

DIN ISO 17123-3

ICS 17.180.30

Einsprüche bis 2017-11-22

Entwurf

**Optik und optische Instrumente –
Feldprüfverfahren geodätischer Instrumente –
Teil 3: Theodolite (ISO 17123-3:2001);
Text Deutsch und Englisch**

Optics and optical instruments –
Field procedures for testing geodetic and surveying instruments –
Part 3: Theodolites (ISO 17123-3:2001);
Text in German and English

Optique et instruments d'optique –
Méthodes d'essai sur site des instruments géodésiques et d'observation –
Partie 3: Théodolites (ISO 17123-3:2001);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-09-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 51 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	3
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Allgemeines	6
4.1 Anforderungen	6
4.2 Verfahren 1: Vereinfachtes Prüfverfahren	6
4.3 Verfahren 2: Vollständiges Prüfverfahren	7
5 Messung von Horizontalrichtungen	7
5.1 Konfiguration des Prüffelds.....	7
5.2 Messungen.....	8
5.3 Berechnung.....	8
5.3.1 Vereinfachtes Prüfverfahren.....	8
5.3.2 Vollständiges Prüfverfahren	9
5.4 Statistische Tests	11
5.4.1 Allgemeines	11
5.4.2 Frage a).....	11
5.4.3 Frage b)	12
6 Messung von Vertikalwinkeln	12
6.1 Konfiguration des Prüffelds.....	12
6.2 Messungen.....	13
6.3 Berechnung.....	13
6.4 Statistische Tests	15
6.4.1 Allgemeines	15
6.4.2 Frage a).....	15
6.4.3 Frage b)	16
6.4.4 Frage c).....	16
Anhang A (informativ) Beispiel für das vereinfachte Prüfverfahren (Horizontalrichtungen).....	17
A.1 Messungen.....	17
A.2 Berechnung.....	18
Anhang B (informativ) Beispiel für das vollständige Prüfverfahren (Horizontalrichtungen)	20
B.1 Messungen.....	20
B.2 Berechnung.....	21
B.3 Statistische Tests	23
B.3.1 Statistischer Test entsprechend Frage a)	23
B.3.2 Statistischer Test entsprechend Frage b)	23
Anhang C (informativ) Beispiel für beide Prüfverfahren (Vertikalwinkel).....	24
C.1 Messungen.....	24
C.2 Berechnung.....	25
C.3 Statistische Tests	26
C.3.1 Statistischer Test entsprechend Frage a)	26
C.3.2 Statistischer Test entsprechend Frage b)	27
C.3.3 Statistischer Test entsprechend Frage c)	27

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 17123-3:2001 wurde vom ISO/TC 172 „Optics and photonics“, Unterkomitee SC 6, „Geodetic and surveying instruments“ erarbeitet und ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-03-04 AA „Geodätische Instrumente und Geräte (SpA zu ISO/TC 172/SC 6)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3534-1	siehe DIN ISO 3534-1
ISO 17123-1	siehe DIN ISO 17123-1

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 3534-1, *Statistik — Begriffe und Formelzeichen — Teil 1: Wahrscheinlichkeit und allgemeine statistische Begriffe*

DIN ISO 17123-1, *Optik und optische Instrumente — Feldprüfverfahren geodätischer Instrumente — Teil 1: Theorie*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 3 erarbeitet.

Die von den Technischen Komitees angenommenen Norm-Entwürfe werden den Mitgliedsorganisationen zur Umfrage zur Verfügung gestellt. Für eine Veröffentlichung als Internationale Norm wird eine Zustimmung von mindestens 75 % der abstimmenden Mitgliedsländer benötigt.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Teils von ISO 17123 Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die Internationale Norm ISO 17123-3 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 172, *Optics and optical instruments*, Unterkomitee SC 6, *Geodetic and surveying instruments* erarbeitet.

Diese erste Ausgabe der ISO 17123-3 ersetzt die Ausgaben ISO 8322-4:1991 und ISO 12857-2:1997, die technisch überarbeitet wurde.

