

Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“

Zur Anwendung im Betrieb angewiesen:

Luisenthal, den 15. Mai 2025



Hans-Dieter Linz
Betriebsleiter

Richtungs- und Streckenmessung (RSM)

Messanweisung (MA)

Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung

(MA – RSM G)

Erstellt von:

Herrn Prof. Dr.-Ing. H.-P. Otto

Herrn Dipl.-Ing. M. Friedrich

Herrn A. Gebhardt

Herrn Dipl.-Ing. R. Hill

Herrn Dipl.-Ing. M. Riese

Herrn Dr.-Ing. M. Sabrowski

Herrn B. Eng. N. Stetter

Herrn Dipl.-Ing. (FH) Ch. Strutz

Herrn Dipl.-Ing. (FH) W. Witter

Herrn Dipl.-Ing. J. Mehl

Dokumentenänderungsblatt

Messanweisungen sind nicht für alle Zeit festgeschrieben. Es bedarf einer ständigen Kontrolle ihrer Aktualität und gegebenenfalls der Korrektur, Ergänzung oder anderes mehr. Auf dieser Seite der Messanweisung sind alle vorgenommenen Änderungen ab dem 1. Januar 2012 zu dokumentieren.

Vorgenommene Änderungen:

- 20.06.2012 Im Abschnitt 6.5.1 Freie Ausgleichung - Ergänzungen zur Anpassung der Standardabweichung a priori vorgenommen.
- 11.09.2015 Anzahl der Leseexemplare auf einfach geändert
- 15.05.2025 Aktualisierung Regelwerke
Dokumentation der Messepoche als volldigitale Lieferung in TFW-Cloud

Inhalt

	Seite
1 Allgemeines	6
1.1 Anwendungsbereich	6
1.2 Bautechnische Zielstellungen	6
1.3 Begriffe für die Überwachungsvermessung	7
2 Genauigkeitsforderungen, Begriffe und Symbole	9
2.1 Das Grundprinzip	9
2.2 Qualitätsdefinition	9
2.3 Symbole und Begriffe für Genauigkeitsangaben	9
2.4 Genauigkeitsforderungen	10
3 Messsystem	11
3.1 Messinstrument und Messhilfsmittel	11
3.2 Messeinrichtungen	11
3.3 Prüfung von Messinstrument und Messhilfsmitteln	12
4 Messungsdurchführung	13
4.1 Allgemein	13
4.2 Prüfungen vor Messungsbeginn	14
4.3 Messverfahren	15
4.3.1 Allgemeine Festlegungen	15
4.3.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	16
4.3.3 Distanzmessung (Streckenmessung)	16
4.3.4 Höhenbestimmung der Kippachse	17
5 Sicherung und Instandhaltung des Messsystems	17
6 Aufbereitung und Auswertung der Messung	18
6.1 Aufbereitung	18
6.1.1 Richtungsmessung	18
6.1.2 Zenitwinkelmessung	19
6.1.3 Distanzmessung (Streckenmessung)	19
6.2 Qualitätskontrolle	19
6.2.1 Spannweitentest bei der satzweisen Richtungs- und Zenitwinkelmessung	19
6.2.2 Genauigkeit der satzweisen Richtungs- und Zenitwinkelmessung	21
6.2.3 Dreieckswidersprüche	21
6.2.4 Genauigkeit der Distanzmessung (Streckenmessung)	22
6.2.5 Genauigkeitsbewertung der Standpunkte (Richtungs- und Zenitwinkelmessung)	22
6.3 Reduktionen und Korrekturen	23
6.3.1 Reduktions- und Korrekturformeln bei der Streckenmessung mit Tachymeter	23
6.3.1.1 Korrekturformeln für Streckenmessung (Rohstrecke)	23
6.3.1.2 Korrigierte Schrägstrecke	24
6.3.1.3 Streckenreduktion auf Bezugshorizont	24
6.3.2 Berechnung des Höhenunterschiedes bei trigonometrischer Höhenbestimmung	25

6.4	Streckenweise Berechnung des Refraktionskoeffizienten über die Ziellinie	26
6.5	Auswertung	27
6.5.1	Freie Ausgleichung	27
6.5.2	Deformationsanalyse des Festpunktfeldes	28
6.5.3	Ausgleichung unter Zwang – Richtungs- und Streckenmessung	29
6.5.4	Ausgleichung unter Zwang der ausschließlich trigonometrisch höhenbestimmten Festpunktpfeiler	29
6.5.5	Ausgleichung unter Zwang – trigonometrische Höhenbestimmung der Objektpunkte	30
6.5.6	Dokumentation der Ausgleichungen und Deformationsanalysen	30
7	Dokumentation der Messepoche im Messbericht	32

Anlagen (Muster)

- Anlage 1 Nachweis der Richtungen (standpunktbezogen)
- Anlage 2 Nachweis der Dreieckswidersprüche
- Anlage 3 Nachweis der Zenitwinkel (standpunktbezogen)
- Anlage 4 Aufbereitung Streckenkorrektur (standpunktbezogen)
- Anlage 5 Nachweis der Streckendifferenzen (standpunktbezogen)
- Anlage 6 Zusammenstellung der Referenzstrecken

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Die Messanweisung (MA) gilt für die Ausführung von ingenieurgeodätischen Überwachungsvermessungen durch eine kombinierte Messung von Horizontalrichtungen (Richtungen), Vertikalwinkeln und Strecken (hier: Richtungs- und Streckenmessung = RSM) im Probestau und in der Betriebszeit von Talsperren der Thüringer Fernwasserversorgung (TFW). Die Messanweisung wird bei Bedarf vom Betreiber der Talsperre aktualisiert.

