

Prof. Dr. - Ing. H. - P. Fitzen

Labor für Längenmeßtechnik und Instrumentenprüfung der FH Bochum

Max - Planck - Straße 19 47906 Kempen

Fa. E. GOECKE

z. Hd. Herrn H. Goecke
Ruhrstraße 38

58332 Schwelm

Ihr Zeichen und Datum:
Datum:

Mein Zeichen:

Telefon:

Fi/37.97

02152/4934

03.07.97

Betr.: Überprüfung der Streckenmeßgenauigkeit von EDM auf Reflexzielmarke

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Labor für Längenmeßtechnik und Instrumentenprüfung habe ich die Streckenmeßgenauigkeit unterschiedlicher elektrooptischer Distanzmesser auf die

GOECKE Reflexzielmarke 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

untersucht. Für die Untersuchungen wurde ein Tachymeter ZEISS ELTA 3 Serie „E“, ein Tachymeter GEODIMETER 640 und ein Tachymeter LEICA TC 2002 herangezogen.

Bei Verwendung der o.a. GOECKE Reflexzielmarke an Stelle einer Signalisierung der Zielpunkte mit Prismen muß mit folgenden Besonderheiten gerechnet werden:

**im Nahbereich unter 10m gibt es Einschränkungen
Maximale Reichweiten liegen bei etwa 150 m
Additionskonstante muß angepaßt werden
große Verschwenkungswinkel nur bei reduzierten Distanzen
Änderung von Geräteeinstellungen bei LEICA Tachymetern**

Die Prüfungen haben ergeben, daß durch die Verwendung von Reflexionszielmarken keine deutliche Verschlechterung der Meßgenauigkeiten zu befürchten ist. Allerdings sollte der Anwender sich vorab über das Verhalten seines speziellen Instrumentes in Verbindung mit Reflexzielzeichen orientieren.

Mit freundlichen Grüßen

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

0. Vorbemerkung

Zur Erfassung von Objekten durch Einsatz geodätischer Meßverfahren müssen diese im Regelfall durch ausgewählte Punkte substituiert werden. Nach Aufmessung dieser Punkte erhält man ein numerisches Ergebnis, das als mathematisches Modell des tatsächlichen Objektes für die weiteren Bearbeitung herangezogen wird.

Die ausgewählten Punkte müssen im allgemeinen markiert werden. Dadurch wird sichergestellt, daß diese Punkte mit ausreichender Genauigkeit bei der notwendigen Messungskontrolle oder im Rahmen von späteren Wiederholungsmessungen erfaßt werden können. Für die Messung wird man heute i.a. elektronische Tachymeter verwenden, so daß die verwendete Zielmarkierung auf diesen Gerätetyp abgestimmt sein muß. Da das Ziel visuell eingestellt wird, ist eine optische Markierung erforderlich. Für den elektrooptischen Distanzmesser muß aber auch eine geeignete Reflektionseinrichtung vorhanden sein. Gewöhnlich kombiniert man deshalb ein Zielzeichen mit einem Prisma. Die neu entwickelte GOECKE-Reflexzielmarke kombiniert beides: sie realisiert sowohl das visuelle Ziel als auch die elektrooptische Reflexionsfläche. Weiterhin läßt sich der Zielpunkt unmittelbar (besser als 1mm) markieren, was bei der sperrigen Refelktor-Zielzeichen Kombination nicht möglich ist.

1. Zielmarkierung für die optische Anzielung

Bei der Messung mit Tachymeter oder Theodolit werden die Ziele vom Beobachter mit dem Auge (visuell) eingestellt. Auf dessen Eigenschaften muß das Zielzeichen abgestimmt sein: aus grundlegenden Untersuchungen ist bekannt, daß hierfür symmetrische Zielfiguren mit möglichst günstigem Kontrast bei allen Beleuchtungsbedingungen besonders geeignet sind. Unter diesen Vorgaben haben die geodätischen Instrumentenhersteller ihre Zielzeichen entwickelt. Häufig werden schwarz-weiß Figuren gewählt. Daneben gibt es aber auch Zielzeichen in gelb-schwarz (Wild - Leica) und rot-weiß (z.B.: Carl-Zeiss-Jena). Diese letzte Farbstellung hat auch nach eigenen Erfahrungen gerade unter kritischen Beleuchtungsbedingungen (Innenräume) deutliche Vorteile, da das Abbild des Zielzeichens immer als angenehm empfunden wird.

Trifft der Zielstrahl annähernd senkrecht auf die Zielfläche, so wird mit Vorteil eine keilförmige Zielmarkierung eingesetzt. Dieses geschieht z.B. bei Feinnivellement mit Planplattenmikrometer, wobei das Nivellier regelmäßig eine sog. „Keilmarke“ als Strichkreuz besitzt. Sind dagegen beim Anzielen alle Auftreffwinkel möglich, so wird das Zielzeichen in Abhängigkeit von diesem Winkel in der Strichkreuzebene perspektivisch verzerrt abgebildet. Unter diesen Bedingungen ist die Einstellung auf kreisförmige Figuren von Vorteil.

