

# Untersuchung von flexibel einsetzbaren Miniprismen der Firma Rothbucher Systeme

02.06.2020

Geodätisches Prüflabor am Lehrstuhl für Geodäsie  
der Technischen Universität München

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil Thomas Wunderlich

Dr.-Ing. Peter Wasmeier

Untersuchungsdurchführung:

Geodätisches Prüflabor am Lehrstuhl für Geodäsie  
Technische Universität München  
Arcisstraße 21  
80333 München

Auftraggeber:

Rothbucher Systeme  
Reichenhaller Str. 109A  
83435 Bad Reichenhall

## 1 Untersuchungsauftrag

Die Firma Rothbucher Systeme in Bad Reichenhall fertigt Vermessungszubehör, unter anderem eine Reihe an verschiedenen schwenkbaren und drehbaren Miniprismen-Adaptoren. Gegenüber herkömmlichen Standard-Reflektoren zeichnen sich diese Prismenadapter insbesondere durch ihre Anbringungsmethode (Verschrauben, Verkleben oder Aufstecken auf Grundplatten), ihre flexible Handhabbarkeit sowie nicht zuletzt durch ihren deutlich günstigeren Preis aus. Dem gegenüber stehen eine entsprechende Fertigung aus weniger stabilen Materialien sowie ein gewisses Maß an Zentrierungsgenauigkeit durch die vielfältiger ausgeführten Freiheitsgrade der Prismenausrichtung und das notwendige Spiel der Einrast-Vorrichtung.

In einer Testreihe des Geodätischen Prüflabors am Lehrstuhl für Geodäsie der Technischen Universität München wurden mehrere Exemplare unterschiedlicher Prismentypen und Adapter hinsichtlich ihrer Genauigkeitseigenschaften untersucht. Im Vordergrund stand dabei bewusst eine Prüfung unter praktischen Anwendungs- und Handha-

bungsgesichtspunkten, bei der nicht Extremkonstellationen untersucht wurden, sondern durchschnittliche Anwendungsfälle. Dies bedeutet, dass z. B. bei der Anzielung von Prismen diese bewusst so ausgerichtet wurden, wie sie in der Praxis auch verwendet werden und nicht in den Randbereichen oder außerhalb der Spezifikationen. Grundsätzlich sind alle Prismen in einem Bereich von  $\pm 35^\circ$  messbar, wobei es aber in den Randbereichen zu Abweichungen in den ermittelten Koordinaten kommen kann. Dies ist einerseits ein Effekt einer veränderten Lichtweggeometrie im Prisma<sup>1</sup>, andererseits aber vor allem auch verursacht durch die Detektion der Prismenmitte mit automatisierten Zielerkennungsalgorithmen, wie sie heute nahezu ausschließlich in der Praxis eingesetzt werden. Die übliche Ausrichtung der Schwenkprismen zum Messgerät in einer der vorgegebenen Einraststellungen liegt deutlich innerhalb der unproblematischen Richtungsabweichungen. Die hier aufgezeigten Resultate stellen folglich Kennwerte für den üblichen Gebrauch der untersuchten Prismen und keine Grenzwerte für das gesamte Parameterintervall der Prismen dar.

## 2 Untersuchte Prismentypen

Für die Testreihe wurden jeweils drei Exemplare verschiedener Prismentypen von der Firma Rothbucher Systeme aus der laufenden Produktion entnommen und dem Geodätischen Prüflabor zur Verfügung gestellt. Eine Übersicht dieser Prismentypen findet sich in Tabelle 1.








Da vom Hersteller angegeben wird, dass kupferbeschichtete Prismen (Kürzel C) be-

vorzugt für Leica-Instrumente und silberbeschichtete Prismen (Kürzel S) bevorzugt für Trimble-Instrumente verwendet werden sollen, sind die meisten Untersuchungen mit beiden Gerätetypen durchgeführt worden. Dabei wurden aktuelle Geräte der gehobenen Qualitäts- und Preisklasse verwendet; namentlich eine Leica TS60 sowie eine Trimble S9 Totalstation.

