

DESY A 2.49

Hamburg, den 10.8.1959

Dr. Ma/Pa

Die Form der Zielmarken
für die Vermessungsarbeiten bei DESY

1) Allgemeine Anforderungen

Die Vermessungen des Deutschen Elektronen-Synchrotrons sollen bei Strecken und Visuren zwischen 2,5 m und 50 m gegenseitige Lagegenauigkeiten bis auf $\pm 0,1$ mm gewährleisten. Ein Hauptproblem für die Einhaltung dieser Toleranzen ist die genaue Zentrierung der Theodolite, der Zielmarken und der Ablesemarken für die Invarbandmessung. Im wesentlichen können dabei die vielfach bewährten Instrumente und Zwangszentrierungseinrichtungen der Firma Kern u. Co./Aarau, Schweiz, benutzt werden, bei denen in Spezialausführungen maximal Exzentrizitäten von $\pm 15 \mu$ auftreten können. Lediglich die gebräuchlichen Zieltafeln der Polygonausrüstung sind für die vorliegenden Vermessungsaufgaben mit verhältnismässig kurzen Zielweiten ungeeignet. Deshalb wurden im Einvernehmen mit Prof. Dr. Kneissl Untersuchungen über eine möglichst günstige Form der Zielmarken angestellt, deren Ergebnisse als Grundlage für die Fertigung der Firma Kern dienen sollen.

Allgemein soll die Form der Zielmarken folgenden Forderungen genügen:

1. Die Zielmarken sollen genau und leicht zu zentrieren sein.
2. Die Zentriergenauigkeit soll leicht überprüfbar sein.
3. Das Bild der Zielmarken soll im Fernrohr möglichst flächenhaft ohne Phasenbeleuchtung erscheinen.
4. Die charakteristische Figur, auf die das Fadenkreuz eingestellt wird, soll unabhängig von der Entfernung sein.

Unter den verschiedenen Möglichkeiten, die sich unter Einhaltung dieser Forderungen ergeben, ist natürlich der Form der Vorzug zu geben, bei der

sich möglichst unabhängig von der Entfernung zwischen 2,5 m und 50 m die kleinsten Einstellfehler mit dem Theodolit ergeben.

Wegen der Forderungen 1) und 2) scheidet alle Ziele aus, die auf mehr oder weniger durchsichtigen Tafeln aufgebracht sind; es kommen lediglich Spitzen in Frage, die sich sehr genau zentrieren lassen und deren Zentrierung, wenn sie auf einer Stehachse angebracht sind, durch Anvisieren in beiden Lagen sehr leicht kontrolliert werden kann. Forderung 4 ist von den Spitzen auch erfüllt, Forderung 3 lässt sich dagegen nur bei spezieller Beleuchtung und Bearbeitung des Materials einhalten.

2) Die untersuchten Zielmarken

Aus Aluminium bzw. Messing wurden kegelige Spitzen gedreht mit Öffnungswinkeln an der Kegelspitze von 30° , 60° und 90° . Die Werkstücke wurden unter einem Sandstrahlgebläse mattiert. Die Marken wurden in eine in Visierichtung geöffnete Kapsel gestellt, deren Innenwand hinter der Zielmarke geschwärzt war; sie wurden von oben zentrisch durch ein Grünfilter mit einer 15 W-Glühbirne beleuchtet. Im Fernrohr sieht man dann helle schwach grüne Dreiecke vor schwarzem Hintergrund als Zielmarken. Bei Beleuchtung der Spitzen von hinten (Kapsel oben geschlossen) erhält man als Fernrohrbilder schwarze Dreiecke vor hellem schwach grünen Hintergrund. Beide Beleuchtungsarten erwiesen sich in Vorversuchen als brauchbar.

3) Die Versuchsanordnung

Mit einem DKM 2-Theodolit der Firma Kern mit einfachem Fadenkreuz wurden die 3 Zielmarken in den Entfernungen 2,5 m, 7 m, 25 m, 37 m und 50 m in je 3 Messreihen für die beiden Varianten der Zielbeleuchtung anvisiert. Jede Messreihe bestand aus 10 Einstellungen des Fadenkreuzes auf die betreffende Zielmarke mit dem Seitenfeintrieb des Theodoliten. Nach jeder Einstellung wurde der Horizontalkreis zweimal abgelesen, um aus den Differenzen ein Maß für den reinen Ablesefehler zu bekommen. Nach jeder Messreihe wurde der Horizontalkreis verstellt, da nicht an allen Doppelstrichen der Kreisteilung gleich gut abzulesen ist.