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Die GOECKE Reflexzielmarke berücksichtigt diese Gesichtspunkte: Es wurde eine rot-weiß Farbstellung gewählt, wobei möglichst große Flächen weiß bleiben. Bei annähernd senkrechtem Zielstrahl können die keilförmigen Marken benutzt werden, ansonsten stehen die konzentrischen Kreise zur Zieleinstellung zur Verfügung. Werden die Zielzeichen bei unterschiedlichen Distanzen benutzt, muß auch dieses bei der Zielzeichengestaltung berücksichtigt werden: zum einen gibt es die Zielzeichen in drei unterschiedlichen Größen mit einer Kantenlänge von 20mm, 40mm und 60mm. Zum anderen sind auf jeder Zielmarke die Keilmarken und Kreise in zentrierter Anordnung in verschieden Stärken vorhanden, so daß immer die für die jeweilige Distanz günstigste Zielfigur gewählt werden kann.

2. Zielmarkierung für die elektrooptische Messung

Tachymeter besitzen heute einen elektrooptischen Distanzmesser für die Streckenmessung. Der Streckenmeßteil strahlt eine modulierte Infrarot-Lichtwelle aus, die im Zielpunkt parallel zum einfallenden Strahl reflektiert wird und so zum Meßgerät zurück gelangt. Durch Phasenvergleich der abgestrahlten mit der empfangenen Lichtwelle kann die (doppelte) Strecke bestimmt werden (Phasenvergleichsverfahren). Die hiermit erzielbaren Genauigkeiten liegen immer unter 5mm +5mm/km.

Im Zielpunkt ist für die Reflexion ein Glasprisma erforderlich. Die gewünschte parallele Strahlumlenkung wird durch Verwendung einer räumlichen Ecke (Pyramide mit drei Deckflächen) erreicht. Da dieses Hilfsmittel immer eine räumliche Ausdehnung von mehreren Zentimetern hat, kann man einen anzielenden Punkt immer nur exzentrisch bestimmen. Die Prismen sind in einer bestimmten Weise auf einem Prismenstab oder einen Prismenträger zu befestigen. Hierbei wird der interne Lichtweg des Strahles im Prisma und z.T. durch eine Additionskonstante im EDM berücksichtigt. Da die Gerätehersteller unterschiedliche Konzepte verfolgen, sollten die Prismen wegen ihrer unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften nur mit EDM des gleichen Hersteller kombiniert werden. Bei gemischter Nutzung sind die unterschiedlichen Additionskonstanten zu beachten.

Elektrooptische Distanzmesser mit starken Sendern konnten schon immer zumindest auf kurze Distanzen auch Strecken ohne Reflektor messen. Auch kann es bei solchen Instrumenten bei der Streckenmessung (bis etwa 150m) zu Problemen kommen, wenn im Sendestrahle reflektierende Flächen sind, wie z.B. Straßenschilder oder Nummernschilder von Autos. Die GOECKE-Reflexzielmarke nutzt diesen Effekt zur Streckenmessung: ist im Sendestrahle kein Glasreflektor, so wird die Streckenmessung der heutigen leistungsstarken EDM auch auf Reflexfolie ausgeführt. Da das Reflexionsverhalten einer Folie natürlich nicht mit dem eines geschliffenen Glaskörpers mithalten kann, ist die Reichweite deutlich reduziert. Die Kombination von Reflexfolie mit einem geeigneten Zielzeichen führt zu einem Reflexzielzeichen, das für die Anzielung mit dem Auge und zur Streckenmessung mit EDM geeignet ist.

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

3. Optische Eigenschaften der GOECKE Reflexzielmarke

Die Reflexzielmarke unterscheidet sich bezüglich der visuellen Einstellbarkeit nicht von anderen Zielmarken, da das Ziel anhand von symmetrischen Zielfiguren eingestellt wird. Im Rahmen von Überwachungsmessungen in einem Gebäude konnten die Vorteile des Zielzeichens praxisnah getestet werden. Dieses Zielzeichen ist natürlich nur für die optische Anzielung (mit dem Auge) geeignet und kann nicht in Verbindung mit einer automatischen Zieleinrichtung (z.B. im LEICA TCA 1800) genutzt werden.

4. Eigenschaften der Reflexzielmarke bei der Distanzmessung

4.1. Nahbereich unter 10m

Für die Streckenmessung müssen die Besonderheiten der Reflexfolie beachtet werden. Man kann sie sich als eine Aneinanderreihung vieler kleiner Prismen vorstellen. Das hat zur Folge, daß der Zielstrahl praktisch in sich selbst zurückgeworfen wird. Dieser Effekt führt im Nahbereich zu Problemen. Auch bei einer koaxialen Anordnung von EDM und Zielstrahl sind der Sender und der Empfänger des EDM räumlich getrennte Bauteile. Dies erfordert gerade im Nahbereich, wo der Strahl noch sehr eng gebündelt ist, einen geringen Versatz von Sende- und Empfangsstrahl. Bei einem Glasprisma, das nur eine Spitze besitzt, wird ein leicht exzentrischer EDM-Sendestrahle automatisch versetzt. Dies ist bei der Reflexfolie nicht mehr der Fall. Der Empfänger erhält kein Signal. Eine Streckenmessung ist nicht mehr möglich. Dieses Phänomen tritt im Nahbereich unter 10m je nach Gerätetyp unterschiedlich auf. Die Grenze muß bei Bedarf individuell ermittelt werden (siehe auch unter 6.).