ISO 17123 besteht unter dem allgemeinen Titel *Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments* aus folgenden Teilen:

- *Part 1: Theory*
- *Part 2: Levels*
- *Part 3: Theodolites*
- *Part 4: Electro optical distance meters (EDM instruments)*
- *Part 5: Electronic tacheometers*
- *Part 6: Rotating lasers*
- *Part 7: Optical plumbing instruments*

Anhang A, Anhang B und Anhang C dieses Teils von ISO 17123 dienen lediglich der Information.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 17123 legt Feldverfahren fest, die bei der Bestimmung und Beurteilung der Präzision (Wiederholpräzision) von Theodoliten und deren Zusatzausrüstungen in der Bau und Landvermessung anzuwenden sind. In erster Linie sind diese Prüfungen als Feldverifikation der Eignung eines bestimmten Instruments für die unmittelbar durchzuführende Aufgabe vorgesehen und dazu, die Anforderungen anderer Normen zu erfüllen. Sie sind nicht als Annahmeprüfungen oder Prüfungen zur Leistungsbeurteilung vorgesehen, die umfassender sind.

Dieser Teil von ISO 17123 kann als einer der ersten Schritte im Prozess der Beurteilung der Messunsicherheit einer Messung (genauer, einer Messgröße) angesehen werden. Die Unsicherheit eines Messergebnisses hängt von einer Anzahl von Faktoren ab. Diese umfassen unter anderem: Wiederholpräzision, Vergleichpräzision (Wiederholbarkeit an unterschiedlichen Tagen), Rückverfolgbarkeit (ununterbrochene Kette der Rückführung auf nationale Standards) und eine gründliche Bewertung aller möglichen Fehlerquellen entsprechend dem ISO Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (GUM).

Diese Feldverfahren wurden speziell für die Anwendung vor Ort entwickelt, besondere Zusatzausrüstungen sind nicht notwendig; die Verfahren sind gezielt so ausgelegt, dass Einflüsse aus der Umgebung auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die, durch Verweisung in diesem Text, Bestandteil dieses Teils von ISO 17123 sind. Für datierte Verweise gelten nachträgliche Änderungen oder Revisionen einer dieser Publikationen nicht. Die Parteien der Vereinbarungen, die auf diesem Teil von ISO 17123 basieren, werden jedoch ermutigt, die Möglichkeit zu prüfen, die aktuellsten Ausgaben der nachstehend aufgeführten normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 3534-1, *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability*

ISO 4463-1, *Measurement methods for building — Setting out and measurement — Part 1: Planning and organization, measuring procedures, acceptance criteria*

ISO 7077, *Measuring methods for building — General principles and procedures for the verification of dimensional compliance*

ISO 7078, *Building construction — Procedures for setting out, measurement and surveying — Vocabulary and guidance notes*

ISO 9849, *Optics and optical instruments — Geodetic and surveying instruments — Vocabulary*

ISO 17123-1, *Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 1: Theory*

GUM, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*

VIM, *International vocabulary of basic and general terms in metrology*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von ISO 17123 gelten die Begriffe nach ISO 3534-1, ISO 4463-1, ISO 7077, ISO 7078, ISO 9849, ISO 17123-1, GUM und VIM.

4 Allgemeines

4.1 Anforderungen

Vor Beginn der Vermessung ist es wichtig, dass der Bediener überprüft, ob die Präzision der Messausrüstung während des Gebrauchs für die vorgesehene Messaufgabe geeignet ist.

Der Theodolit und seine Zusatzausrüstungen müssen sich in einem bekannten und annehmbaren dauerjustierten Zustand befinden, wobei zur Dauerjustage die im Handbuch des Herstellers festgelegten Verfahren angewendet werden, und mit vom Hersteller empfohlenen Stativen verwendet werden.

Die Ergebnisse dieser Prüfungen werden durch die meteorologischen Bedingungen beeinflusst, vor allem durch das Temperaturgefälle. Bei bedecktem Himmel und niedrigen Windgeschwindigkeiten ist die Wetterlage am günstigsten. Die jeweils zu berücksichtigenden Bedingungen können abhängig vom Ort der auszuführenden Aufgaben variieren. Beachtet werden sollten außerdem die tatsächliche Wetterlage zum Zeitpunkt der Messung und die Beschaffenheit der Oberfläche, über der die Messungen erfolgen. Die für die Prüfungen gewählten Bedingungen sollten den bei der tatsächlichen Ausführung der vorgesehenen Messaufgabe erwarteten Bedingungen entsprechen (siehe ISO 7077 und ISO 7078).