Die Messanweisung „Grundlagen – Richtungs- und Streckenmessung“ enthält allgemeingültige technologische Festlegungen. Spezielle technologische Festlegungen enthält Messanweisung „Objektspezifik“.

Hinweis auf zugrundeliegende Normen und Richtlinien, in denen sich die allgemein anerkannten Regeln der Technik dokumentieren:

- DIN 18709 – Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen im Vermessungswesen
Teil 1 – Allgemeines, 2020-03
Teil 2 – Ingenieurvermessung, 2020-03
Teil 4 – Ausgleichungsrechnung und Statistik, 2010-09
- DIN 18710 – Ingenieurvermessung
Teil 1 – Allgemeine Anforderungen, 2010-09
Teil 4 – Überwachung, 2010-09
- Merkblatt DWA – M 514: Bauwerksüberwachung an Talsperren
- Möser und andere, Handbuch Ingenieurgeodäsie, Band Grundlagen, 3. Auflage 2000, Herbert Wichmann Verlag
- Möser und andere, Handbuch Ingenieurgeodäsie, Band Ingenieurbau, 1. Auflage 2008, Herbert Wichmann Verlag

1.2 Bautechnische Zielstellungen

Das Hauptmessziel besteht in der Ermittlung der Horizontal- und gegebenenfalls Vertikalverschiebungen von Objektpunkten an der äußeren Kontur des Absperrbauwerkes und sonstigen zur Talsperre gehörenden baulichen Anlagen sowie natürlichen Objekten.

Nachgeordnete Messziele sind:

- Nachweis der Stabilität der Stützpunkte (Beobachtungspfeiler)
- Absolutanschluss von Relativverfahren
- Ermittlung von Neigungen beziehungsweise Neigungsänderungen

Eine Voraussetzung ist das Vorhandensein eines stabilen Lagefestpunktfeldes.

1.3 Begriffe für die Überwachungsvermessung

Es gelten folgende – hier ausgewählte – Definitionen:

- **Nullmessung:** erstmalige messtechnische Erfassung des Ist-Zustandes, 1. Messung einer Messreihe
- **Folgemessungen (FM):** Wiederholung der Überwachungsvermessung
- **Bezugsmessung (BM):** qualitativ hochwertige Messung, deren Ergebniswerte den Bezug für alle Folgemessungen bilden; entspricht dem Ausgangszustand eines Messobjektes zu einem bestimmten Zeitpunkt
- **Messprogramm:** alle Informationen die zur Durchführung der Messungen, der Einhaltung der Qualitätsanforderungen und der Interpretation der Ergebniswerte notwendig sind
- **Messanweisung MA):** Bestandteil des Mess- und Kontrollprogramms; enthält alle Informationen, mit deren Hilfe die Durchführung von Messungen bei Einhaltung der Messgenauigkeit festgelegt ist
- **Messverfahren:** Art und Weise der Ermittlung eines Messwertes (Festlegungen zur Durchführungen der Messungen); Bestandteile eines Messverfahrens sind Messeinrichtung, Messinstrument, Messhilfsmittel und Messtechnologie
- **Messeinrichtung:** die Gesamtheit der für ein Messverfahren benötigten und fest installierten Bestandteile eines Messsystems
- **Messinstrument:** Messmittel, welches in Verbindung mit der Messeinrichtung und den Messhilfsmitteln zur Ermittlung von Messwerten genutzt wird
- **Messhilfsmittel:** Messmittel, welches neben dem Messinstrument notwendig ist, um Messwerte zu ermitteln
- **Messtermine:** Zeitpunkte, die durch zeitliche Abstände oder durch das Erreichen bestimmter Stauhöhen, von Extremzuständen usw. bestimmt und im Messprogramm festgelegt sind
- **Messwert:** Einzelwert einer Messreihe, der an einer Messstelle gewonnen wird und zu einer Mess- oder Wirkgröße gehört; er liegt als auswertbare physikalische Größe vor
- **Ergebniswert:** Einzelwert einer Messreihe, der aus den Messwerten sowie mit Hilfe der Stammdaten berechnet wird und in Bezug zum überwachten Messobjekt gebracht werden kann; der Ergebniswert beschreibt die Messgröße (zum Beispiel Horizontalverschiebungen)

Weitere allgemeingültige Begriffsbestimmungen enthalten die Normen und Richtlinien (DIN 18709, DIN 18710, DIN 1319, DWA-M 514).

Es gelten folgende spezifische Definitionen zur zwei- oder dreidimensionalen Koordinatenbestimmung:

- **Lagefestpunktfeld:** Gesamtheit der im geodätischen Bezugssystem bestimmten Lagefestpunkte; hier: örtliches und talsperrenspezifisches Sondernetz
- **Lagefestpunkt** (in der Regel) = **Stützpunkt:** Ausgangspunkt für die Objektvermessung der Lage (18709-1), siehe auch Lagefestpunktfeld (DWA-M 514) und Vermessungspunkt (18710-1); sollte nicht zum Beispiel Deformationen des Messobjektes beeinflusst sein; seine konstruktive Ausbildung gewährleistet Langzeitstabilität
- **Sicherungspunkt:** entfernt liegender Lagefestpunkt, der dem Nachweis der Stabilität im Lagefestpunktfeld dient
- **Beobachtungspfeiler:** geologisch sicher gegründeter Lagefestpunkt, in der Regel ausgeführt als thermisch gedämmter Doppelrohrpfeiler mit Zwangszentrierung
- **Kontrollpunkt:** dem Stützpunkt naheliegender Lagefestpunkt, der die Eigenschaften, aber nicht den Status eines Stützpunktes hat; er dient dem Nachweis der Stabilität eines Stützpunktes
- **Hilfspunkt:** einfacher Beobachtungspfeiler zur Verbesserung der Netzgeometrie (Hinweis: besitzt den Status eines Objektpunktes)
- **Objektpunkt:** geodätische Messstelle im oder am Messobjekt, die durch Wirkgrößen beeinflusst ist oder sein könnte
- **Objektpunkt bei der Deformationsanalyse:** als verschoben erkannter Stützpunkt, im Folgenden auch Nichtdatumspunkt genannt
- **Auffelderung:** Zusammenführung zweier Netze über identische Punkte unter der Voraussetzung, dass die innere Geometrie der Netze erhalten bleibt, was zu Klaffungen in den identischen Punkten führt (nach Entwurf DIN 18709), das heißt optimale Anpassung des Lagebezugs nach dem Prinzip „Quadratsumme der Koordinatendifferenzen für die Stützpunkte gleich Minimum“
- **Deformationsanalyse:** Verfahren zur Aufdeckung signifikanter Punktbewegungen mittels eines Zwei-Epochen-Vergleichs; Voraussetzung ist eine freie Ausgleichung der Epochen; hier: Verfahren der Auswertung von Lagemessungen zum Nachweis von Stützpunktverschiebungen mittels eines Zwei-Epochen-Vergleichs oder mittels einer Zeitreihenanalyse (Regressionsanalyse)
- **Klaffung:** berechnet sich für identische Stützpunkte durch Transformation einer Epoche „Folgemessung“ auf Epoche „Bezugsmessung“ (Epoche = Datum der Folgemessung); hier: Differenz der Koordinaten der beiden Epochen

2 Genauigkeitsforderungen, Begriffe und Symbole

2.1 Das Grundprinzip

Die Messungen sind nach dem Prinzip „So genau wie möglich“ mit der vorhandenen Messausrüstung durchzuführen. Dabei gelten hinsichtlich einer vertretbaren Effizienz die Festlegungen dieser Messanweisung (zum Beispiel Messung der Horizontalrichtungen und Zenitwinkel sowie der Strecken in vier Vollsätzen). Die Wahrung dieses Prinzips bedeutet, dass die Randbedingungen bei der Ausführung der Messungen optimal sein müssen (zum Beispiel meteorologische Bedingungen); näheres dazu siehe im Kapitel 4 Messungsdurchführung.

Die vorgegebene Standardabweichung der Grundgesamtheit σ einer Messung ist zu unterschreiten, mindestens aber einzuhalten.

Die daraus abgeleitete zulässige Standardabweichung der Stichprobe s_{zul} bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5 \%$ darf grundsätzlich nicht überschritten werden. Ausnahmefälle sind schwierigste Messbedingungen bei termingebundenen Messungen (zum Beispiel während eines Probestaues), die im Ergebnisbericht zu erläutern und nachzuweisen sind, jedoch darf auch in diesen Fällen die $2,5\text{-}\sigma$ -Grenze (98,8 %) nur ausnahmsweise in Anspruch genommen und keinesfalls überschritten werden.

2.2 Qualitätsdefinition

Das wesentlichste Qualitätsmerkmal für Überwachungsvermessungen ist die metrische Genauigkeit in Form der Standardabweichung. In der Messanweisung sind Zielgrößen (zum Beispiel s_r , s_z , s_d , s_{zul}) angegeben, deren Erreichung beziehungsweise Einhaltung in den Messberichten nachzuweisen ist.

Die Richtigkeit der Messergebnisse und die Einhaltung der geforderten Genauigkeiten sind in den Ergebnistabellen vom Leiter der Messungsausführenden durch Freigabe mit Unterschrift zu versichern.

2.3 Symbole und Begriffe für Genauigkeitsangaben

Für Genauigkeitsangaben gelten folgende Symbole und Begriffe:

σ	Standardabweichung einer Grundgesamtheit
s	Standardabweichung einer Stichprobe
σ_o	Standardabweichung einer Beobachtung vom Gewicht 1
$\sigma_x, s_x, \sigma_y, s_y$	Koordinaten-Standardabweichung
σ_L, s_L	Lage-Standardabweichung
σ_r, s_r	Standardabweichung einer einmal in zwei Fernrohrlagen (FRL) gemessenen horizontalen Richtung

σ_w, s_w	Standardabweichung eines einmal in zwei FRL gemessenen horizontalen Winkels
σ_z, s_z	Standardabweichung eines einmal in zwei FRL gemessenen Zenitwinkels
σ_d, s_d	Standardabweichung einer Distanz (Strecke), beobachtet als Hin- und Rückmessung
σ_{dr}, s_{dr}	Standardabweichung einer Raumstrecke (Schrägstrecke), beobachtet als Hin- und Rückmessung
$\sigma_{\Delta h}, s_{\Delta h}$	Standardabweichung eines trigonometrisch gemessenen Höhenunterschiedes
σ_H, s_H	Standardabweichung einer trigonometrisch bestimmten Höhe
$R = x_{\max} - x_{\min}$	Spannweite der Messwerte zum Beispiel einer Messreihe oder innerhalb einer Messung
S	statistische Sicherheit (Sicherheitswahrscheinlichkeit)
α	Irrtumswahrscheinlichkeit oder andere Überschreitungswahrscheinlichkeit (in der Regel $\alpha = 0,05$)
$1 - \alpha$	Vertrauensniveau oder auch Konfidenzniveau (in der Regel 95 %)

2.4 Genauigkeitsforderungen

Richtungsmessung:	$\sigma_r = 0,20 \text{ mgon}$ – Standardabweichung einer einmal in zwei FRL gemessenen Richtung
Zenitwinkelmessung:	$\sigma_z = 0,35 \text{ mgon}$ – Standardabweichung eines einmal in zwei FRL gemessenen Zenitwinkels
Distanzmessung: (Streckenmessung)	$\sigma_d = 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ – Standardabweichung einer als Hin- und Rückmessung beobachteten Distanz

Auf Grund von objektspezifischen Erfahrungen und Gegebenheiten kann es möglich werden, Genauigkeitsforderungen innerhalb der Messanweisungen „Objektspezifisch“ zu ändern. Eine Abweichung von den oben genannten Genauigkeitsforderungen ist zu begründen.