4.2. Maximale Reichweiten

Die maximal meßbare Streckenlänge hängt von der Sendeleistung des EDM, aber auch von der Güte der Reflexion des Sendestrahls ab. Durch die Anzahl der Prismen und durch deren Schliffqualität ist eine Steigerung möglich. Ähnlich ist es bei der Reflexfolie. Bei Verwendung größerer Reflexzielmarken sind längere Distanzen erreichbar. In den Untersuchungen wurden folgende Reichweiten festgestellt (GEODIMETER 640 und LEICA TC 2002):

	<u>20 mm x 20 mm</u>	<u>40 mm x 40 mm</u>	<u>60 mm x 60 mm</u>
bis zu:	90 m	110 m	170 m

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mmPrüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Dabei gibt es je nach Instrumententyp deutliche Unterschiede. Für den Einsatz der Reflexzielmarken ist das aber nicht das entscheidende Kriterium. Mit etwa 2/3tel dieser Werte ergeben sich die für den praktischen Einsatz sinnvollen Begrenzungen (siehe unten).

4.3. Additionskonstante

Ein wesentlicher Vorteil der Reflexzielmarke besteht darin, daß der anzuzielende Punkt unmittelbar zentrisch signalisiert werden kann. Nur bei sehr strenger Betrachtung ist die kleine Exzentrizität durch die Dicke der Folie (ca. 0.7mm) zu berücksichtigen. Für viele Anwendungen dürfte dieser Betrag weit unter der geforderten Genauigkeit liegen. Die Reflexzielmarke eignet sich deshalb besonders gut für Messungen, bei denen eine exakte Bestimmung von dreidimensionalen Koordinaten gefordert ist. Dies ist z.B. regelmäßig bei der Erfassung von Bauwerken und deren Dimensionen der Fall. Die durchaus schwierige Problematik mit den Exzentrizitäten bei einer Signalisierung durch Glasprismen tritt hier nicht mehr auf. Die Zielpunkte werden direkt (ohne meßtechnische Kunstgriffe oder rechnerische Reduktionen) mit der für den benutzten Tachymeter typischen Genauigkeit erfaßt. Das erhöht wesentlich die Zuverlässigkeit und die Sicherheit der Daten.

Bei der Messung auf die Reflexionszielmarke sind veränderte Additionskonstanten zu beachten. Das hängt damit zusammen, daß die Gerätehersteller in der Kombination EDM und Prisma bestimmte Werte vorab berücksichtigen. So wird bei ZEISS und LEICA im EDM vorab jede Strecke um 35mm reduziert, was in Verbindung mit den eigenen Prismen richtig und sinnvoll ist. Bei Messung auf Reflexzielmarken werden die Strecken folglich um ca. 35 mm zu kurz. In diesen Fällen muß die Additionskonstante im Instrument also auf ca. +35mm eingestellt werden. Der exakte Wert ist durch eine Vergleich auf einer geeigneten Prüfstrecke zu bestimmen (siehe unter 5.).

4.4 Einfluß des Auftreffwinkels

Ein weiterer Vorteil von Reflexzielmarken gegenüber Prismen ist der große Winkelbereich, unter dem Streckenmessungen auf diese Marken möglich sind. Während Prismen auf etwa 20 Gon zum Zielstrahl ausgerichtet sein müssen, sind hier Streckenmessungen auch noch bei Winkeln von bis zu 50 Gon möglich (abhängig vom benutzten Instrument). Zum Teil kann auch dieser Wert noch überschritten werden. Dann treten aber auch bei der optischen Zieleinstellung schon erhebliche Probleme auf. Eine Verschlechterung der erzielbaren Streckenmeßgenauigkeit ist kaum zu befürchten (siehe unter 5.).

In Verbindung mit dem vergleichsweise geringen Preis der Reflexzielmarken eröffnet dies die Möglichkeit, Punkte dauerhaft zu signalisieren, die dann von verschiedenen Standpunkten aus angezielt werden können. Denkbar wäre z.B. bei größeren Baustellen die dauerhafte Signalisierung der Anschluß- (oder Bezugs-) punkte, die dann jederzeit während der Bauphase nutzbar sind. Für photogrammetrische Fassadenvermessungen könnte auf einfache Weise ein günstig verteiltes Punktfeld geschaffen werden, das mit Tachymetern dreidimensional vermessen und anschließend als Paßpunktfeld für die Auswertung genutzt werden kann.

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Solche Anwendungen können aber nur dann sinnvoll sein, wenn der Winkel unter dem die Reflexzielmarke noch angemessen werden kann ausreichend groß ist. Die Verschwenkung der Zielmarke gegen den Zielstrahl führt zu einer Verkleinerung der Reflexionsfläche. Insofern hängen die möglichen Drehwinkel von der Sendeleistung des EDM, der Distanz und der Größe der benutzten Reflexzielmarke ab. Große Zielmarken führen hier grundsätzlich zu günstigeren Einsatzbereichen.

