonverbindungen



- | | | |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 1. Messgeräteunterstützung | 6. Selbst klebendes Messband | 11. Prüflingseitenabstandshalter |
| 2. Wagentragplatte | 7. Lesekopf | 12. Befestigungsklemme |
| 3. Lagerträger L | 8. Leuchtkörper | 13. Kabelkette |
| 4. Lagerträger D | 9. Nivellierlatte (Prüfling) | |
| 5. Lesekopfträger | 10. Prüflingtragkonsole | |

Abb. 4: Kopplungsquerschnitt des Komparators und Prüfling (der Nivellierlatte)

gungsklemmen. Der Anschlag für die Aufsatzfläche der Latte (Abb. 5) enthält ein kleines Stück einer Strichteilung, deren Striche mit der CCD-Kamera angemessen werden können und deren Abstand zur Anschlagfläche sehr genau bekannt ist. Mit Hilfe dieser Teilung lässt sich der Nullpunkt der Latte mit hoher Genauigkeit bestimmen, d.h. die Position der Aufsatzfläche im System der Barcode-Teilung, für die sich durchaus Unterschiede im Rahmen der Fertigungstoleranzen ergeben können. Dieser Nachweis wird zunehmend bei einer vollständigen Kalibrierung von Nivellierlatten

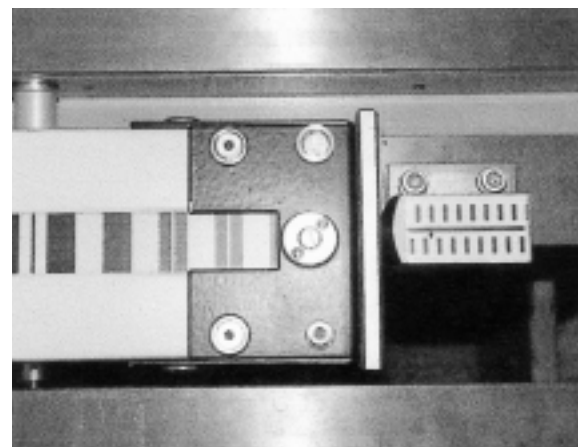


Abb. 5: Lattenfußanschlag mit einem Stück des Invarmessbands und eingespannter Nivellierlatte

verlangt. Ohne diesen Anschlag ließe sich dies nicht bestimmen, da sich die Lattenaufsatzfläche (Lattenfuß) wegen ihrer Form nicht direkt mit der CCD-Kamera erfassen lässt.

Ein weiterer Bestandteil des Messsystems ist ein PC. Er steuert und kontrolliert den Messablauf und besorgt die Auswertung der Messwerte. Auf ihm ist zusätzliche Hardware und Software installiert, und zwar:

- E/A-Schaltkarte zum Ein- und Ausschalten des Motors, zur Auswahl der Bewegungsrichtung, zur Überwachung der End- und Not-schalter,
- Schaltkarte zur Übertragung der Messwagenposition in den Datenspeicher,
- Schaltkarte zur Erfassung des Videosignals,
- Software zur Erfassung der Messwerte und zur Berechnung der gesuchten Resultate.

3 Ablauf der Messung

Während der Fahrt über dem Prüfling (Nivellierlattenenteilung) hält der Messwagen alle 9 mm an, was etwas weniger als die Höhe des Gesichtsfelds der Kamera ist. Nachdem er zur Ruhe gekommen ist, nimmt die Kamera eine Teilaufnahme auf. Die Kamerelage bei der Belichtung wird durch die augenblickliche Position des Lesekopfs in Bezug auf das Etalon-Messband festgelegt. Zwischen zwei Teilaufnahmen bewegt sich der Messwagen mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 cm/s. Die Software verarbeitet die Teilaufnahmen und setzt aus deren Reihenfolge dank der bekannten Positionen die gesamte Aufnahme des Prüflings zusammen. Der Datensatz wird gespeichert und kann dann für eine Analyse angezeigt werden. Die Aufnahme der gesamten Teilung einer 3-m-Nivellierlatte dauert ungefähr 10 Minuten.

3.1 Verarbeitung einer Teilaufnahme

Auf der Teilaufnahme in Abb. 6 sieht man einen dunklen ovalen, 6,3 mm langen und 1,3 mm breiten Strich auf einem hellen Untergrund.