---

<sup>1</sup> siehe auch: Vermessungsreflektoren – White Paper, Merkmale und Einflüsse. Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Schweiz, letztes Update 2017

Tabelle 1: Übersicht der geprüften Prismentypen

1		<p>RSMP380 – Silberbeschichtung <math>\varnothing</math> 25,4 mm</p> <p>Offset -16,9 mm (Leica +17,5 mm)</p>
2		<p>RSMP380 – Kupferbeschichtung <math>\varnothing</math> 25,4 mm</p> <p>Offset -16,9 mm (Leica +17,5 mm)</p>
3		<p>RSMP280 – Silberbeschichtung <math>\varnothing</math> 17,5 mm</p> <p>Offset -11,0 mm (Leica +23,4 mm)</p>
4		<p>RSMP390 – Kupferbeschichtung <math>\varnothing</math> 25,4 mm</p> <p>Offset -16,9 mm (Leica +17,5 mm)</p>
5		<p>RSMP390 – Silberbeschichtung <math>\varnothing</math> 25,4 mm</p> <p>Offset -16,9 mm (Leica +17,5 mm)</p>
6		<p>RSMP12 – Kupferbeschichtung <math>\varnothing</math> 17,5 mm</p> <p>Offset -5,4 mm (Leica +29,0 mm)</p>
7		<p>RSMP10 – Silberbeschichtung <math>\varnothing</math> 12,7 mm</p> <p>Offset -5,6 mm (Leica +28,8 mm)</p>

### 3 Additionskonstante

Eine elektronische Distanzmessung (EDM) auf reflektierende Prismen unterliegt einem konstanten Offset, wenn entweder der elektronische Nullpunkt einer Messeinheit nicht mit deren Bezugspunkt und/oder der Nullpunkt des Reflektors nicht mit dem Messpunkt zusammenfällt. Dieser Offset wird Additionskonstante genannt und stellt einen Korrekturwert für die entsprechende Kombination aus Messeinheit (z. B. Tachymeter) und Reflektor dar. Häufig wird in der Praxis der Einfluss der Messeinheit vernachlässigt und die Additionskonstante als reflektorspezifischer Parameter betrachtet; dies ist aber streng genommen nicht korrekt. Insbesondere bei präzise gefertigten Reflektoren kann der Anteil der Messeinheit sogar überwiegen.

Bei beweglich (schwenkbar) angeordneten Reflektoren existieren ggf. Additionskonstanten für beide Reflektorlagen, sofern die Schwenkachse vor oder hinter der Stehachse des Reflektors bezüglich des Bezugspunkts liegt. Wird die Ermittlung der Additionskonstanten durch Messung mit unbekanntem Teilstrecken in allen Kombinationen (Schwendener-Verfahren<sup>2</sup>, Abbildung 1) durchgeführt und das Prisma dabei entsprechend geschwenkt, so äußert sich dieser

Einfluss in der Größe der Standardabweichung der jeweils ermittelten Additionskonstante. Zu berücksichtigen ist dabei jeweils noch das grundsätzliche Genauigkeitsniveau der verwendeten EDM, welches bezüglich ihrer Auflösung eine Ermittlung des Schwenkachsenoffsets auch zulassen muss. Bei der Genauigkeitsangabe der Reflektoren sind die Einflüsse von Additionskonstante, Abweichung der Kippachse und sonstige geometrische Fertigungstoleranzen üblicherweise in der 3D-Zentriergenauigkeit zusammengefasst; direkte Werte für das Intervall der Additionskonstanten finden sich nicht. Geht man vereinfachend davon aus, dass der Anteil an der Zentriergenauigkeit der Herstellerangaben in allen Raumkomponenten jeweils gleich groß ist, so betragen die zu erwartenden Werte der längs wirkenden Additionskonstanten etwa 0,58 mm für 1 mm Zentriergenauigkeit und 1,15 mm für 2 mm Zentriergenauigkeit und stellen so einen Anhaltspunkt für die erwartbare Größenordnung dar.