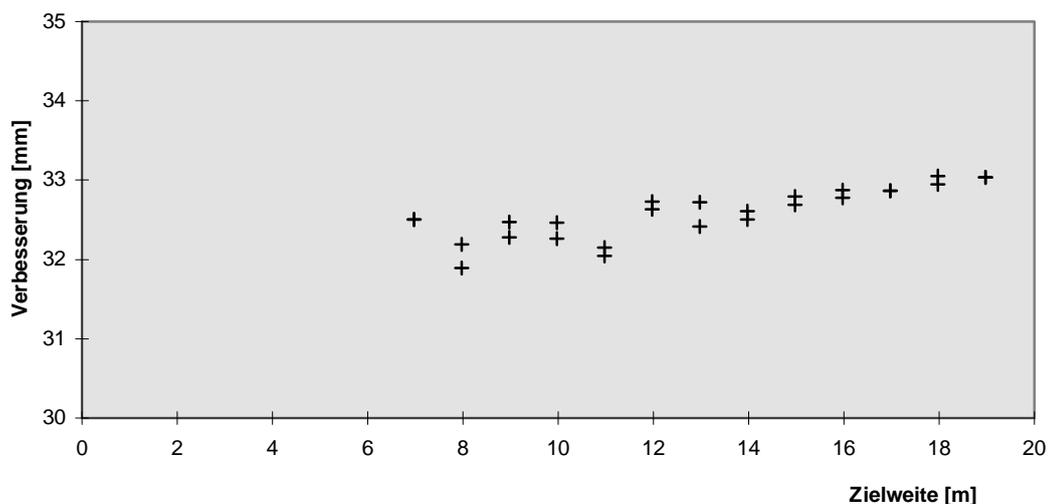
5. Erzielbare Genauigkeiten

Für den Einsatz von Reflexionszielmarken ist entscheidend, welche Genauigkeiten hiermit zu erzielen sind. In umfangreichen Untersuchungen wurden Streckenmessung mit verschiedenen Tachymetern auf die Goecke Reflexzielmarke ausgeführt.

Zunächst erfolgte mit einem LEICA TC 2002 eine Vergleichsmessung gegen ein Interferometer im Distanzbereich zwischen 20 m und 7 m (kürzeste Distanz auf Reflexfolie ohne Hilfsmittel). In der Ausgangsstellung ist die Differenz zwischen Reflexzielmarke und Tachymeterstandpunkt auf besser als 0.1mm bestimmbar. In so fern ergeben sich in diesem Test absolute Streckendifferenzen. Der Zielstrahl trifft senkrecht auf die 20mm x 20mm Meßmarke.

-

absolute Streckenverbesserung LEICA TC 2002



GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Da die Messungen mit der Additionskonstanten „0mm“ ausgeführt wurden, sind Verbesserungen um +35mm zu erwarten. Die ermittelten Verbesserungen gegen die als fehlerfrei angenommenen Interferometerwerte streuen nur unwesentlich mehr als dies bei der vergleichweisen Messung auf Glasprismen der Fall ist. Insgesamt liegen die Differenzen hier im Bereich von 1mm. Die Verwendung von Reflexzielzeichen führt also keineswegs zu einer schlechteren Meßgenauigkeit, vielmehr kann man weiterhin die für das benutzte EDM typische Genauigkeit erwarten.

In praktischen Untersuchungen wurde nun das Verhalten der Reflexzielzeichen bei Auftreffen des Zielstrahles unter verschiedenen Winkeln untersucht. Hierfür wurde eine spezielle Meßeinrichtung entwickelt, die definierte horizontale und vertikale Drehungen zuläßt. Dabei wurde darauf geachtet, daß die Zielzeichenoberfläche im Drehpunkt liegt. Die Drehungen der Reflexzielmarke haben also keine Exzentrizität zur Folge.