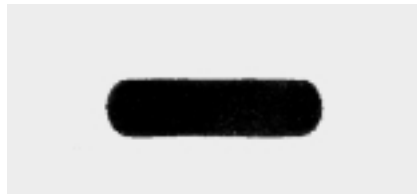


Abb. 6: Teilaufnahme

Das Gesichtsfeld der Kamera, ungefähr 12 x 9 mm, wird auf 750 x 570 Bildelemente – Pixel – abgebildet. Das Programm setzt zunächst den Wert der Vergleichsschwelle für die gesamte Teilaufnahme fest. Die Vergleichsschwelle ist jener Beleuchtungswert, der das arithmetische Mittel der Beleuchtungen der häufigsten Hell- und Dunkelpixel in einem Bereich der Teilaufnahme darstellt. Der Schwellenwert ändert sich in der Regel innerhalb der Teilaufnahme, deswegen wird bei der Errechnung der Schwelle in einem Bereich nur die Umgebung von ca. 90 x 70 Pixeln berücksichtigt. Mit diesem Verfahren wird der Einfluss einer ungleichmäßigen Beleuchtung des Prüflings auf die Genauigkeit der Berechnung der Strichkanten vermindert [2].

Es folgt die Konturenberechnung des Lattenteilungsstrichs – das sind diejenigen Pixelkoordinaten, in denen die Pixelbeleuchtung dem Vergleichsschwellenwert gleich wird. Dabei wird linear interpoliert.

Bei genau bekannter Abbildungsvergrößerung und mit Berücksichtigung der Kameraposition bei der Teilaufnahme wird im folgenden Schritt die im Pixelkoordinatensystem ausgedrückte Kontur in eine Kontur im Koordinatensystem des Messgerätes umgewandelt. Das verwendete telezentrische Objektiv ist so hochwertig, dass Abbildungsfehler aus einer Nichtlinearität der Vergrößerung vernachlässigt werden können.

3.2 Verarbeitung der Gesamtaufnahme

Die gespeicherte Aufnahme enthält die Daten über die Teilungsstrichkonturen längs der ganzen Lattenlänge. Das Programm ermöglicht deren Anzeige auf dem Bildschirm in beliebiger Vergrößerung und bietet die Werkzeuge für die Messauswertung der Konturen. Die Auswertung verläuft generell so, dass zunächst der zu messende Konturteil mit so genannten Wahlfenstern eingefangen wird. Aus den innerhalb der Wahlfenster liegenden Punkten errechnet das Programm die diesen Punkten am besten passenden Regressionsgeraden und -kreise. Dann werden die Zusammenhänge oder Messrelationen zwischen diesen Geraden und Kreisen festgelegt. Einige Beispiele der Messrelationen sind: Abstand zwi-

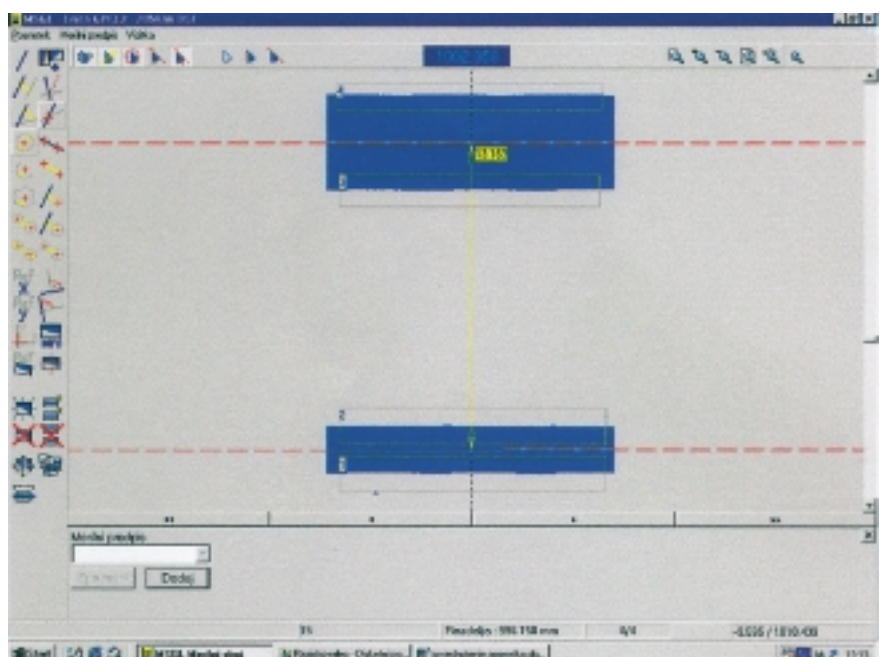


Abb. 7: Auswertungsbeispiel eines Teils der Gesamtaufnahme

schen zwei Geraden, Winkel zwischen Geraden, Symmetrieachse, Krümmungsradius ...