In Laboratorien durchgeführte Prüfungen würden Ergebnisse liefern, die nahezu unbeeinflusst von atmosphärischen Bedingungen sind; die Kosten für derartige Prüfungen sind jedoch sehr hoch, daher stellen diese Prüfungen für die meisten Anwender keine praktikable Lösung dar. Darüber hinaus werden mit Laborprüfungen Präzisionen erzielt, die bedeutend höher sind als die unter Feldbedingungen erreichbaren Präzisionen.

Das Präzisionsmaß von Theodoliten wird als die empirische Standardabweichung (Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler) einer einmal in beiden Fernrohrlagen beobachteten Horizontalrichtung (HZ) oder eines einmal in beiden Fernrohrlagen beobachteten Vertikalwinkels (V) angegeben.

In diesem Teil von ISO 17123 sind in Abschnitt 5 und Abschnitt 6 zwei unterschiedliche Feldverfahren für die Messung von Horizontalrichtungen wie auch Vertikalwinkeln angegeben. Der Durchführende muss das Verfahren wählen, das für die besonderen Anforderungen des Projekts am besten geeignet ist.

4.2 Verfahren 1: Vereinfachtes Prüfverfahren

Das vereinfachte Prüfverfahren bietet einen Schätzwert dafür, ob die Präzision eines Theodolits innerhalb der festgelegten zulässigen Abweichung nach ISO 4463-1 liegt.

Dieses Prüfverfahren ist normalerweise vorgesehen, um zu überprüfen, ob das Präzisionsmaß der Messausrüstung bei Gebrauch im Zusammenspiel mit dem Bediener geeignet ist, um die Messung mit dem festgelegten erforderlichen Präzisionsmaß durchzuführen.

Dieses vereinfachte Prüfverfahren beruht auf einer begrenzten Anzahl von Messungen; daher kann die berechnete empirische Standardabweichung nur ein Anhaltswert für das Präzisionsmaß sein, das bei üblichem Gebrauch erreichbar ist. Ist eine genauere Bewertung des Messinstruments und seiner Zusatzausrüstungen unter Feldbedingungen erforderlich, wird die Anwendung des strengeren vollständigen Prüfverfahrens empfohlen. Statistische Prüfungen auf der Grundlage des vereinfachten Prüfverfahrens werden nicht vorgeschlagen.

4.3 Verfahren 2: Vollständiges Prüfverfahren

Das vollständige Prüfverfahren muss angewendet werden zur Bestimmung des besten Präzisionsmaßes, das für einen bestimmten Theodolit und seine Zusatzausrüstungen unter Feldbedingungen erreichbar ist.

Das vollständige Prüfverfahren ist zur Bestimmung der empirischen Standardabweichung einer Horizontalrichtung oder eines Vertikalwinkels vorgesehen, die jeweils einmal in beiden Fernrohrlagen beobachtet werden.

$s_{\text{ISO-THEO-HZ}}$ und $s_{\text{ISO-THEO-V}}$

Weiterhin darf dieses Verfahren für Folgendes angewendet werden:

- Bestimmung des Präzisionsmaßes bei Gebrauch von Theodoliten durch eine Vermessungsmannschaft mit einem Instrument und dessen Zusatzausrüstungen zu einem bestimmten Zeitpunkt;
- Bestimmung des Präzisionsmaßes bei Gebrauch von einem Instrument im zeitlichen Verlauf;
- Bestimmung des Präzisionsmaßes bei Gebrauch von mehreren Theodoliten, um deren jeweils erreichbare Präzisionen bei ähnlichen Feldbedingungen vergleichen zu können.

Statistische Prüfungen sollten angewendet werden, um zu bestimmen, ob die erreichte empirische Standardabweichung, s , zu der Grundgesamtheit der theoretischen Standardabweichung, σ , der instrumentellen Ausrüstung gehört, ob die beiden geprüften Proben zu derselben Grundgesamtheit gehören und ob der vertikale Indexfehler, δ , gleich null ist bzw. sich nicht verändert hat (siehe 5.4 und 6.4).

5 Messung von Horizontalrichtungen

5.1 Konfiguration des Prüffelds

Feste Ziele (4 Ziele für das vereinfachte Prüfverfahren und 5 Ziele für das vollständige Prüfverfahren) müssen etwa in derselben horizontalen Ebene wie das Instrument in einer Entfernung zwischen 100 m bis 250 m und in möglichst regelmäßigen Abständen um den Horizont angeordnet werden. Verwendet werden müssen Ziele, die unverkennbar beobachtet werden können, vorzugsweise Zielscheiben.