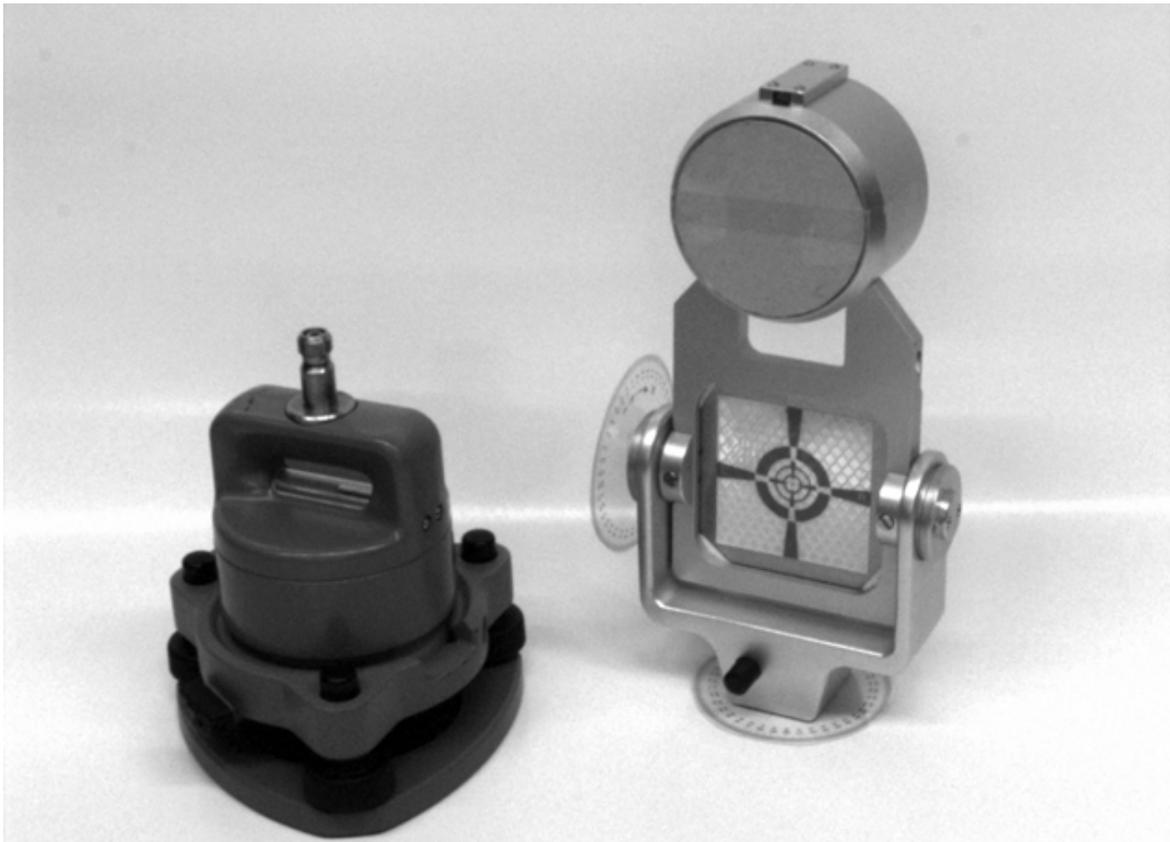


Abb.: Um zwei Achsen drehbarer Träger mit GOECKE Reflexionszielmarke

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Die drei unterschiedlich großen Reflexmarken befinden sich auf einer eigenen Trägerplatte, die mit hoher Genauigkeit im Zielzeichenträger ausgetauscht werden können. Mit dieser Meßeinrichtung erfolgten auf der durch Pfeiler vermarkten Prüfstrecke des Labors für Längenmeßtechnik und Instrumentenprüfung die Vergleichsmessungen. Die Strecken sind mit übergeordneter Genauigkeit bekannt. Die Messungen auf die kleine (20mm x 20mm) Reflexionszielmarke erfolgte bei den Distanzen 10m, 30m und 50m. Die große (60mm x 60mm) Reflexionszielmarke wurde bei den Entfernungen 10m, 50m, 90m, 110m und 150m angemessen. Dabei wurde die Zielmarke bis zu 50 Gon horizontal und vertikal gegen den einfallenden Zielstrahl verschwenkt. Zusätzlich wurden auch Messungen bei gleichzeitiger Drehung des Reflexzielzeichens um die horizontale und vertikale Achse bis zu 50 Gon ausgeführt. Die Ergebnisse der umfangreichen Messungen sind auf den Seiten 9 bis 14 dargestellt.

Die Untersuchungen erfolgten mit den Tachymetern GEODIMETER 640 Nr. 640 10 160 (Seiten 9 und 10), ZEISS ELTA 3 Nr. 191 498 (Seiten 11 und 12) und LEICA TC 2002 Nr. 358 503 (Seiten 13 und 14). Die Ergebnisse sind deshalb nur typisch für diese Geräte und können bei anderen Instrumenten durchaus anders ausfallen. Eine Prüfung sollte deshalb im Einzelfall durchgeführt werden.

Allgemein ist festzustellen, daß mit der größeren 60mm Zielmarke längere Strecken gemessen werden können. Gleichzeitig sind aber auch größere Einfallswinkel zwischen Zielstrahl und Zielzeichennormaler zulässig. Das GEODIMETER 640 und das LEICA 2002 erzielen sowohl in der Reichweite wie auch bei den zulässigen Verschwenkungswinkel annähernd gleiche Ergebnisse. Im Bereich bis 50m sind Verschwenkungen um beide Achsen bis 50 Gon zulässig. Einen signifikanten Genauigkeitsverlust kann man nicht feststellen. Die Abweichungen liegen im Regelfall bei 1 bis 2mm, maximal bei 3mm. Bei der Zielweite 90m treten allerdings bei beiden Instrumenten deutlich größere Abweichungen und sogar Fehlmessungen auf. Da dies auch noch fast an identischen Stellen passiert, ist ein Fehlereinfluß aus dem Messungsaufbau (Reflexionen am oberen Aluminiumgehäuse?) nicht auszuschließen. Hier sind noch weitere Untersuchungen erforderlich. Bei 110m treten bei reduziertem zulässigen Drehwinkel wieder die bekannt kleinen Abweichungen auf. Auch die absoluten Streckenfehler von wenigen Millimetern bis zu 150m Zielweite sind bei beiden Instrumenten als gering zu beurteilen.

Mit der 20mm Zielmarke sind ähnlich gute Resultate zu erzielen. Liegen die Zielweiten im Bereich bis 50m und werden nicht maximale Verschwenkungswinkel gefordert, so kann problemlos die kleinere Reflexmarke eingesetzt werden. Daß diese wesentlich unauffälliger ist (für Nichtfachleute), könnte ein weiterer Gesichtspunkt für deren Verwendung sein. Die 40mm Reflexzielmarke stellt einen Kompromiß zwischen diesen beiden Zielzeichen dar.