Abb. 7 zeigt ein Beispiel der Abstandsbestimmung zwischen den Mitten zweier Teilungsstriche. Sichtbar sind auch die bei der Errechnung der Markierungsmitte verwendeten Wahlfenster.

Für den Fall, dass die Lattenteilung beschädigt ist oder dass aus anderen Gründen auf der Teilung dunkle Flecken (Abbröckeln, Kratzer, Staub u. ä.) erscheinen, bietet das Programm eine Möglichkeit, diese Störungen zu beseitigen. In diesem Fall wird in zwei Schritten eine Regressionsgerade aus den im Wahlfenster liegenden Punkten berechnet. Im ersten Schritt werden alle im Fenster liegenden Punkte für die Berechnung benutzt und danach die Abweichung jedes Punktes von der Gerade bestimmt. Überschreitet die Abweichung einen Toleranzwert, wird der Punkt von der erneuten Berechnung der Geraden im zweiten Schritt ausgenommen. Mit dieser Art der Geradenberechnung wird die Messung weniger empfindlich gegenüber zufälligen und groben Teilungsfehlern [2].

Das Auswerteprogramm bietet weiterhin die Möglichkeit, Wahlfenster und Messrelationen im Voraus zu berechnen. Damit lässt sich ein Messablauf vorprogrammieren, der auf die spezielle Codeteilung eines bestimmten Lattentyps zugeschnitten ist. Bekanntlich unterscheiden sich die Grundbreiten und die Anordnung der Codestriche zwischen den verschiedenen Herstellern. Die Messvorschrift lässt sich im Übrigen auch einfach ändern und damit wechselnden Forderungen anpassen. Die Ergebnisse der Messungen werden in den vorgesehenen Speicherplatz kopiert, in einer für die weitere Analysen geeigneten Form.

4 Komparatorkalibrierung und -zertifizierung

Nach der abgeschlossenen Montage und Funktionsprüfung des Komparators wurde unter Mitarbeit des bevollmächtigten Kalibrierungslabors *SŽStroji in tehnološka oprema d.o.o. Kalibracijski laboratorij Ravne na Koroškem* der Komparator kalibriert und seine Genauigkeit kontrolliert. Das Verfahren umfasste die Kalibrierung des Renishaw-Messsystems und des Kameramesssystems. Die Untersuchung wurde mit einem Laserinterferometer und einem Referenzstahlmaßstab mit Strichteilung nach standardisiertem Verfahren durchgeführt. Die bei den Messungen verwendeten Längentalone verfügten über die durch USM (slowenisches Standardisierungs- und Metrologieamt) überprüfte Zurückverfolgbarkeit bis auf internationale Etalone. Auf Grund der Messergebnisse wurde eine Korrekturkurve berechnet. Die Parameter dieser Kurve wurden in die Auswertungssoftware für die Aufnahmen eingeführt. Die Messungen wurden dann wiederholt. Das Endergebnis der Kalibrierung war die Bestimmung der Messunsicherheit des Komparators. Der Komparator hat das amtliche Kalibrierungszertifikat erworben [7].

Zusätzlich wurde der Komparator in drei Messreihen mit dem Laserinterferometer des Geodätischen Prüflabors am Lehrstuhl für Geodäsie der Technischen Universität München untersucht (Prof. Dr. K. Schnädelbach und Dr.-Ing. W. Maurer). Dieses Labor besitzt große Erfahrungen

auf dem Bereich der Kalibrierung von Nivellierlatten und der Herstellung von Komparatoren [6].

Die Ergebnisse der beiden Kontrollmessungen sind in Abb. 8 dargestellt. Die Grafik zeigt die Abweichungen der jeweiligen Kontrollwerte gegenüber den Messwerten des Komparators, für die jeweils eine Regressionsgerade errechnet wurde. Ihre Steigung definiert die Endkorrektur des Komparatormeters auf das internationale Meter.