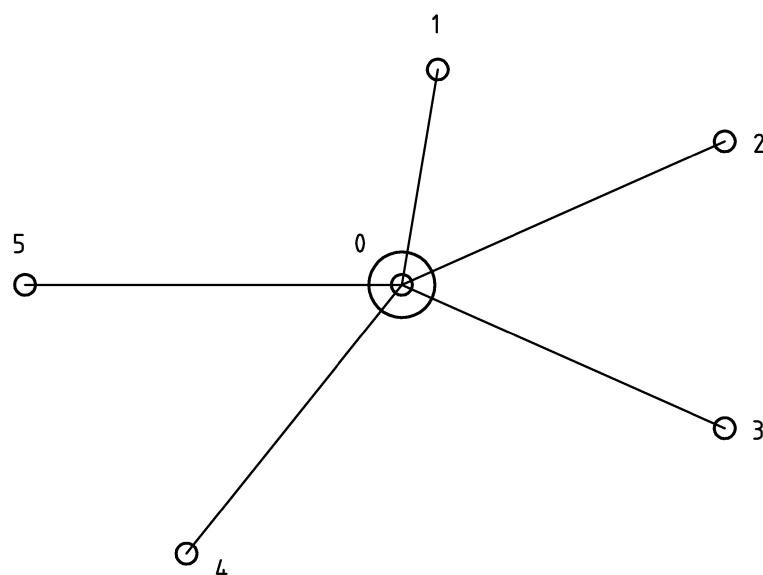


Bild 1 — Prüfanordnung für die Messung von Horizontalrichtungen

5.2 Messungen

Für das vereinfachte Prüfverfahren muss $m = 1$ Messreihe durchgeführt werden.

Für das vollständige Prüfverfahren müssen $m = 4$ Messreihen bei unterschiedlichen, jedoch nicht extremen Wetterlagen durchgeführt werden.

Jede Messreihe (i) muss aus $n = 3$ Sätzen (j) von Richtungen hin zu den $t = 4$ bzw. $t = 5$ Zielen (k) bestehen.

Bei dem vollständigen Prüfverfahren muss bei der Aufstellung des Theodolits für unterschiedliche Messreihen bei der Zentrierung über dem Bodenpunkt besonders sorgfältig vorgegangen werden. Folgende Zentrierungenauigkeiten, angegeben als empirische Standardabweichung, sind erreichbar:

- Senklot: 1 mm bis 2 mm (schlechter bei Wind);
- optisches oder Laserlot: 0,5 mm (die Justierung muss entsprechend dem Handbuch des Herstellers überprüft werden);
- Lotstab: 1 mm.

ANMERKUNG Bei Zielen, die sich in einer Entfernung von 100 m befinden, kann eine falsche Zentrierung von 2 mm die beobachtete Richtung um bis zu 4'' (1,3 mgon) beeinträchtigen. Je kürzer der Abstand ist, desto größer ist die Auswirkung.

In jedem Satz müssen die Ziele in Lage I des Fernrohrs nacheinander im Uhrzeigersinn und in Lage II des Fernrohrs entgegen dem Uhrzeigersinn beobachtet werden. Der Teilkreis muss nach jedem Satz um 60° (67 gon) verändert werden. Ist eine Drehung des Teilkreises nicht möglich, z. B. bei elektronischen Theodoliten, darf der untere Teil des Theodolits um etwa 120° (133 gon) auf dem Instrumentenfuß gedreht werden.

5.3 Berechnung

5.3.1 Vereinfachtes Prüfverfahren

Die Auswertung der Messwerte erfolgt als eine Anpassung der kleinsten Quadrate der Beobachtungsgleichungen. Eine Richtung wird durch $x_{j,k,I}$ bzw. $x_{j,k,II}$ gekennzeichnet, wobei j den Satz angibt und k das Ziel. I und II geben die Fernrohrlage an.