Hinweis: Es wird darauf hingewiesen, dass zum Beispiel bei der Beobachtung der Objektpunkte an Dämmen, die oben geforderten Genauigkeiten wünschenswert, aber nicht notwendig sind. Jedoch sind die oben geforderten Genauigkeiten erforderlich, wenn mit dem gewonnenen Datenmaterial die Stabilität der Festpunkte nachgewiesen werden soll. Da beide Messungen (Beobachtung Objektpunkte, Beobachtung Festpunkte) innerhalb einer Messfolge durchge-

führt werden, hat sich die Messung der strengsten Genauigkeitsforderung unterzuordnen.

3 Messsystem

3.1 Messinstrument und Messhilfsmittel

Tachymeter

Es sind ausschließlich Präzisionstachymeter mit folgenden Genauigkeiten (Herstellerangabe) zu verwenden:

- Horizontalrichtungsmessung $\leq 0,20$ mgon
- Zenitwinkelmessung $\leq 0,35$ mgon
- Distanzmessung (Streckenmessung) $\leq 1,0$ mm $\pm 1,0$ ppm

Das Tachymeter ist vom Auftragnehmer (AN) zu stellen. Wenn die Messungen im Vertragszeitraum mit einem bestimmten Tachymeter (Gerätenummer) begonnen werden, dann sind sämtliche Folgemessungen im Vertragszeitraum damit auszuführen.

In Ausnahmefällen kann die TFW ein entsprechendes Tachymeter gegen eine Leihgebühr stellen.

Reflektoren

An allen Anlagen (mit den entsprechenden Messungen) werden die Reflektoren durch den AG gestellt. Sie sind ausnahmslos zu verwenden.

Barometer

Der Barometer ist vom AN zustellen. Es hat eine Genauigkeit von 1 mbar zu gewährleisten (1 mbar auf 1 km circa 0,3 mm Streckenänderung). Die geräteinterne Erfassung des Luftdruckes darf keine Verwendung finden.

Thermometer (2 Stück)

Die Thermometer sind vom AN zustellen. Sie haben eine Genauigkeit von 0,2 K zu gewährleisten (1 K auf 1 km circa 1 mm Streckenänderung). Die geräteinterne Erfassung der Lufttemperatur darf keine Verwendung finden.

3.2 Messeinrichtungen

Beobachtungspfeiler

In der Regel wird die Richtungs- und Streckenmessung ausgehend von thermisch gedämmten Doppelrohrpfeilern ausgeführt. Diese besitzen Zwangszentrierungen als Aufnahmen für das Tachymeter und die Reflektoren.

Die Beobachtungspfeiler (Festpunktpfeiler) sowie die Sicherungs- und Objektpunkte mit ihren Bestimmungsstücken (Sichten) sind in einem Netzbild darzustellen (siehe Mess-

anweisung „Objektspezifik“). Dieses wird vom AG gestellt und ist vom AN von Folgemessung zu Folgemessung in Abstimmung mit dem AG zu aktualisieren.

Sichten

Sichten sind dauerhaft in einem mindestens 10 m breiten Korridor, also zur Sicht mindestens ± 5 m, freizuhalten. Geländeregulierungsarbeiten sind so zu planen, dass der Zielstrahl mindestens 1,4 m über Gelände verläuft. In der Sichtschneise und am Rand dürfen nur solche Gewächse gepflanzt werden, die die Einhaltung dieser Bedingungen langfristig mit einem Minimum an Pflegearbeiten sicherstellen. Im Nahbereich der Festpunkte ist für eine Fläche mit einem Radius von 10 m nur bodendeckender Bewuchs zulässig. Auf Punkten, auf denen gegebenenfalls jetzt oder zu einem späteren Zeitpunkt GPS-Messungen ausgeführt werden, ist der Bewuchs so zu gestalten, dass ein Kegel über dem Punkt mit einem Winkel zum Zenit von etwa 75° frei bleibt.

3.3 Prüfung von Messinstrument und Messhilfsmitteln

Soweit es den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht, sind nur geprüfte Messinstrumente und Messmittel einzusetzen.

Die Prüfung der Instrumente und Messmittel richtet sich grundsätzlich nach der jeweiligen Bedienungsanleitung. Prüfungen sind zu dokumentieren und bei der Übergabe der Messberichte an die TFW mit auszureichen (insofern die Prüfung beim beauftragten Vermessungsbüro liegt). Kalibrier- und Prüfscheine sind dauerhaft aufzubewahren.

Tachymeter

1. Prüfung

Tachymeter sind jährlich auf einer anerkannten Basis (Prüfstrecke) auf den Kalibrierzustand zu prüfen. Die Prüfung hat unter Verwendung eines TFW-eigenen Reflektors, welcher Bestandteil einer Prüfstrecke ist, zu erfolgen. Die Prüfung beinhaltet unter Beachtung der oben genannten Genauigkeitsforderungen folgende Elemente:

- Prüfung und gegebenenfalls Justierung der Stehachse bestehend aus Grobhorizontierung (Dosenlibelle) und Feinhorizontierung (Kompensatorspielpunkt)
- Neubestimmung der Achsenfehler
- Prüfung und gegebenenfalls Justierung der automatischen Zielsuche ATR und des optischen Lotes
- Maßstabskorrektur (Prüfstrecke) und Nullpunktkorrektur
- Frequenzprüfung (nur in Ausnahmefällen)

Es ist ein Prüf- oder Kalibrierbericht zu übergeben, der neben der Dokumentation der vorstehenden Prüfparametern eine Auskunft darüber enthält, ob das geprüfte Messinstrument für Messungen oben genannter Genauigkeit geeignet ist (siehe Abschnitt 3.1).