Es zeigte sich, dass Abweichungsunterschiede in verschiedenen Abständen vom Ausgangspunkt vorkommen. Dies ist wahrscheinlich eine Auswirkung der Zufallseinflüsse auf die Interferenz- und Komparatormessungen. Die beiden Kontrollmessungen bestimmen praktisch denselben Lineartrend. Die Regressionskoeffizienten weichen voneinander nur um 0,0005 ab, also $0,5 \mu\text{m}$ auf einer Länge von 1 m. Dies liegt mit Sicherheit im Genauigkeitsniveau der Interferenzmessungen. Damit besitzt der Komparator die geforderte Messwiederholbarkeit. Die auf Grund von beiden Kontrollen bestimmte Korrektur des Komparatormeters beträgt $+ 2 \text{ ppm}$.

5 Weitere Verarbeitung der erfassten Daten von Präzisions-Nivellierlatte

Das Bilderfassungs- und -verarbeitungsprogramm ermöglicht die Erfassung und Verarbeitung der gesamten Teilung einer Nivellierlatte bis zu einer Länge von 3 m, ein-

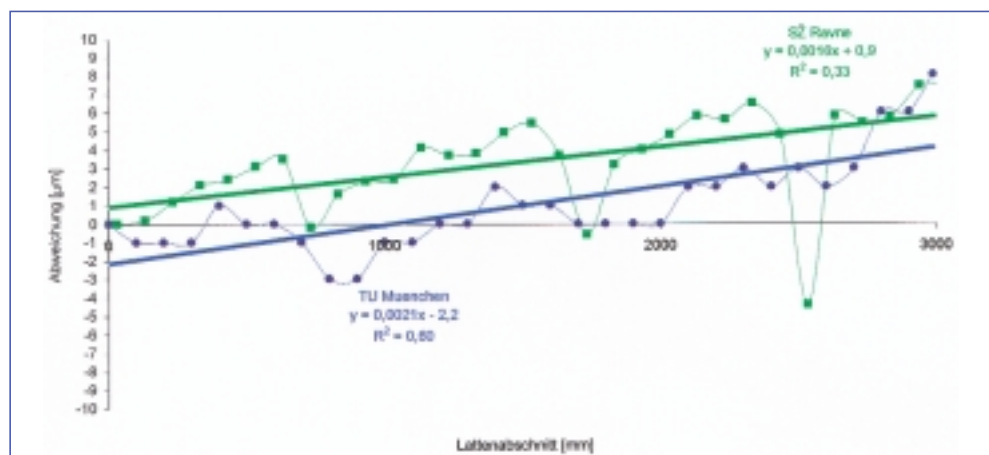


Abb. 8: Abweichungen der Komparatorausmaße von den Vergleichswerten (Interferometer)

schließlich des Systems zur Bestimmung des Latten-Nullpunkts. Die Bestimmungsart des mittleren Lattenmeters und des Latten-Nullpunkts benötigt die Ausarbeitung von zwei verschiedenen Messvorschriften.

5.1 Bestimmung des mittleren Lattenmeters

Bei der Bestimmung des mittleren Lattenmeters wird die Position aller Teilungsstriche berücksichtigt. Die Strichzahl hängt von der Lattenlänge und Teilungsform ab. Das bedeutet z. B.: 597 Messungen für eine 3-m-Nivellierlatte mit Halbzentimeter-Strich-Teilung, 339 Messungen für eine Codelatte Leica GPCL3 und 265 Messungen für die Codelatte Zeiss LD3. Die Position jedes einzelnen Striches wird auf Grund der Messvorschrift mit dem Abstand der Symmetrieachse des den Strich definierenden dunklen Feldes von der Symmetrieachse des Anfangsstriches der Teilung bestimmt (Abb. 9). Der Abstand wird in Millimetern ausgedrückt, die Anzeigegenauigkeit beträgt 1 µm. Nachdem alle Positionen festgelegt sind, werden die Daten über die Ablagestelle in das Programm zur weiteren Verarbeitung übertragen.