Im vorliegenden Fall wurde für die Bestimmung der Additionskonstanten eine kalibrierte Leica Totalstation TS60 mit einer Richtungsgenauigkeit von 0,15 mgon und einer absoluten Streckenmessgenauigkeit von

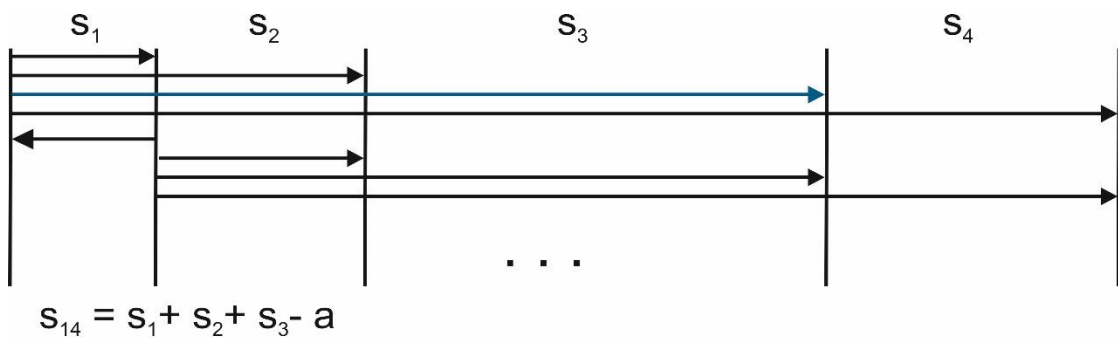


Abbildung 1: Prinzip der Additionskonstanten-Bestimmung in allen Kombinationen. Die Additionskonstante  $a$  ist Bestandteil jeder Einzelmessung im überbestimmten Auswertesystem; im Beispiel die Messung von 1 nach 4, bestehend aus den Teilstücken  $s_1$  bis  $s_3$  und  $a$ .

<sup>2</sup> Schwendener, H.R.: Elektronischer Distanzmesser für kurze Strecken – Genauigkeitsfragen und Prüfverfahren. Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen, Photogrammetrie und Kulturtechnik, S. 59ff, Winterthur, 1971

0,6 mm + 2 ppm unter bekannten und berücksichtigten meteorologischen Verhältnissen verwendet. Zur Prüfung eines ggf. vorhandenen Geräteanteils an der Additionskonstante wurde auf der vierteiligen Laborprüfstrecke mit 25 m Länge zuerst eine Referenzmessung mit einem Präzisionsreflektor Leica GPH1P durchgeführt. Der Hersteller gibt hier eine Zentriergenauigkeit von 0,3 mm an. Die Kalibrierung wurde durchgeführt durch viermalige Streckenmessung von jedem Standpunkt zu jedem Zielpunkt (Messung in allen Kombinationen) und erbrachte für das Referenzprisma eine Additionskonstante von  $+0,16 \text{ mm} \pm 0,08 \text{ mm}$ . Diese ist knapp signifikant, liegt aber innerhalb der Spezifikationen von EDM und Prisma. Sie beschreibt die Summe aus Geräte- und Reflektoranteil. Aus dem späteren horizontalen Messnetz wurde eine gerätespezifische Additionskonstante von  $+0,11 \text{ mm}$  (nicht signifikant) geschätzt. Es liegt daher kein Anhaltspunkt vor, dass die EDM-Einheit der verwendeten TS60 selbst einen signifikanten Anteil an einer ermittelten Additionskonstante aufweist. Die Additionsanteile der späteren Prüfungen können daher ausschließlich den jeweils untersuchten Prismen zugeordnet werden. Für die Trimble S9 wurde ebenfalls eine gerätespezifische Additionskonstante bestimmt. Diese beträgt  $-0,46 \text{ mm} \pm 0,08 \text{ mm}$  und ist hochsignifikant. Sie wurde daher bei den Tests hinsichtlich der Prüflings-Prismen berücksichtigt. Damit kann der verbleibende Addi-

tionsanteil ebenfalls ausschließlich auf das jeweils untersuchte Prisma bezogen werden.

In der Folge wurden die Prismentypen 1 – 3 auf ihre Additionskonstanten hin untersucht; die Typen 4 und 5 sind grundsätzlich baugleich und unterscheiden sich nur durch die zusätzliche drehbare Grundplatte. Es ergaben sich die in Tabelle 2 aufgeführten Resultate.