2. Prüfung

Innerhalb einer Folgemessung ist der Sensor zur Streckenmessung des Tachymeters anhand von Referenzstrecken (Vergleichsstrecken) zu prüfen. Dazu sind in jedem Netz günstigenfalls drei Referenzstrecken (RSt) angelegt worden beziehungsweise in Abstimmung mit der TFW anzulegen (RSt 1 – kurze Distanz; RSt 2 – mittlere Distanz; RSt 3 – lange Distanz). Das Kriterium zur Kontrolle des Sensors zur Streckenmessung bilden die meteorologisch korrigierten Schrägstrecken aus Hin- und Rückmessung bei Verwendung gleicher Reflektoren.

Reflektoren

Vom Hersteller der Reflektoren werden Reflektorkonstanten angegeben. Diese sind abhängig vom Fabrikat.

4 Messungsdurchführung

4.1 Allgemein

Die Messungen sind nach den **allgemein anerkannten Regeln der Technik** vorzubereiten, auszuführen, aufzubereiten und auszuwerten. Dazu gehört, dass die Messungen so zu planen sind, dass systematische Abweichungen eliminiert oder minimiert werden beispielsweise entsprechende Korrekturen rechnerisch an den Messwerten angebracht werden. Atmosphärische Einflüsse auf die Messungen und die Ergebnisse sind durch eine entsprechende Planung der Beobachtungen und deren Aufbereitung gering zu halten. So sind zum Beispiel Messungen bei hohem Refraktionseinfluss nur im Ausnahmefall (zum Beispiel Messung innerhalb der Verharrungsphase eines Probestaues) zulässig.

Das **Prinzip der Gleichzeitigkeit** ist einzuhalten. Dazu sind alle zu einem Termin erforderlichen Messungen weitestgehend kurzfristig (unter Beachtung der Messgenauigkeit, der Punktbewegungen sowie der spezifischen Anforderungen und der äußeren Bedingungen) durchzuführen, jedoch grundsätzlich nur bei geeigneter Witterung. Das gilt insbesondere für alle Messungen an den Absperrbauwerken sowie den zugeordneten Bauwerken.

Das **Prinzip der Gleichartigkeit** ist einzuhalten. Dazu sind die bei der Bezugsmessung angewendeten Technologien beizubehalten. Neue Technologien und/oder Messmittel beziehungsweise -instrumente dürfen nur verwendet werden, wenn damit nachweisbar die Genauigkeitsforderungen der Messanweisung eingehalten werden und die Stetigkeit der Messreihen gewährleistet ist. Sie bedürfen der Zustimmung des Auftraggebers. Messmittel, die der Auftraggeber nicht zur Verfügung stellt, müssen den Genauigkeitsforderungen entsprechen. Ein Wechsel des Messpersonals ist grundsätzlich zu vermeiden. Falls der Wechsel unumgänglich ist, muss die Homogenität der Messreihen gesichert werden, zum Beispiel dadurch, dass die Übergangsmessung vom bisherigen und neuen Beobachter gemeinsam ausgeführt wird.

4.2 Prüfungen vor Messungsbeginn

Vor Beginn der Messungen müssen täglich geprüft beziehungsweise justiert werden:

Instrumente mit Horizontierung

tägliche Prüfung vor Arbeitsbeginn: - Dosenlibelle

Tachymeter

Prüfung vor Beginn der Beobachtung auf jedem Standpunkt: - Stehachse/Neigungskompensator

tägliche Prüfung vor Arbeitsbeginn: - Zielachsenfehler
- Kippachsenfehler
- Höhenindexfehler

innerhalb der Folgemessung: - Prüfung des elektronischen Distanzmessers im Tachymeter durch Beobachtung von mindestens zwei Referenzstrecken, siehe Hinweise unter Abschnitt 3.3

Zielzeichenausrüstung und Reflektorprismen

Vor Beginn einer Messkampagne: - Nullpunktfehler (Reflektorkonstante in Verbindung mit Tachymeter)
- Zieltafel kombiniert mit Reflektor bei Wechsel
- Zielmarkenexzentrizität (zum Beispiel Keramikmarke mit konzentrischen Kreisen) bei Wechsel

Die Prüfungen richten sich nach der Bedienungsanleitung des eingesetzten Messinstrumentes. Dabei sind die netzspezifischen Größen zu beachten (zum Beispiel minimaler Zenitwinkel). Die Ergebnisse der Instrumentenprüfung sind im Messbericht über die Folgemessungen zusammenfassend inklusive Grafik auszuwerten, zu dokumentieren und zusätzlich in Dateiform zu liefern.

Die bei der Kalibrierung ermittelte Nullpunktkorrektur k_0 gilt nur in Zusammenhang mit dem bei der Kalibrierung benutzten Reflektor. Das heißt, zur Kalibrierung des Streckensensors ist immer der gleiche Reflektor zu verwenden, der bei den Messungen an dem betreffenden Messobjekt zur Prüfung der dort eingesetzten Reflektoren eingesetzt wird.

Vor dem Messeinsatz sind alle Prismen auf die Konstanz der Nullpunktkorrektur hin zu untersuchen. Abweichungen sind bei den Messungen zu berücksichtigen.