Zunächst erfolgt die Berechnung der Mittelwerte der abgelesenen Werte in beiden Fernrohrlagen, I und II:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 180^\circ}{2} \left(= \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 200 \text{ gon}}{2} \right); j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4 \quad (1)$$

Eine Kürzung zu Ziel 1 ergibt:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}; j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4 \quad (2)$$

Die Mittelwerte der sich aus $n = 3$ Sätzen ergebenden Richtungen zu Ziel k sind:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; k = 1, \dots, 4 \quad (3)$$

Aus den Differenzen

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k}; j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4 \quad (4)$$

für jeden Messwertsatz ergibt sich für die arithmetischen Mittelwerte:

$$\bar{d}_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4}}{4}; j = 1, 2, 3 \quad (5)$$

woraus sich für die Restabweichungen ergibt:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j; j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4 \quad (6)$$

Abgesehen von Rundungsfehlern muss jeder Satz folgende Bedingung erfüllen:

$$\sum_{k=1}^4 r_{j,k} = 0; j = 1, 2, 3 \quad (7)$$

Die Summe der Quadrate der Restabweichungen ist:

$$\sum r^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k}^2 \quad (8)$$

Für $n = 3$ Sätze von Richtungsmessungen zu $t = 4$ Zielen beträgt die Anzahl der Freiheitsgrade:

$$v = (3 - 1) \times (4 - 1) = 6 \quad (9)$$

und die empirische Standardabweichung, s , einer Richtung $x_{j,k}$ in einem Satz bei Beobachtung in beiden Fernrohrlagen beträgt:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{6}} \quad (10)$$

5.3.2 Vollständiges Prüfverfahren

Die Auswertung der Messwerte erfolgt als eine Anpassung von Beobachtungsgleichungen. Innerhalb der i -ten Messreihe wird eine Richtung durch $x_{j,k,I}$ bzw. $x_{j,k,II}$ gekennzeichnet, wobei j den Satz und der Index k das Ziel angibt. I und II geben die Fernrohrlage an. Jede der $m = 4$ Messreihen muss eigenständig ausgewertet werden.

Zunächst erfolgt die Berechnung der Mittelwerte

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 180^\circ}{2} \left(= \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 200 \text{ gon}}{2} \right); j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 5 \quad (11)$$

der abgelesenen Werte in beiden Lagen, I und II, des Fernrohrs berechnet. Eine Kürzung zu Ziel 1 ergibt:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}; j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 5 \quad (12)$$

Die Mittelwerte der sich aus $n = 3$ Sätzen ergebenden Richtungen zu Ziel k sind:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; k = 1, \dots, 5 \quad (13)$$

Aus den Differenzen

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k}; j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 5 \quad (14)$$

für jeden Messwertsatz ergibt sich für die arithmetischen Mittelwerte:

$$\bar{d}_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4} + d_{j,5}}{5}; j = 1, 2, 3 \quad (15)$$

woraus sich für die Restabweichungen ergibt:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j; j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 5 \quad (16)$$

Abgesehen von Rundungsfehlern muss jeder Satz folgende Bedingung erfüllen:

$$\sum_{k=1}^5 r_{j,k} = 0; j = 1, 2, 3 \quad (17)$$

Die Summe der Quadrate der Restabweichungen der i -ten Messreihe ist:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^5 r_{j,k}^2 \quad (18)$$

Für $n = 3$ Sätze von Richtungsmessungen zu $t = 5$ Zielen beträgt die Anzahl der Freiheitsgrade:

$$\nu_i = (3 - 1) \times (5 - 1) = 8 \quad (19)$$

und die empirische Standardabweichung, s_i , einer Richtung $x_{j,k}$ in einem Satz bei Beobachtung in beiden Fernrohlagen, die für die i -te Messreihe gilt, beträgt:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{\nu_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}} \quad (20)$$

Die empirische Standardabweichung, s , einer Horizontalrichtung, beobachtet in einem Satz (arithmetischer Mittelwert der abgelesenen Werte in beiden Fernrohlagen) nach diesem Teil von ISO 17123, berechnet aus allen $m = 4$ Messreihen bei einem Freiheitsgrad von

$$\nu = 4 \times \nu_i = 32 \quad (21)$$

beträgt:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} \quad (22)$$

$$s_{\text{ISO-THEO-HZ}} = s \quad (23)$$

5.4 Statistische Tests

5.4.1 Allgemeines

Statistische Tests werden nur für das vollständige Prüfverfahren empfohlen.