**Die ermittelten Additionskonstanten unterscheiden sich in der Stichprobe gruppenweise in Abhängigkeit vom Reflektordurchmesser und weisen eine Größenordnung von bis zu 0,5 mm auf. Die Genauigkeit der untersuchten Prismen liegt jeweils in der Größenordnung von herkömmlichen Standardprismen.**

Es ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmung der Additionskonstante auf einer Schwendener-Basis für jedes Prisma nur zwei Rastungen berücksichtigt und die Ergebnisse anders ausfallen können, wenn andere Rastungen berücksichtigt werden. Dies kann mittels einer umfassenden Prüfung aller Ausrichtungen innerhalb eines Ausgleichsnetzes durch Schätzung der Additionskonstanten geschehen, wie es üblicherweise bei der Prismenprüfung von Schwenkprismen vor der Markteinführung durchgeführt wird. Die Additionskorrektur ist dann als mittlerer Wert für alle Ausrichtungen enthalten.

Tabelle 2: Verbleibende Additionskonstanten der geprüften Prismentypen

Prismentyp	Nr.	Additionskonstante [mm]	Standardabweichung [mm]
1 – RSMP380 - S	1	-0,38	0,06
	2	-0,39	0,07
	3	-0,34	0,07
2 – RSMP380 - C	4	-0,33	0,07
	5	-0,49	0,07
	6	-0,38	0,07
3 – RSMP280 - S	7	-0,02	0,05
	8	+0,04	0,05
	9	+0,16	0,05

## 4 Zentriergenauigkeit von Schwenkprismen

Neben der reinen Untersuchung der Additionskonstanten lässt sich auch die Varianz der verkörperten Raumlage beim Schwenken der Prismen näher untersuchen.

Hier ist im Vergleich mit Standardprismen darauf zu achten, dass die Bedeutung der Zentriergenauigkeit in beiden Fällen leicht unterschiedlich ist:

- Ein herkömmliches Prisma wird üblicherweise mittels eines Prismenzapfens o. ä. entlang einer definierten (Steh-)Achse und in einem definierten Abstand über einem Referenzpunkt angebracht. Geht man davon aus, dass die Zentrierung der Prismenhalterung (z.B. Stativ, Dreifuß, Prismenhalter über einem Bodenpunkt oder, einfacher, ein Schraubzapfen in einem Wandbolzen) fehlerfrei ist sowie deren Maße korrekt sind, so entspricht die 3D-Zentriergenauigkeit der Abweichung des optischen Mittelpunkts des Prismas von der theoretischen Referenzpunktverkörperung. Hier gehen neben Achsabweichungen vom Drehzentrum und der Additionskonstanten auch geometrische Fehler in den Prismenmaßen ein.
- Die vorliegend untersuchten Schwenkprismen beziehen sich i. d. R. nicht auf einen Referenzpunkt, da die maßhaltige Anbringungsmöglichkeit fehlt. Vielmehr verkörpern sie durch ihr Prismenzentrum selbst den Referenzpunkt. Der Anspruch an bestimmte Abstandsmaße ist daher nicht vorhanden, wohl aber die Konstanz des Prismenzentrums selbst bei Bewegungen gemäß den jeweils vorhandenen Freiheitsgraden (Kippen / Schwenken bzw. zusätzlich Drehen bei entsprechender Grundplatte).

Zur Prüfung der Qualität von einfachen Schwenkprismen ist es daher ausreichend, diese entsprechend stabil zu montieren und dann die Messung von unterschiedlichen

Standpunkten bei unterschiedlicher Ausrichtung durchzuführen. Dabei werden die Prismen bewusst auf den jeweiligen Standpunkt ausgerichtet und schräge Anzielungen vermieden, da dies in der Praxis die übliche Vorgehensweise bei der Messung ist.