Das Labor, in dem sich der Komparator befindet, ist klimatisiert. Es wird eine konstante Soll-Temperatur von 20 °C gesichert. Zusätzlich wird mit Präzisionsthermometern die Temperatur der Nivellierlatte und des Komparators gemessen. Aus der Differenz zwischen Ist- und Solltemperatur wird für die Messwerte eine Temperaturkorrektur errechnet. Dabei wird gleich die Korrektur wegen des Komparators miteinander bezogen. Die reduzierten Messwerte werden dann mit den Nominalwerten der Lattenteilung verglichen. Aus den Abweichungen errechnen sich die Elemente einer Regressionsgeraden nach der Methode der kleinsten Quadrate. Ihr Koeffizient stellt die Korrektur des mittleren Lattenmeters dar. Auf Grund der Messkorrekturen und der Kovarianzmatrix der Unbekannten wird die Genauigkeit der gemessenen und gesuchten Werte geschätzt (Abb. 11).

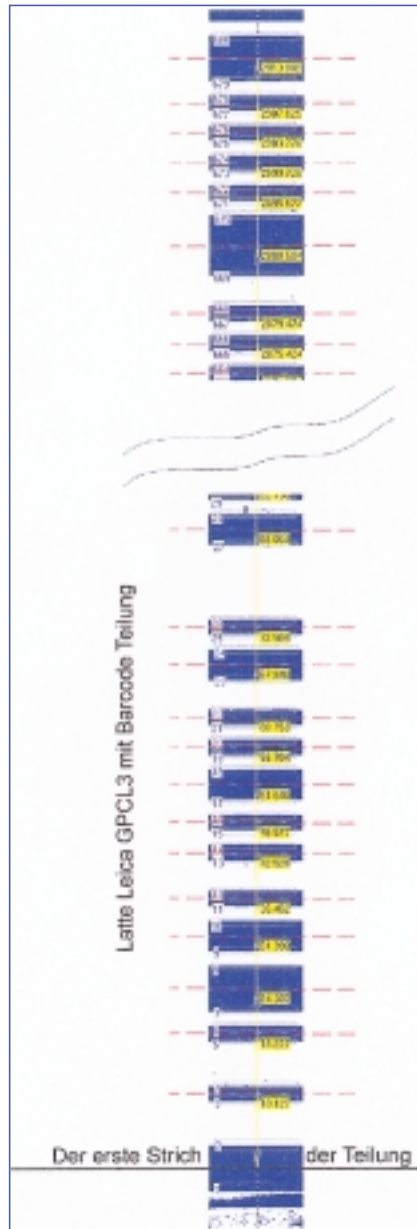


Abb. 9 Auswertung des mittleren Lattenmeters

5.2 Bestimmung des Latten-Nullpunkts

Die Latten-Nullpunkts-Korrektur ist eine zweite Lattenkonstante. Sie besagt, um wie viel der Abstand eines definierten Teilungsstriches von der Lattenaufsatzfläche von seinem Sollwert abweicht. Die Messung beruht auf der Erfassung von neun Strichen des am Lattenanschlag befestigten Invarbandes und der ersten acht Teilstriche der Codeteilung der Latte (Abb. 10).

Auf Grund des Doppelvergleiches wird ein Mittelwert für den Abstand des ersten Teilungsstriches von der Aufsatzfläche ermittelt und aus dem Vergleich mit der Sollposition eine