Zur Auswertung der Ergebnisse müssen statistische Tests unter Anwendung der empirischen Standardabweichung, s , einer in einem Satz in beiden Fernrohrlagen beobachteten Horizontalrichtung durchgeführt werden, um folgende Fragen zu beantworten:

- a) Ist die berechnete empirische Standardabweichung, s , kleiner als der vom Hersteller angegebene Wert, σ , oder kleiner als ein sonstiger vorgegebener Wert, σ ?
- b) Gehören zwei aus zwei unterschiedlichen Messproben ermittelte empirische Standardabweichungen, s und $\tilde{s}$, zu derselben Grundgesamtheit, unter der Annahme, dass beide Proben die gleiche Anzahl von Freiheitsgraden, ν , aufweisen?

Die empirischen Standardabweichungen, s und $\tilde{s}$, dürfen aus Folgendem stammen:

- zwei mit demselben Instrument, aber unterschiedlichen Beobachtern erhaltenen Proben;
- zwei mit demselben Instrument zu unterschiedlichen Zeitpunkten erhaltenen Proben;
- zwei mit unterschiedlichen Instrumenten erhaltenen Proben.

Für die folgenden Tests wird ein Vertrauensniveau von $1 - \alpha = 0,95$ und entsprechend der Messauslegung eine Anzahl von Freiheitsgraden von $\nu = 32$ angenommen.

Tabelle 1 — Statistische Tests

Frage	Nullhypothese	Alternativhypothese
a)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
b)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$

5.4.2 Frage a)

Die Nullhypothese, die aussagt, dass die empirische Standardabweichung, s , einer in beiden Lagen beobachteten Horizontalrichtung kleiner oder gleich einem theoretischen oder vorgegebenen Wert, σ , ist, wird nicht verworfen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}} \quad (24)$$

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(32)}{32}} \quad (25)$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 46,19 \quad (26)$$

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{46,19}{32}} \quad (27)$$

$$s \leq \sigma \times 1,20 \quad (28)$$

Andernfalls wird die Nullhypothese verworfen.

5.4.3 Frage b)

Bei zwei unterschiedlichen Proben gibt ein Test an, ob die empirischen Standardabweichungen, s und $\tilde{s}$, zu derselben Grundgesamtheit gehören. Die entsprechende Nullhypothese, $\sigma = \tilde{\sigma}$, wird nicht verworfen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v, v)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v, v) \quad (29)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(32, 32)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{0,975}(32, 32) \quad (30)$$

$$F_{0,975}(32, 32) = 2,02 \quad (31)$$

$$0,49 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,02 \quad (32)$$

Andernfalls wird die Nullhypothese verworfen.

Der Freiheitsgrad und somit die entsprechenden Testwerte $\chi^2_{1-\alpha}(v)$ und $F_{1-\alpha/2}(v, v)$ (aus der Referenzliteratur zu Statistik) verändern sich, wenn eine andere Anzahl von Messwerten analysiert wird.

6 Messung von Vertikalwinkeln

6.1 Konfiguration des Prüffelds

Der Theodolit muss in einem Abstand von etwa 50 m zu einem hohen Gebäude aufgestellt werden. An diesem Gebäude müssen wohldefinierte Punkte (Teile von Fenstern, Ecken von Ziegeln, Antennenteile usw.) oder an einer Wand befestigte Ziele ausgewählt bzw. eingerichtet werden, sodass diese einen Bereich des Vertikalwinkels von etwa 30° abdecken (siehe Bild 2).

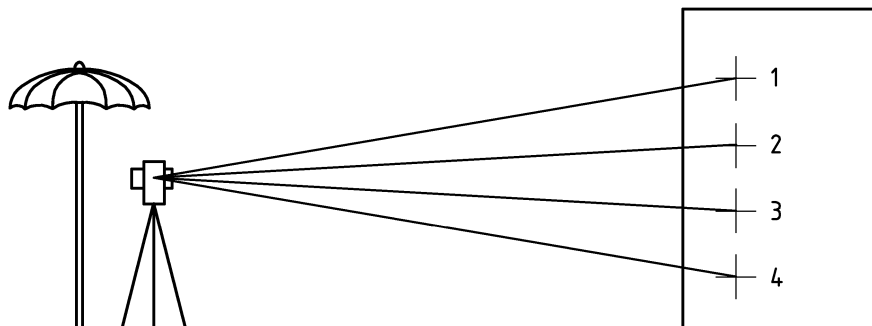


Bild 2 — Prüfanordnung für die Messung von Vertikalwinkeln

6.2 Messungen

Vor Messbeginn muss das Instrument an die Umgebungstemperatur angepasst werden. Die für diese Akklimation erforderliche Zeit beträgt etwa zwei Minuten je Grad Celsius Temperaturunterschied.