Der Vergleich der einzelnen Prismenausrichtungen erfolgt durch Koordinatenvergleich der gemessenen Zielpunkte. Dazu wird als Messlayout ein Netz bestehend aus vier Standpunkten mit jeweils gegenseitigen Beobachtungen auf Standardprismen angelegt, von dem aus die einzelnen Prüflingsausrichtungen als individuelle Einzelpunkte gemessen und koordiniert werden (Abbildung 2). Die Abweichungen der einzelnen Koordinaten ergibt die Stabilität der Punktzentrierung und damit ein Maß für die Stabilität der jeweiligen Drehachsen sowie den Einfluss der oben beschriebenen Additionskonstanten.

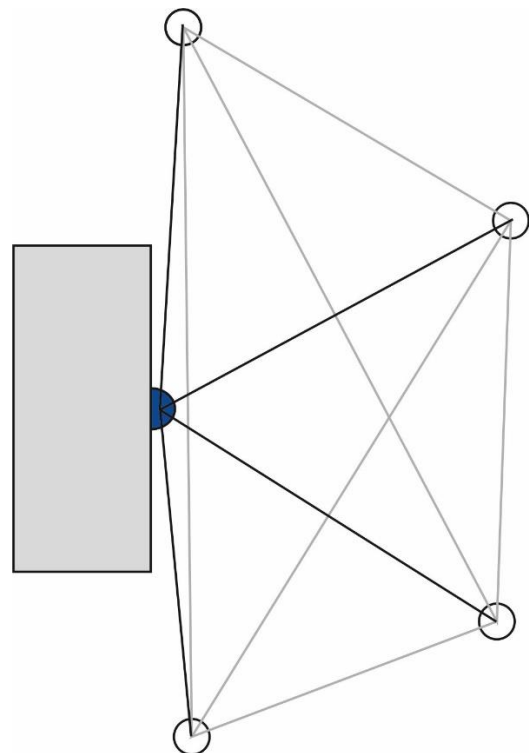


Abbildung 2: Netzanordnung zur Untersuchung der Zentrumsstabilität beim Schwenken (Draufsicht)

In einem ersten Versuch wurden wieder die neun Schwenkprismen der Typen 1 – 3 (RSMP280 und RSMP380) untersucht. Die Prismen wurden mit senkrecht stehender Schwenkachse an einer Wand befestigt, was den häufigsten Anwendungsfall simuliert. Die Standpunkte bilden entsprechend in etwa einen Halbkreis, um alle möglichen Blickrichtungen in der Hz-Ebene zu repräsentieren.

Die Untersuchungen wurden in getrennten Aufbauten für die Leica TS60 sowie die Trimble S9 durchgeführt.

Das für die Leica TS60 verwendete Basisnetz aus den vier Standpunkten weist in der Ausgleichung eine durchschnittliche Standardabweichung von 0,15 mm in Lage und 0,04 mm in Höhe auf. Der Messaufbau ist damit geeignet, die Koordinaten der verschiedenen Ausrichtungen der zu untersuchenden Prismen ohne Einflüsse der Standpunktmessungen mit ausreichend hoher Genauigkeit zu ermitteln. Alle Messungen wurden in vier Sätzen und zwei Lagen unter kontrollierten und berücksichtigten meteorologischen Bedingungen durchgeführt, so dass auch die gegenüber der Richtungsmessgenauigkeit im Nahbereich schwächere Distanzmessgenauigkeit der TS60 infolge statistischer Überbestimmung auf etwa 0,3 mm verbessert werden konnte. Für jedes Prisma liegen damit vier unterschiedliche Koordinatensätze zusätzlich zu einem ge-

meinsam ausgeglichenen Koordinatensatz vor.

Das für die Trimble S9 verwendete Basisnetz weist eine durchschnittliche Standardabweichung von 0,08 mm in Lage und 0,05 mm in Höhe auf.

Die Ergebnisse für die Leica TS60 finden sich in Tabelle 3, für die Trimble S9 in Tabelle 4.