4.3 Messverfahren

4.3.1 Allgemeine Festlegungen

Die Messungen sind nur unter guten meteorologischen Bedingungen für geodätische Messungen durchzuführen. Messungen bei ungeeigneten äußeren Bedingungen, die zu systematischen Messabweichungen führen oder die Messunsicherheit vergrößern können, sind nicht zulässig. Zur Kontrolle sind die meteorologischen Daten zu registrieren. Das Tachymeter ist während der Beobachtung vor Sonneneinstrahlung zu schützen.

Bei den Messungen muss die vollständige Kompensation aller Achskorrekturen gewährleistet sein.

Bei den Folgemessungen sind dieselben Prismen auf denselben Punkten zu verwenden.

Zur Vermeidung von systematischen Abweichungen gehört zum Beispiel, dass bei allen Folgemessungen dieselben (deshalb bezeichneten) Dreifüße mit derselben Orientierung (festzulegen für den nicht beweglichen Fuß) auf den zugeordneten Pfeilern zum Einsatz kommen. Dazu sind entsprechende Nachweise zu führen.

Zur Eliminierung von Refraktionseinflüssen sind gegenseitig gleichzeitige, das heißt mit einem vertretbaren Zeitabstand, ausgeführte Messungen der Zenitwinkel anzustreben, weil Refraktionsänderungen zwischen Sicht und Gegensicht die Messergebnisse verfälschen.

Ein Vollsatz muss innerhalb eines Tages gemessen werden. Eine Aufsplitterung auf zwei oder mehr Messtage ist nicht zulässig.

Stativaufstellungen sind grundsätzlich zu vermeiden. Sollte es trotzdem unausweichlich werden, erfolgt die Zentrierung mit optischem beziehungsweise Laser-Lot ($\sigma_z = 0,2 \text{ mm}$). Nach der Messung ist die Zentrierung zwingend zu prüfen und zu dokumentieren, werden Veränderungen festgestellt, sind die Messungen zu wiederholen.

Bei automatischer Feldregistrierung sind die Messwerte in Drucklisten und Dateien zu dokumentieren.

Als **Sekundärdaten** der Beobachtung je Standpunkt sind folgende Informationen in Feldbüchern zu dokumentieren:

- Messtag (Datum), Beginn und Ende standpunktbezogen (Uhrzeit)
- Personen des Messtrupps
- Bezeichnung des Standpunktes, des Zielpunktes inklusive des zielpunktbezogenen Reflektorsatzes (Reflektor mit Zieltafel, eventuell Adapter, Dreifuß)
- Stehachsenprüfung

- Lufttemperatur am Beginn und Ende sowie Luftdruck (besser durchgehende Registrierung)
- sonstige meteorologischen Bedingungen (Grad der Bewölkung beziehungsweise Angaben zum Sonnenschein, abgeschätzte Windgeschwindigkeit, Niederschläge, Refraktion)
- Besonderheiten während der Messung, die Einfluss haben könnten auf das Messergebnis (zum Beispiel Grundablass geöffnet, Bauarbeiten)

Die während der Messung entstehende Messdatei ist mit den von der TFW festgelegten **Punktbezeichnungen** (zum Beispiel PF 2500, ZZ 13.1, A IV) zu führen. Durchnummierungen (zum Beispiel 1, 2, 3 ...) sind nicht zulässig.

Bei der Messungsausführung sind die **Netzbilder** beziehungsweise **Beobachtungs-spinnen** und gegebenenfalls spezielle Feldformulare (mit Bezeichnung der Messpunkte) zu benutzen.

4.3.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Messungen sind bei manuellen Zielungen in drei Vollsätzen und zwei Fernrohrlagen und bei automatischen Zielungen in vier Vollsätzen und zwei Fernrohrlagen durchzuführen.

Reihenfolge der Zielungen eines Vollsatzes: FRL I – Ziel 1 bis Ziel **m**, FRL II – Ziel **m** bis Ziel 1.

Um grobe Fehler schon bei der Messung, spätestens am Ende des Messtages aufdecken zu können, müssen Kontrollen über die Spannweite zwischen höchstem und niedrigstem Satzmittel durchgeführt werden (siehe Abschnitt 6.2.1). Bei Überschreitung muss die Anzahl der Sätze erhöht oder der Standpunkt zeitnah neu beobachtet werden.

4.3.3 Distanzmessung (Streckenmessung)

Die Raumstrecken (Schrägstrecken) sind als Sicht und Gegensicht in zwei Fernrohrlagen bei manueller Zielung 3-mal und bei automatisierter Messung 4-mal zu messen (siehe auch Abschnitt 4.3.2). Richtungs- und Zenitwinkelmessung sowie Streckenmessung sind in einem Arbeitsgang durchzuführen.

Bei markierten Zielpunkten ohne Möglichkeit zur Reflektoraufstellung entfällt die Rückmessung.

In Ausnahmefällen kann die Messung der Strecken in der zweiten FRL entfallen. Voraussetzung ist, dass anhand von vorangegangenen Messungen nachgewiesen werden kann, dass die Streckengenauigkeit $< s_{zul}$ immer eingehalten wird und insbesondere keine systematischen Abweichungen zum Beispiel durch Nullpunktabweichungen zwischen den Fernrohrlagen auftreten, auch bei stark geneigten Zielungen.

Zu beachten ist:

- Die Korrekturen wegen Temperatur und Luftdruck sowie wegen Maßstabsfehler (Frequenzkorrektur) und Abweichung von der Additionskonstanten (Nullpunktkorrektur) sind zusammen mit gegebenenfalls vorhandenen Zentrierabweichungen extern vorzunehmen und nachzuweisen, das heißt, die geräteinternen Korrekturen (Nullpunktkorrektur = mm und Maßstabskorrektur = ppm) sind im Tachymeter während der Messungsdurchführung auf Null zu stellen.