Für das vereinfachte Prüfverfahren müssen $m = 1$ Reihen von Messungen, $x_{j,k}$, durchgeführt werden. Die Messreihen müssen aus $n = 3$ Sätzen (j) von Richtungen hin zu den $t = 4$ (k) Zielen bestehen.

Für das vollständige Prüfverfahren müssen $m = 1$ Reihen von Messungen (i) bei unterschiedlichen, jedoch nicht extremen Wetterlagen durchgeführt werden. Jede Messreihe muss aus $n = 3$ Sätzen (j) von Richtungen hin zu den $t = 4$ (k) Zielen bestehen.

Die $t = 4$ Ziele müssen in jedem der $n = 3$ Sätze in Fernrohrlage I in der Reihenfolge von Ziel 1 zu Ziel 4 und in demselben Satz in Fernrohrlage II in der Reihenfolge von Ziel 4 zu Ziel 1 beobachtet werden.

6.3 Berechnung

Die Auswertung der Messwerte erfolgt als eine Anpassung der kleinsten Quadrate der Beobachtungsgleichungen. Innerhalb der i -ten Messreihe wird ein Vertikalwinkel (normalerweise der Zenitwinkel) durch $x_{j,k,I}$ bzw. $x_{j,k,II}$ gekennzeichnet, wobei der Index k das Ziel angibt. I und II geben die Fernrohrlage an. Im vollständigen Prüfverfahren wird jede der $m = 4$ Messreihen eigenständig ausgewertet.

Zunächst erfolgt die Berechnung der Mittelwerte:

$$x'_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} + 360^\circ}{2} \left(= \frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} \pm 400 \text{ gon}}{2} \right); j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4 \quad (33)$$

der abgelesenen Werte in beiden Fernrohrlagen, I und II. Diese Werte sind vom vertikalen Indexfehler, δ_i , nicht betroffen. Der vertikale Indexfehler, δ_i , muss für jede Messreihe getrennt berechnet werden (nur für das vollständige Prüfverfahren empfohlen):

$$\delta_i = \frac{1}{n \times t} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} - 360^\circ}{2} \left(= \frac{1}{n \times t} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} - 400 \text{ gon}}{2} \right) \quad (34)$$

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_i}{4}$$

Die Mittelwerte der sich aus $n = 3$ Sätzen ergebenden Vertikalwinkel in Richtung Ziel k sind:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; k = 1, \dots, 4 \quad (35)$$

Für die Restabweichungen ergibt sich:

$$r_{j,k} = x'_{j,k} - \bar{x}_k; j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4 \quad (36)$$

Abgesehen von Rundungsfehlern müssen die Restabweichungen aller Sätze folgende Bedingung erfüllen:

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k} = 0 \quad (37)$$

Die Summe der Quadrate der Restabweichungen der i -ten Messreihe ist:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k}^2 \quad (38)$$

Für $n = 3$ Sätze von Vertikalwinkeln zu $t = 4$ Zielen beträgt die Anzahl der Freiheitsgrade in jedem Fall:

$$v_i = (3 - 1) \times 4 = 8 \quad (39)$$

und die empirische Standardabweichung, s_i , eines Vertikalwinkels, $x'_{j,k}$ in einem Satz bei Beobachtung in beiden Fernrohrlagen, gültig für die i -te Messreihe, beträgt:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}} \quad (40)$$

Gleichung (41) und Gleichung (42) gelten nur für das vereinfachte Prüfverfahren:

$$v = v_1 \quad (41)$$

$$s = s_1 \quad (42)$$

Gleichung (43) bis Gleichung (59) gelten nur für das vollständige Prüfverfahren.