**Die Variabilität des Prismenzentrums bzw. der davon repräsentierten Koordinaten liegt bei Messung mit einer Leica TS60 im Bereich von  $\pm 0,5$  mm. Bei Messung mit einer Trimble S9 liegt die Variabilität des Prismenzentrums im Bereich von  $\pm 1$  mm.**

Für den Prismentyp RSMP280 / RSMP380 überlagern die Ungenauigkeiten durch das Verschwenken und die Messgenauigkeit der verwendeten Tachymeter eine verbleibende Additionskorrektur teilweise, so dass letztere nicht zwingend separat zu berücksichtigen ist, wenn eine Genauigkeit von  $\pm 1$  mm gefordert ist.

Für beide Hersteller kann im untersuchten Nahbereich keine signifikant erkennbare Qualitätsabhängigkeit von der Prismenbeschichtung festgestellt werden, sondern ausschließlich vom Prismendurchmesser.

Die Abweichung in der Höhe ist naturgemäß geringer, da hier beim Schwenken im Versuch keine Auslenkung stattfand.

Tabelle 3: Zentrums-Reproduktionsgenauigkeit untersuchter Prismen beim Schwenken um eine vertikal stehende Achse mit Leica TS60 (maximale Abweichung vom Mittelwert)

Prismentyp	Nr.	Max Lage [mm]	Max Höhe [mm]	Std-Abw. Lage [mm]	Std-Abw. Höhe [mm]
1 – RSMP380 - S	1	0,47	0,07	0,41	0,04
	2	0,36	0,05	0,32	0,02
	3	0,54	0,10	0,46	0,07
2 – RSMP380 - C	4	0,20	0,05	0,16	0,03
	5	0,49	0,05	0,38	0,04
	6	0,33	0,05	0,28	0,04
3 – RSMP280 - S	7	0,39	0,07	0,29	0,05
	8	0,35	0,06	0,29	0,05
	9	0,42	0,07	0,30	0,05



Tabelle 4: Zentrums-Reproduktionsgenauigkeit untersuchter Prismen beim Schwenken um eine vertikal stehende Achse mit Trimble S9 (maximale Abweichung vom Mittelwert)

Prismenart	Nr.	Max Lage [mm]	Max Höhe [mm]	Std-Abw. Lage [mm]	Std-Abw. Höhe [mm]
1 – RSMP380 - S	1	1,01	0,11	0,84	0,08
	2	0,89	0,10	0,81	0,09
	3	0,99	0,05	0,81	0,05
2 – RSMP380 - C	4	0,87	0,06	0,73	0,05
	5	1,22	0,08	0,98	0,06
	6	1,00	0,09	0,81	0,07
3 – RSMP280 - S	7	0,87	0,09	0,70	0,06
	8	0,84	0,06	0,65	0,05
	9	0,87	0,07	0,70	0,05

## 5 Zentriergenauigkeit von Schwenkprismen auf Drehplatten

In einem weiteren Versuch wurde den Schwenkprismen ein weiterer Freiheitsgrad hinzugefügt, indem die Kombination mit horizontalen Drehplatten untersucht wurde (Typ RSMP390). Dazu wurde die Drehplatte mittels des vom Hersteller angebotenen magnetischen Halteadapters auf einem Pfeiler befestigt und von je vier Tachymeterstandpunkten, welche umgebend im Quadrat angeordnet waren, angezielt (Abbildung 3).

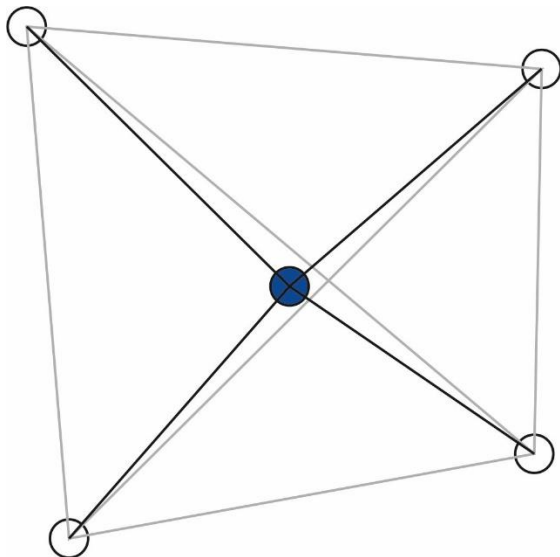


Abbildung 3: Netzanordnung zur Untersuchung der Zentrumsstabilität beim Drehen und Schwenken (Draufsicht)