Die aktuell auf einer anerkannten Basis (Prüfstrecke) ermittelten Kalibrierkorrekturen für Nullpunkt und Maßstab sind nur in Abstimmung mit der TFW für die Auswertung zu verwenden; dabei gehen in die Bewertung auch die Ergebnisse der gemessenen Referenzstrecken nach Abschnitt 3.3 ein.

- Zur präzisen Messung der meteorologischen Daten sind auf Stand- und Zielpunkt als Fehlergrenzen bei Strecken bis 500 m Länge von $\Delta t = 1$ K und $\Delta p = 3$ mbar einzuhalten. Bei Strecken über 500 m Länge sind von $\Delta t = 0,3$ K und $\Delta p = 1$ mbar zu gewährleisten. Werden Luftdruckwerte für die Instrumentenstandpunkte und die Zielpunkte rechnerisch mit Bezug auf eine Referenzstation ermittelt, sind die entsprechenden Nachweise zu führen. Durchstreicht der Zielstrahl Abschnitte mit stark differierender Lufttemperatur, ist es in Sonderfällen zulässig, diese Bedingungen abzuschätzen und in gewichteter Form als Korrektur der Messwerte einzuführen (zum Beispiel $\frac{1}{4}$ Schatten, $\frac{3}{4}$ Sonne). Entsprechende Anmerkungen sind in den Messbericht sowie in die Aufbereitungsdateien aufzunehmen.

4.3.4 Höhenbestimmung der Kippachse

Höhe für Streckenreduktion

Für die Streckenreduktion auf den Bezugshorizont sind die Kippachshöhen der Tachymeterstandpunkte genähert mit $\sigma_H < 0,5$ m zu bestimmen. Ist in der Nähe des Beobachtungspfeilers kein durch geometrisches Nivellement bestimmter Höhenfestpunkt vorhanden, wird die Kippachshöhe mit den trigonometrisch ermittelten Δh -Werten über benachbarte Standpunkte berechnet. Bei den Folgemessungen wird die Höhe des Bezugshorizontes beibehalten, womit die erneute Bestimmung der Kippachshöhen entfällt.

Höhe für trigonometrische Höhenbestimmung

Für eine eventuell trigonometrische Höhenbestimmung sind die Höhenunterschiede zwischen Bezugspunkt am Fundament und Oberkante Zwangszentrierung (OKZ) nivellistisch mit $\sigma_{\Delta h} < 0,2$ mm zu bestimmen. Messung und Berechnung sind nachzuweisen und grafisch zu dokumentieren.

5 Sicherung und Instandhaltung des Messsystems

Für die Sicherung und Instandhaltung des Messsystems sowie die Erhaltung der ständigen Messbereitschaft ist die TFW als Betreiber der Talsperre verantwortlich. Das Messsystem ist regelmäßig und in jedem Fall vor dem Beginn einer Messepoche zu

kontrollieren und gegen äußere oder fremde Einwirkungen zu schützen. Dabei ist insbesondere auf das Freihalten der Sichten und die Vollständigkeit der Abdeckungen sowohl für die Pfeiler als auch für die Objektpunkte zu achten. Der Korrosionsschutz ist zu gewährleisten.

Die Zwangszentrierungen werden ebenfalls durch den AG gewartet und gepflegt. Der AN hat im Messbericht auf notwendige Wartungs- und Pflegemaßnahmen hinzuweisen.

Die festen Reflektoren und Zielzeichen werden gleichfalls durch den AG gewartet und gepflegt. Hinweise dazu liefert der AN im Messbericht zur Folgemessung.

Vom Messungsausführenden ist ein sorgsamer Umgang mit den Messeinrichtungen und Messmitteln sicherzustellen. Gegebenenfalls ist eine sofortige Mitteilung über Mängel an den Betreiber zu geben, jedoch spätestens mit Auslieferung des Messberichtes.

6 Aufbereitung und Auswertung der Messung

6.1 Aufbereitung

Die Berechnungen sind in Formularen beziehungsweise Drucklisten und Tabellen nachzuweisen. Als Rechenschärfe sind Meter $\cdot 10^{-5}$ beziehungsweise Gon $\cdot 10^{-5}$ einzuhalten. Die Ergebniswerte sind auf Meter $\cdot 10^{-4}$ beziehungsweise Gon $\cdot 10^{-5}$ anzugeben.

Messungen, die durch Nachmessungen ersetzt werden, sind ebenfalls aufzubereiten und nachzuweisen. Das trifft nicht zu, wenn die Nachmessung unmittelbar im Anschluss an die vorgeschriebene Satzzahl erfolgt. Nachmessungen sind in den Aufbereitungsdateien zu kennzeichnen.

6.1.1 Richtungsmessung

Die Spannweiten werden gemäß Abschnitt 6.2.1 berechnet. Die Spannweite **R** zwischen niedrigstem und höchstem Satzmittel darf die zulässige Spannweite nicht überschreiten.

Anschließend ist die Stationsausgleichung mit Berechnung der Standardabweichungen nach Abschnitt 6.2.2 und die Genauigkeitsbewertung nach Abschnitt 6.2.5 auszuführen.

Die Dreieckswidersprüche dürfen den größten zulässigen Betrag von $w_{zul} = 1,8$ mgon nicht überschreiten (siehe auch Abschnitt 6.2.3).

Die Berechnungen sind nach den Mustern Anlage 1 Richtungsmessung und Anlage 2 Dreieckswidersprüche tabellarisch nachzuweisen.

6.1.2 Zenitwinkelmessung

Die Spannweiten werden gemäß Abschnitt 6.2.1 berechnet. Die Spannweite **R** zwischen niedrigstem und höchstem Satzmittel darf die zulässige Spannweite nicht überschreiten.