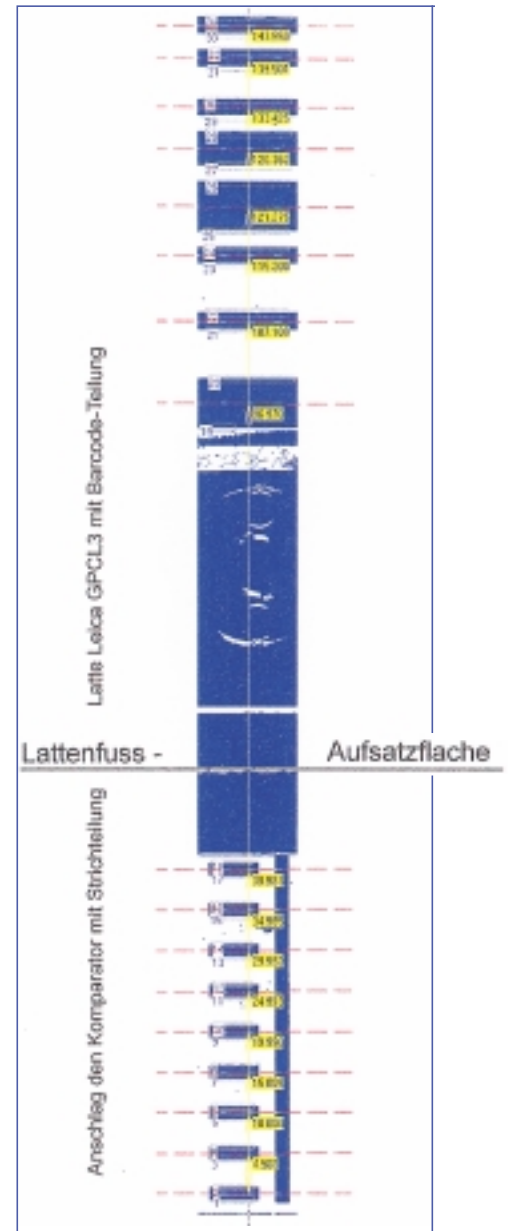


Abb. 10 Auswertung des Latten-Nullpunkts

Latten-Nullpunkts-Korrektur bestimmt. Die überzähligen Messungen erlauben eine Schätzung der Genauigkeit der Messungen und des gesuchten Wertes (Abb. 11).

Am Ende des Nivellierlattenvergleiches steht ein Bericht über die Kalibrierung, der alle wichtigen Messdaten und Ergebnisse sowohl in numerischer als auch in graphischer Form enthält. Aus der Grafik lassen sich die vorhandenen zufälligen oder groben Teilungsfehler erkennen [3], [4].