Die Anzielungen erfolgten in beiden Prismenlagen je Standpunkt in jeweils 4 Sätzen und 2 Gerätelagen. Das dabei entstehende Basisnetz für die Leica TS60 erreichte in der Ausgleichung eine durchschnittliche Standardabweichung von 0,12 mm in Lage und 0,03 mm in Höhe, für die Trimble S9 entsprechend 0,13 mm in Lage und 0,10 mm in Höhe. Der Messaufbau ist damit auch hier geeignet, die Koordinaten der verschiedenen Ausrichtungen der zu untersuchenden Prismen ohne Einflüsse der Standpunktmessungen mit ausreichend hoher Genauigkeit zu ermitteln. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 und Tabelle 6 aufgeführt.

Im Ausgleichungsnetz bestätigt sich die Größenordnung der bereits bestimmten Abweichungen für diesen Prismenart, wobei zusätzlich ein Einfluss von bis zu 1 mm durch die Messung in zwei Lagen vorliegt (also bei Drehung der Bodenplatte um 180° und gleichzeitigem Umschwenken des Prismas um dessen Kippachse). Dies kann als Exzentrizitätsanteil des Prismenbezugspunkt aus der Drehachse der Plattenadapter interpretiert werden.

**Die Variabilität des Prismenzentrums bzw. der davon repräsentierten Koordinaten liegt bei der Leica TS60 bei allen Prismen in einer Größenordnung bis  $\pm 1$  mm, bei der Trimble S9 leicht darüber bis  $\pm 1,5$  mm.**

Für beide Hersteller kann im untersuchten Nahbereich keine signifikant erkennbare Qualitätsabhängigkeit von der Prismenbeschichtung festgestellt werden.

Tabelle 5: Zentrums-Reproduktionsgenauigkeit untersuchter Prismen bei Nutzung einer horizontalen Drehplatte mit Leica TS60 (maximale Abweichung vom Mittelwert)

Prismen-typ	Nr.	Max Lage [mm]	Max Höhe [mm]	Std Lage [mm]	Std Höhe [mm]
4 – RSMP390 - C	11	0,99	0,12	0,52	0,07
	12	0,69	0,37	0,52	0,24
	13	0,72	0,10	0,48	0,06
5 – RSMP390 - S	14	0,72	0,28	0,51	0,23
	15	0,64	0,34	0,42	0,24
	16	0,62	0,27	0,42	0,24

Tabelle 6: Zentrums-Reproduktionsgenauigkeit untersuchter Prismen bei Nutzung einer horizontalen Drehplatte mit Trimble S9 (maximale Abweichung vom Mittelwert)

Prismen-typ	Nr.	Max Lage [mm]	Max Höhe [mm]	Std Lage [mm]	Std Höhe [mm]
4 – RSMP390 - C	11	1,31	0,17	0,80	0,11
	12	1,03	0,30	0,65	0,23
	13	0,96	0,16	0,63	0,10
5 – RSMP390 - S	14	1,08	0,34	0,62	0,21
	15	0,85	0,35	0,57	0,26
	16	1,19	0,31	0,78	0,22

## 6 Genauigkeit von Steck-Miniprismen

Die Prismentypen 6 und 7 (RSMP12 und RSMP10) sind als Steckprismen für Bohrungen und Löcher gedacht. Entsprechend existieren Offsets zu den beiden möglichen Auflagepunkten Spitze und Köcherrückseite gemäß den Vorgaben des Herstellers. Um ein korrektes Messergebnis zu erzielen, gibt der Hersteller vor, dass die Prismen zum Messinstrument ausgerichtet sein müssen.

In einer Untersuchung mit einem eingemessenen Referenzpunkt sowie manueller Anbringung der Prismenspitzen an diesem Punkt ergaben sich für beide Prismentypen mit einem Leica-Tachymeter für alle sechs

untersuchten Exemplare Offsetabweichungen von maximal 0,7 mm, was einem Wiederholbarkeitswert für dauerhafte Anbringung entspricht.