Die Ergebnisse für das hier benutzte ZEISS ELTA 3 fallen hiergegen deutlich ab. Zum einen sind nicht die ganz großen Verschwenkungswinkel zu erreichen; zum anderen werden auch die langen Distanzen (110 m) nicht mehr gemessen. Ist der Einsatz dieses Gerätes vorgesehen, sollte man auf jeden Fall die 60 mm Reflexzielmarke vorsehen, da sonst eine wesentliche Einschränkung des Arbeitsbereichs zu befürchten ist. Auch die absoluten Streckenverbesserungen sind kritisch zu

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

beurteilen: Die Abbildung auf S. 12 (unten rechts) deutet auf eine Streckenabhängigkeit bei diesem Instrument hin. Auch hier sind weitere Untersuchungen erforderlich.

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm **Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm**

Zielweite : 10 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	0					-1					0
40		0				-1				0	
30			1			0			0		
20				0		-1	0				
10					0		-1				
0	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	-1	
-10					1		0				
-20				1		0		0			
-30			1			0			1		
-40		1				0				1	
-50	0					0					0

Instrument: GEODIMETER 640 Nr. 640 10 160

Zielweite : 50 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					0					*
40		2				1				0	
30			2			0			1		
20				0		0		1			
10					0		0				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
-10					1		0				
-20				1		1		1			
-30			3			1			2		
-40		3				1				1	
-50	*					1					0

Instrument: GEODIMETER 640 Nr. 640 10 160

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm **Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm**

Zielweite : 90 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					\$\$					*
40		*				\$\$					*
30			*			8			*		
20				5		2		5			
10					0		1				
0	0	2	3	2	0	0	4	4	4	1	
-10					1		1				
-20				5		2		5			
-30			*			11			*		
-40		*				\$\$				*	
-50	*					\$\$					*

Instrument: GEODIMETER 640 Nr. 640 10 160

Zielweite : 110 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				0				*	
30			*			0			*		
20				-2		0		1			
10					0		0				
0	*	-1	0	-1	0	0	-1	-1	1	*	
-10					0		0				
-20				-1		0		0			
-30			*			0			*		
-40		*				-2				*	
-50	*					*					*

Instrument: GEODIMETER 640 Nr. 640 10 160

an der mit \$\$ gekennzeichneten Stelle ergeben sich
Streckenfehler mit Mehrfachen der Wellenlänge (10m)

* = keine Streckenmessung möglich

Streckenmessung bis 150 m möglich

**Streckenverbesserungen bei Drehwinkeln der Reflexzielmarke
von -50 gon bis +50 gon (Hz und V) gegen die Zielrichtung**

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 20 mm x 20 mm **Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 20 mm x 20 mm**

Zielweite : 10 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					-1					*
40		*				-1				*	
30			0			-1		0			
20				0	0	0					
10					0	0					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
-10					0	0					
-20				0	0	0					
-30			1			0		1			
-40		0				0				1	
-50	*					-1					*

Instrument: GEODIMETER 640 Nr. 640 10 160

Zielweite : 30 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					-1					*
40		*				0				*	
30			0			-1		1			
20				0	0	0					
10					0	0					
0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	
-10					0	0					
-20				0	0	0					
-30			0			0		1			
-40		-1				0				*	
-50	*					-3					*

Instrument: GEODIMETER 640 Nr. 640 10 160

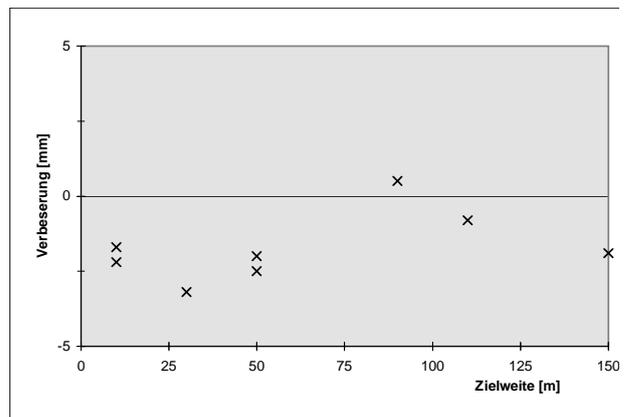
Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 20 mm x 20 mm

Zielweite : 50 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				-1				*	
30			*			0			*		
20				1	0	1					
10					0	0					
0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-10					0	0					
-20				0	1	0					
-30		*				0		*			
-40	*					0				*	
-50	*					*					*

Instrument: GEODIMETER 640 Nr. 640 10 160

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke



Instrument: GEODIMETER 640 Nr. 640 10 160

* = keine Streckenmessung möglich

Streckenverbesserungen bei Drehwinkeln der Reflexzielmarke von -50 gon bis +50 gon (Hz und V) gegen die Zielrichtung

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm **Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm**

Zielweite : 10 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				0				*	
30			*			3			*		
20				1		1		-2			
10					-1		0				
0	*	-1	0	0	0	0	0	0	-2	*	
-10					-1		-2				
-20				-3		-2		-5			
-30		*				-3			*		
-40	*					-4				*	
-50	*					*					*