6 Schlussbemerkung

Die renovierte Zeiss-Längenmessmaschine ermöglicht die Ermittlung

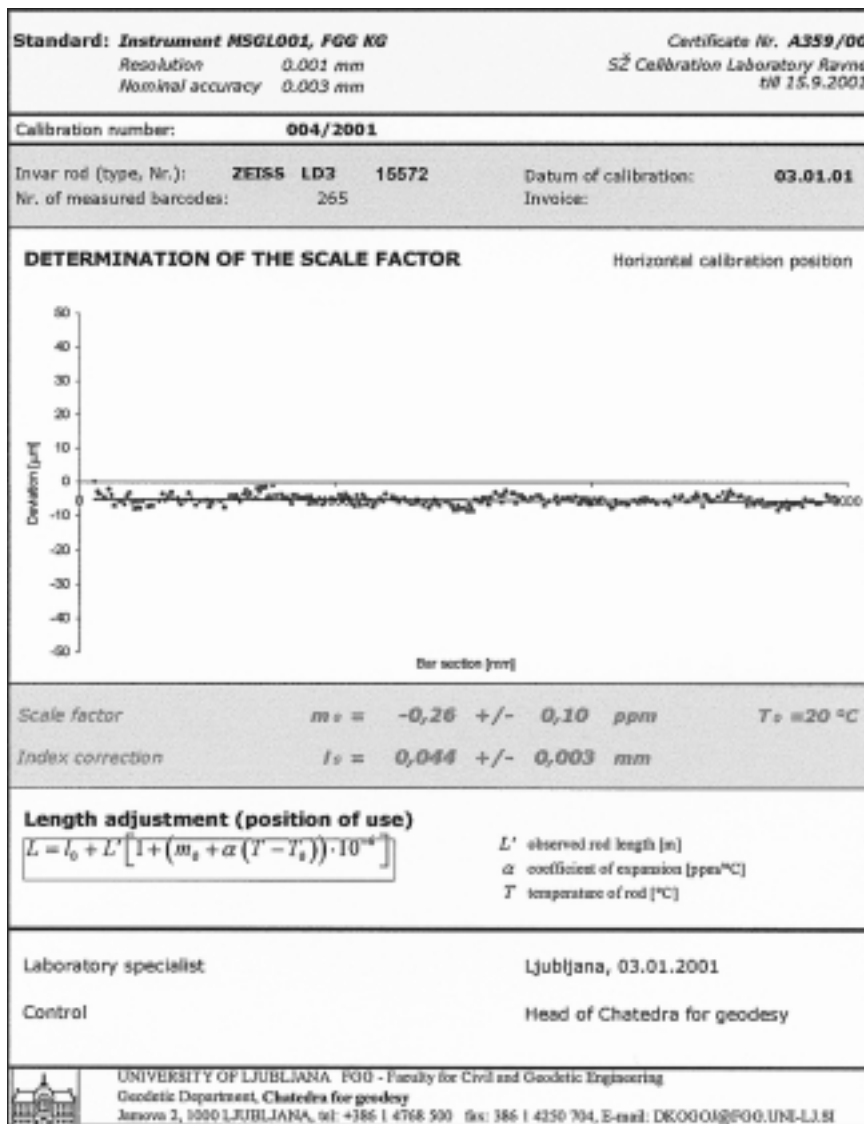


Abb. 11 Bericht über die Kalibrierung

des mittleren Lattenmeters und des Latten-Nullpunkts von Präzisions-Invarnivellierlatten mit einer Strich- oder Barcode-Teilung beliebiger Hersteller. Das Kalibrierverfahren ist schnell und zuverlässig. Die Genauigkeit des Komparators wurde zertifiziert und von Spitzenexperten nachgeprüft. Im Hinblick auf die ausgezeichneten und zuverlässigen Ergebnisse soll der Nivellierlattenkomparator am Lehrstuhl für Geodäsie der FGG-Geodäsieabteilung demnächst in das internationale Komparatorensystem der Universitäten Bonn, Darmstadt, Graz, München und Zürich aufgenommen werden, die durch einen Ringvergleich messtechnisch auf höchstem Genauigkeitsniveau miteinander verbunden sind. Der Vergleich selbst wird auf der Basis einer Reihe

von ausgewählten Nivellierlatten der TU München unter den gleichen Messbedingungen ausgeführt.

Zusätzlich zur Gewährleistung der geforderten Wiederholgenauigkeit verfügt der Komparator MSGL001, wie wir ihn benannt haben, über einige Originallösungen. Das sind: verhältnismäßig kleine Ausmaße, Bewegung des Lesesystems entlang der fest eingespannten Nivellierlatte und eine spezifische Computerverarbeitung der Messaufnahmen. Die größte Besonderheit aber ist wahrscheinlich die Verwendung eines analogen Messbandes höchster Genauigkeit als Längentalon anstelle des üblichen Interferometers.

Literatur

- [1] KOGAJ P., JANEŽIČ R.: Navodila za uporabo merilne naprave MSGL,

RLS Merilna tehnika, Ljubljana, 2000.

- [2] KOGOJ D., VODOPIVEC F.: Določitev elementov Zeissovega komparatorja, Zbornik radova JUKEM 1988, Mjeriteljsko društvo Hrvatske, JUKEM, Split, S. 331–336, 1988.
- [3] MAURER W.: Calibration of Invar Levelling Rods and Digital Levelling Systems, Fachvortrag für FGG, Ljubljana 2000.
- [4] MAURER W.: Kalibrierung von Nivellierlatten, Ingenieurvermessung 2000, München 2000.
- [5] MAURER W., SCHNÄDELBACH K.: Bestimmung der Systemgenauigkeit der digitalen Nivelliere NA2000 / NA3000, Mitt. d. Geod. Inst. d. TU Graz, Folge 78, S. 139–147, 1993.
- [6] MAURER W., SCHNÄDELBACH K.: Kalibrierung der optischen Bank „TU Ljubljana“, TU München, November 2000.
- [7] SŽ Stroji in tehnološka oprema, Kalibracijski laboratorij Ravne na Koroškem: Certifikat o kalibraciji A 359/00, Ravne na Koroškem, September 2000.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. FLORJAN VODOPIVEC
 Außerord. Prof. Dr. DUŠAN KOGOJ
 Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (Fakultät für Bauwesen und Geodäsie),
 SI-1000 Ljubljana, Jamova 2,
 Slovenia
 Tel.: 01 4768 634; Fax: 01 4250 704
 dkogoj@fgg.uni-lj.si,
 http://www.fgg.uni-lj.si/ogeo/

Zusammenfassung

Die modernen Längentalone und die Digitaltechnologie ermöglichen die Anmessung beliebiger Teilungen auf Invarnivellierlatten und eine automatische Auswertung der Messwerte. Eine sehr stabile Zeiss-Längenmessmaschine wurde durch den Einbau eines optischen Encodersystems auf den neuesten technologischen Stand gebracht. Der modernisierte Komparator ist bezüglich Präzision und Geschwindigkeit mit Komparatoren auf der Basis von Laserinterferometern vergleichbar.