Für die Untersuchung der Zentrums-genauigkeit unter unterschiedlichen Ausrichtungen (entsprechend einer Bewegung des Prismas um den Anhaltepunkt) wurden die beiden Prismentypen in einen Dreh- und Schwenkdapter eingespannt, dessen Maße bekannt und berücksichtigt sind. Ein Ungenauigkeitsanteil von bis zu 0,5 mm ist jedoch unvermeidbar. Der Bezug der Messung war jeweils die Köcherrückseite, welche nominell

einen Offset von 10 mm vom Prismenzentrum haben sollte. Die Anzielungen erfolgten hier im selben Netz wie bei der Untersuchung der Drehplatten-Prismen und wiederum in beiden Prismenlagen je Standpunkt und in jeweils 4 Sätzen und 2 Gerätelagen. Bei dieser Untersuchung wurde ausschließlich die Leica TS60 verwendet, nicht die Trimble S9. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

**Die Variabilität des Prismenzentrums bei der Nutzung eines Steckprismas der Typen RSMP10 oder RSMP12 mit Ausrichtung auf das Tachymeter kann mit  $\pm 2$  mm angegeben werden. Bei wiederholbarer oder dauerhafter Anbringung (Richtungsvorgabe durch Bohrung) verbessert sich der Wert auf  $\pm 1$  mm.**

Tabelle 7: Zentrums-Reproduktionsgenauigkeit untersuchter Prismen bei Nutzung einer Dreh- und Schwenkeinheit mit Leica TS60 (maximale Abweichung vom Mittelwert)

Prismentyp	Nr.	Max Lage [mm]	Max Höhe [mm]	Std Lage [mm]	Std Höhe [mm]
6 – RSMP12 - C	21	0,86	2,21	0,52	1,60
	22	0,98	2,13	0,73	1,32
	23	1,31	1,48	1,01	1,16
7 – RSMP10 - S	31	1,87	2,01	1,09	1,03
	32	1,69	1,24	1,37	1,35
	33	1,73	2,25	1,08	1,42

## 7 Realisierbare Messentfernungen

Die Prismentypen RSMP380 mit Kupfer- und Silberbeschichtung sowie RSMP280 mit Silberbeschichtung wurden auf ihre (automatische) Anzielbarkeit in zunehmender Entfernung vom Tachymeter untersucht. Dazu wurden wieder die Trimble S9 sowie die Leica TS60 verwendet. Beim Test unter normalen, bewölkten äußeren Bedingungen ergaben sich die in

Tabelle 8 aufgeführten realisierbaren Messentfernungen.

Den primären Faktor für die realisierbare Reichweite stellt der Prismendurchmesser dar. Lediglich bei weiten Entfernungen über 1000 m zeigt sich für das Leica-Instrument, dass ein mit Kupfer beschichtetes Prisma

mittels ATR auf geringfügig längeren Entfernungen angezielt werden kann.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen die erreichbaren Entfernungen deutlich anders ausfallen können (v. a. bei starker Sonneneinstrahlung oder Nebel wesentlich geringer).

*Tabelle 8: Realisierbare Messentfernungen auf Testprismen unter durchschnittlichen Bedingungen*

Prismen typ	Messung mit Trimble S9	Messung mit Leica TS60
1 – RSMP380 – S	bis ca. 550 m mit AutoLock bis ca. 1200 m ohne AutoLock	bis ca. 1100 m mit ATR bis ca. 1300 m ohne ATR
2 – RSMP380 – C	bis ca. 550 m mit AutoLock bis ca. 1200 m ohne AutoLock	bis ca. 1250 m mit ATR bis ca. 1300 m ohne ATR
3 – RSMP280 – S	bis ca. 500 m mit AutoLock bis ca. 1200 m ohne AutoLock	bis ca. 900 m mit ATR bis ca. 1300 m ohne ATR

**Verantwortlich für die Durchführung der Messungen und diesen Bericht:**



Dr.-Ing. Peter Wasmeier  
Leiter des Geodätischen Prüflabors am Lehrstuhl für Geodäsie  
Technische Universität München