Instrument: ZEISS ELTA 3 "E" Nr. 191 498

Zielweite : 50 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				4			*		
30			*			4			*		
20				2		2		3			
10					1		3				
0	-4	-3	-2	-1	0	0	2	1	1	2	
-10					-2		0				
-20				-3		-3		-1			
-30		*				-4			*		
-40	*					-4				*	
-50	*					*					*

Instrument: ZEISS ELTA 3 "E" Nr. 191 498

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm **Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm**

Zielweite : 90 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				*				*	
30			*			*			*		
20				*		2		*			
10					0	0	-1				
0	*	*	*	*	-2	0	1	*	*	*	*
-10					*	0	0				
-20			*			-1		*			
-30		*				*			*		
-40	*					*				*	
-50	*					*					*

Instrument: ZEISS ELTA 3 "E" Nr. 191 498

Zielweite : 110 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50											
40											
30											
20											
10											
0											
-10											
-20											
-30											
-40											
-50											

nicht meßbar

Instrument: ZEISS ELTA 3 "E" Nr. 191 498

* = keine Streckenmessung möglich

Streckenverbesserungen bei Drehwinkeln der Reflexzielmarke von -50 gon bis +50 gon (Hz und V) gegen die Zielrichtung

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 20 mm x 20 mm **Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 20 mm x 20 mm**

Zielweite : 10 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				*				*	
30			*			*			*		
20				*		0	*				
10					1	0	1				
0	*	*	*	*	0	0	1	*	*	*	*
-10					0	0	0				
-20			*			-1	*				
-30		*				*			*		
-40	*					*			*		
-50	*					*			*		*

Instrument: ZEISS ELTA 3 "E" Nr. 191 498

Zielweite : 30 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				*				*	
30			*			2		*			
20				-2	1	1					
10					-1	1					
0	*	*	-1	0	0	0	-1	0	*	*	*
-10					-1	0					
-20				-2	-1	0					
-30		*			1			*			
-40	*				-3			*			
-50	*				*			*			*

Instrument: ZEISS ELTA 3 "E" Nr. 191 498

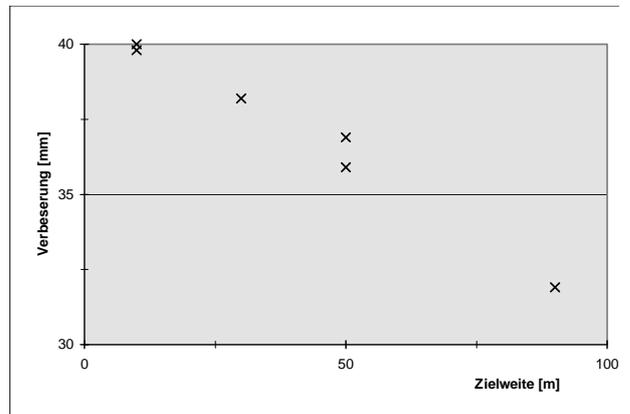
Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 20 mm x 20 mm

Zielweite : 50 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				*				*	
30			*			*			*		
20				*		-1	*				
10					-1	0	-1				
0	*	*	*	*	-1	0	-1	*	*	*	*
-10					-1	-2	0				
-20			*			-2	*				
-30		*				*			*		
-40	*					*			*		
-50	*					*			*		*

Instrument: ZEISS ELTA 3 "E" Nr. 191 498

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke



Instrument: ZEISS ELTA 3 "E" Nr. 191 498

* = keine Streckenmessung möglich

Streckenverbesserungen bei Drehwinkeln der Reflexzielmarke von -50 gon bis +50 gon (Hz und V) gegen die Zielrichtung

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm **Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm**

Zielweite : 10 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				0				*	
30			*			0			*		
20				1		0	0				
10					1	0					
0	3	2	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-3
-10					1	0	-1				
-20				1		0	-1				
-30			*			0			*		
-40		*				0				*	
-50	*					*					*

Instrument: LEICA TC 2002 Nr. 358 503 Vers. TC 4.1

Zielweite : 50 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					0					*
40		0				0				-2	
30			0			0			-1		
20				0		0		-1			
10					0	0					
0	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-2
-10					0	0					
-20				0		0	0				
-30			0			0			-1		
-40		0				0				-1	
-50	*					0					*

Instrument: LEICA TC 2002 Nr. 358 503 Vers. TC 4.1

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm **Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 60 mm x 60 mm**

Zielweite : 90 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					\$\$					*
40		*				\$\$				*	
30			*			8			*		
20				5		2	5				
10					1	0					
0	6	4	3	2	0	0	2	3	4	6	6
-10					1	0					
-20				7		2	6				
-30			*			7			*		
-40		*				35				*	
-50	*					*					*

Instrument: LEICA TC 2002 Nr. 358 503 Vers. TC 4.1

Zielweite : 110 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				*				*	
30			*			1			*		
20				0		0	1				
10					0	0					
0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*
-10					1	0					
-20				1		0	0				
-30			*			1			*		
-40		*				1				*	
-50	*					*					*