Für die empirische Standardabweichung, s , berechnet aus allen $m = 4$ Messreihen, beträgt die Anzahl der Freiheitsgrade:

$$v = 4 \times v_i = 32 \quad (43)$$

und die empirische Standardabweichung eines in beiden Fernrohrlagen beobachteten Vertikalwinkels, berechnet aus allen $m = 4$ Messreihen, ist:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} \quad (44)$$

$$s_{\text{ISO-THEO-V}} = s \quad (45)$$

6.4 Statistische Tests

6.4.1 Allgemeines

Statistische Tests werden nur für das vollständige Prüfverfahren empfohlen.

Zur Auswertung der Ergebnisse müssen statistische Tests unter Anwendung der

- empirischen Standardabweichung, s , eines in beiden Fernrohrlagen beobachteten Vertikalwinkels und
- des vertikalen Indexfehlers, δ , (Ausrichtung des Vertikalkreises) und seiner empirischen Standardabweichung, s_δ ,

durchgeführt werden, um folgende Fragen zu beantworten (siehe Tabelle 2):

- a) Ist die berechnete empirische Standardabweichung, s , kleiner als ein entsprechender, vom Hersteller angegebener Wert, σ , oder kleiner als ein sonstiger vorgegebener Wert, σ ?
- b) Gehören zwei aus zwei unterschiedlichen Messproben ermittelte empirische Standardabweichungen, s und $\tilde{s}$, zu derselben Grundgesamtheit, unter der Annahme, dass beide Proben die gleiche Anzahl von Freiheitsgraden, ν , aufweisen?

Die empirischen Standardabweichungen, s und $\tilde{s}$, dürfen aus Folgendem stammen:

- zwei mit demselben Instrument, aber unterschiedlichen Beobachtern erhaltenen Proben;
- zwei mit demselben Instrument zu unterschiedlichen Zeitpunkten erhaltenen Proben;
- zwei mit unterschiedlichen Instrumenten erhaltenen Proben.

- c) Ist der vertikale Indexfehler, δ , gleich null?

Für die folgenden Tests wird ein Vertrauensniveau von $1 - \alpha = 0,95$ und entsprechend der Messauslegung eine Anzahl von Freiheitsgraden von $\nu = 32$ angenommen.

Tabelle 2 — Statistische Tests

Frage	Nullhypothese	Alternativhypothese
a)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
b)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$
c)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

6.4.2 Frage a)

Die Nullhypothese, die aussagt, dass die empirische Standardabweichung, s , eines in beiden Fernrohrlagen beobachteten Vertikalwinkels kleiner oder gleich einem theoretischen oder vorgegebenen Wert, σ , ist, wird nicht verworfen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}} \quad (46)$$

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(32)}{32}} \quad (47)$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 46,19 \quad (48)$$

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{46,19}{32}} \quad (49)$$

$$s \leq \sigma \times 1,20 \quad (50)$$

Andernfalls wird die Nullhypothese verworfen.

6.4.3 Frage b)

Bei zwei unterschiedlichen Proben gibt ein Test an, ob die empirischen Standardabweichungen, s und $\tilde{s}$, zu derselben Grundgesamtheit gehören. Die entsprechende Nullhypothese, $\sigma = \tilde{\sigma}$, wird nicht verworfen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu) \quad (51)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(32,32)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{0,975}(32,32) \quad (52)$$

$$F_{0,975}(32,32) = 2,02 \quad (53)$$

$$0,49 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,02 \quad (54)$$

Andernfalls wird die Nullhypothese verworfen.

6.4.4 Frage c)

Die Hypothese, die aussagt, dass der vertikale Indexfehler, δ , gleich null ist, wird nicht verworfen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$|\delta| \leq s_\delta \times t_{1-\alpha/2}(\nu) \quad (55)$$

$$|\delta| \leq s_\delta \times t_{0,975}(32) \quad (56)$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{12 \times \sqrt{4}}} \quad (57)$$

$$t_{0,975} = (32) = 2,04 \quad (58)$$

$$|\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{48}} \times 2,04 \quad (59)$$

$$\leq s \times 0,3$$

Andernfalls wird die Nullhypothese verworfen.

Die Anzahl der Freiheitsgrade und somit die entsprechenden Testwerte $\chi^2_{1-\alpha}(\nu)$, $F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu)$ und $t_{1-\alpha/2}(\nu)$ (aus der Referenzliteratur zu Statistik) verändern sich, wenn eine andere Anzahl von Messwerten analysiert wird.