Für jede Messreihe erhält man das mittlere Fehlerquadrat einer Einstellung bei zweimaliger Kreisablesung aus den Verbesserungen v gegen das arithmetische Mittel:

$$m_1^2 = \frac{[vv]}{n-1} = \frac{[vv]}{9}$$

Aus den Differenzen der beiden zu einer Einstellung gehörenden Kreisablesungen ergibt sich ausserdem das mittlere Fehlerquadrat für das Mittel zweier Kreisablesungen:

$$m_2^2 = \frac{[dd]}{4 \cdot n} = \frac{[dd]}{40}$$

Nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz ist dann das mittlere Fehlerquadrat einer Einstellung:

$$m_z^2 = m_1^2 - m_2^2$$

Die mittleren Fehlerquadrate m_i^2 der Einzelmessreihen wurden noch für die jeweils 3 gleichartigen Messreihen zu quadratischen Mittelwerten

$$m^2 = \frac{\sum m_i^2}{3}$$

zusammengefasst, die in der Tabelle zusammengestellt sind.

Beleuchtung:		grünes Licht von hinten			grünes Licht von oben		
Entf. (m)	Spitze:	30°	60°	90°	30°	60°	90°
2,5	m_1^2	9.1	3.7	7.1	6.1	10.3	15.3
	m_2^2	2.5	2.7	1.8	3.0	2.0	3.3
	m_Z^2	6.6	<u>1.0</u>	5.3	3.1	8.3	12.0
7	m_1^2	11.7	5.6	5.1	3.9	7.4	6.7
	m_2^2	3.2	3.4	2.5	2.7	1.4	1.9
	m_Z^2	8.5	2.2	2.6	<u>1.2</u>	6.0	4.8
15	m_1^2	6.8	4.8	2.5	4.7	4.1	6.3
	m_2^2	2.4	2.2	2.3	2.3	1.4	1.7
	m_Z^2	4.4	2.6	<u>0.2</u>	2.4	2.7	4.6
25	m_1^2	8.9	5.8	5.1	2.8	5.7	8.5
	m_2^2	2.8	2.7	2.5	1.7	3.5	1.7
	m_Z^2	6.1	3.1	2.6	<u>1.1</u>	2.2	6.8
37	m_1^2	10.6	5.0	6.5	3.8	8.6	6.1
	m_2^2	3.4	4.2	2.9	2.2	2.3	3.1
	m_Z^2	7.2	<u>0.8</u>	3.6	1.6	6.3	3.0
50	m_1^2	13.9	7.9	10.6	7.0	8.0	14.1
	m_2^2	3.7	3.3	3.7	3.5	3.5	3.3
	m_Z^2	10.2	4.6	6.9	<u>3.5</u>	4.5	10.8
Ge- samt- mittel	m_1^2	10.2	5.5	6.1	4.7	7.4	9.5
	m_2^2	3.0	3.1	2.6	2.6	2.4	2.5
	m_Z^2	7.2	2.4	3.5	<u>2.1</u>	5.0	7.0
Ge- samt- mittel	$\pm m_1$	± 3.2	± 2.3	± 2.5	± 2.2	± 2.7	± 3.1
	$\pm m_2$	± 1.7	± 1.8	± 1.6	± 1.6	± 1.5	± 1.6
	$\pm m_Z$	± 2.7	± 1.5	± 1.9	± 1.4	± 2.2	± 2.6

Alle Angaben in $(^{cc})^2$ bzw. $(^{cc})$

4) Ergebnisse

In der Tabelle ist für jede Zielweite der kleinste Wert des mittleren Einstellfehlerquadrates doppelt unterstrichen. Dreimal ergab sich für die 30° -Spitze mit Beleuchtung von oben, zweimal für die 60° -Spitze mit Beleuchtung von hinten und einmal für die 90° -Spitze mit Beleuchtung von hinten der minimale Wert von m_Z^2 für die betreffende Entfernung. - Im Gesamtmittel über alle Entfernungen kommt der 30° -Spitze mit Beleuchtung von oben der kleinste mittlere Einstellfehler zu. (Allerdings sind die Differenzen gegenüber den beiden anderen Anordnungen 60° - bzw. 90° -Spitze mit Beleuchtung von hinten noch nicht wesentlich.)

Der Streubereich der Werte m_Z^2 von 1,1 bis 3,5 für die 30° -Spitze mit Beleuchtung von oben ist ebenfalls am kleinsten. Da der Beobachter ausserdem bei den Messungen nach dieser Zielmarke den Eindruck der geringsten Ermüdung hatte, soll diese Anordnung für die endgültige Fertigung der Zielmarken von der Firma Kern übernommen werden.

Gleichzeitig ist damit festgelegt, dass die Theodolit-Fernrohre Strichkreuze in der Normalausführung A der Firma Kern erhalten sollen.

Da bei den DESY-Vermessungen auch Theodolite mit DKM 2-Fernrohren benutzt werden sollen, ist dort ebenfalls mit mittleren Einstellfehlern von $\pm 1,4^{\text{cc}}$ für eine Richtung zu rechnen. Der mittlere Ablesefehler wird aber geringer sein als hier, da das Fernrohr in einen DKM 3-Unterbau montiert werden soll, bei dem der Horizontalkreis einen Durchmesser von 10 cm gegenüber 7,5 cm beim hier benutzten DKM 2-Theodolit hat.

K. Marzahn