Instrument: LEICA TC 2002 Nr. 358 503 Vers. TC 4.1

an der mit \$\$ gekennzeichneten Stelle ergeben sich
Streckenfehler mit Mehrfachen der Wellenlänge (3m)

* = keine Streckenmessung möglich

Streckenmessung bis 150 m möglich

**Streckenverbesserungen bei Drehwinkeln der Reflexzielmarke
von -50 gon bis +50 gon (Hz und V) gegen die Zielrichtung**

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 20 mm x 20 mm **Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 20 mm x 20 mm**

Zielweite : 10 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				1					*
30			*			0				*	
20				1		0	0				
10					0	0					
0	2	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	
-10					1	0					
-20				1		0	0				
-30			*			0				*	
-40		*				0				*	
-50	*					*					*

Instrument: LEICA TC 2002 Nr. 358 503 Vers. TC 4.1

Zielweite : 30 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					0					*
40		*				0				*	
30			0			0		0			
20				-1		0	0				
10					0	0					
0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-10					0	0					
-20				0		0	0				
-30			0			0		0			
-40		*				0				*	
-50	*					-1					*

Instrument: LEICA TC 2002 Nr. 358 503 Vers. TC 4.1

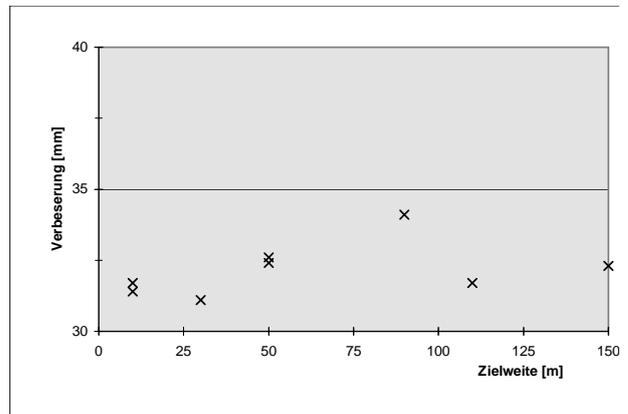
Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke 20 mm x 20 mm

Zielweite : 50 m

gon	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
50	*					*					*
40		*				0					*
30			*			0				*	
20				0		0	0				
10					0	0					
0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-10					0	0					
-20				0		0	0				
-30			*			0				*	
-40		*				0				*	
-50	*					*					*

Instrument: LEICA TC 2002 Nr. 358 503 Vers. TC 4.1

Streckenverbesserungen auf Reflexzielmarke



Instrument: LEICA TC 2002 Nr. 358 503 Vers. TC 4.1

* = keine Streckenmessung möglich

Streckenverbesserungen bei Drehwinkeln der Reflexzielmarke von -50 gon bis +50 gon (Hz und V) gegen die Zielrichtung

GOECKE Reflexzielmarken 20 mm x 20 mm und 60 mm x 60 mm

Prüfbericht: **Fi / Schm / 37.97**

6. Gerätespezifische Besonderheiten

Bei Verwendung der Reflexionszielmarke sind grundsätzlich Untersuchungen über die zu verwendende Additionskonstante erforderlich. Dies kann z.B. auf Pfeilerstrecken erfolgen, die in ausreichender Anzahl kurze Strecken bis maximal 150 m bieten.

Daneben muß bei den Instrumenten der Firma LEICA ein bestimmter Meßmodus aktiviert werden, damit Messungen auf Reflexzielmarken ausgeführt werden. Betroffen hiervon sind die Instrumente der Serien TC 2002, TC 1610 und TC 1010. Bestimmte Geräteparameter werden dort über die sog. „SET MODE“ Befehle eingestellt. Das gilt auch für den Meßmodus auf Reflexzielmarken. Hierfür ist der Befehl „SET MODE 50“ vorgesehen. Nach Eingabe und Quittierung mit „RUN“ kann man mit Taste „0“ und „1“ zwischen „PRISM“ und „RETRO“ (= Reflexzielmarke) auswählen. Bestätigung auch hier wieder mit „RUN“. Zusätzlich ist, wie bei allen Geräten, eine evt. andere Additionskonstante zu berücksichtigen. Bei den Instrumenten der Serien TC 1010 und TC1610 wird in der Menuesteuerung die Umstellung auf „Retro“ = Reflexzielzeichen mit entsprechender Korrektur des Additionskonstanten angeboten.

Bei einigen Instrumenten dieser Serien gibt es den Befehl „SET MODE 50“ oder die Menuesteuerung noch nicht. In diesen Fällen ist Rücksprache mit der Servicestation erforderlich. Im einfachsten Fall kann dieses Problem durch Aufspielen einer neuen Software behoben werden.

Neuere Instrumente der Serie TC 600 / TC 800 sind für Messung auf Reflexzielmarken vorbereitet. Ansonsten ist auch hier ein Update möglich.

Messungen im Nahbereich unter 10 m sind auf Reflexzielmarken nur bedingt möglich. Bei dem benutzten LEICA TC 2002 z.B. liegt die untere Grenze bei etwa 7m. Um kürzere Distanzen auf Reflexfolien messen zu können, wird als Zubehör eine Vorsatzlinse angeboten. Damit wird dann der Bereich bis zur kürzesten Zielweite abgedeckt.