Anschließend ist die Stationsausgleichung mit Berechnung der Standardabweichungen nach Abschnitt 6.2.2 und die Genauigkeitsbewertung nach Abschnitt 6.2.5 auszuführen.

Die Berechnungen sind nach dem Muster Anlage 3 Zenitwinkel tabellarisch nachzuweisen.

6.1.3 Distanzmessung (Streckenmessung)

Zunächst werden die als Hin- und Rückmessung beobachteten Distanzen gemittelt, danach werden die Reduktionen und Korrekturen nach Abschnitt 6.3 angebracht und die Horizontalstrecken **HD** berechnet.

Anschließend ist die erreichte Genauigkeit der reduzierten und korrigierten Horizontalstrecken **HD** nach Abschnitt 6.2.4 zu bewerten.

Die Kippachshöhen sind nach Abschnitt 4.3.4 zu bestimmen beziehungsweise zu übernehmen.

Die Korrekturen für Höhe, Erdkrümmung und Refraktion werden bei Folgemessungen übernommen.

Die Berechnungen sind nach den Mustern Anlage 4 Streckenmessung und Reduktion sowie Anlage 5 Streckendifferenzen tabellarisch nachzuweisen.

In die Ausgleichung werden die Strecken der Hin- und Rückmessung getrennt eingeführt.

6.2 Qualitätskontrolle

6.2.1 Spannweitentest bei der satzweisen Richtungs- und Zenitwinkel-messung

Bei der satzweisen Richtungs- und Zenitwinkelmessung kann bereits während der Messung durch Ermittlung der empirischen Spannweite $R = x_{\max} - x_{\min}$ die Einhaltung der vorgegebenen Genauigkeit kontrolliert werden. Dabei darf die Spannweite **R** zwischen niedrigstem und höchstem Satzmittel die zulässige Spannweite nicht überschreiten.

Die zulässige Spannweite berechnet man bei einem Vertrauensniveau von $1 - \alpha = 95 \%$ nach

$$R_{\text{zul}}^{(n)} = \sigma_r \cdot k \cdot \sqrt{m} = \sigma_r \cdot k \cdot \sqrt{2}$$

bei Horizontalwinkeln,
Berechnung aus den reduzierten Richtungssät-

zen, also mit $m = 2$ wegen Differenz Richtung minus Bezugsrichtung

und

$$R_{zul}^{(n)} = \sigma_{\zeta} * k$$

bei Zenitwinkelmessungen.

Hierbei bedeuten:

$R_{zul}^{(n)}$ = zulässige Spannweite, abhängig von der Satzzahl n

σ_r = Standardabweichung einer einmal in zwei FRL gemessenen Richtung (geforderte Genauigkeit)

σ_{ζ} = Standardabweichung eines einmal in zwei FRL gemessenen Vertikal-/Zenitwinkels (geforderte Genauigkeit)

n = Anzahl der Sätze

m = Anzahl der Richtungen

k entnimmt man der nachstehenden Tabelle 1

Hinweis zur Richtungsmessung: Da wie bei der Zenitwinkelmessung Differenzen betrachtet werden, nämlich hier die zur Bezugsrichtung, darf die Formel (Katalog der Technologien für ingenurgeodätische Erzeugnisse 1980/1986) auch nur mit $m = 2$ (m = Anzahl der Strahlen im Satz) angewendet werden.

alt laut Katalog der Technologien: $R_{zul}^{(n)} = \sigma_r * k * \sqrt{\frac{m}{m-1}}$

Wegen $m = 2$ folgt neu: $R_{zul}^{(n)} = \sigma_r * k * \sqrt{2}$

Tabelle 1

n	2	3	4	6	8	10	12
k	2,6	3,2	3,5	3,9	4,2	4,4	4,5

Beispiele

Horizontalwinkel: $\sigma_r = 0,20$ mgon, $n = 3$, $m = 2$
 $R_{zul} = 0,20$ mgon $* 3,2 * \sqrt{2} = 0,91$ mgon

Zenitwinkel: $\sigma_{\zeta} = 0,35$ mgon, $n = 3$
 $R_{zul} = 0,35$ mgon $* 3,2 = 1,12$ mgon

Die geforderte Genauigkeit gilt als eingehalten, wenn $R < R_{zul}$ erfüllt ist.

6.2.2 Genauigkeit der satzweisen Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Bei der Stationsausgleichung der auf einem Punkt (Station) gemessenen Richtungs- und Zenitwinkelsätze wird die erreichte Standardabweichung wie nachstehend berechnet und mit dem zulässigen Wert entsprechend Abschnitt 6.2.5 getestet.

Standardabweichung s_r einer einmal in zwei FRL gemessenen horizontalen Richtung:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum vv}{(n-1)(m-1)}} \quad \text{mit } n_f = (n-1) * (m-1) \text{ Freiheitsgraden}$$

mit $n =$ Anzahl der Sätze
 $m =$ Anzahl der Ziele auf einer Station

Berechnung der $\Sigma[vv]$ mit

$$v = d - \Sigma[d]/m \quad (\Sigma[v] \text{ ergibt satzweise Null})$$

d = Differenz zwischen den Richtungsmitteln und den reduzierten gemessenen Richtungen

$\Sigma[d]$ = Summierung innerhalb eines Satzes

$\Sigma[vv]$ = Summierung über m Ziele und n Sätze

Standardabweichung s_z eines in beiden FRL beobachteten Zenitwinkels:

$$s_z = \sqrt{\frac{\sum vv}{(n-1)*m}} \quad \text{mit } n_f = (n-1)*m \text{ Freiheitsgraden}$$

mit v = Verbesserung der gemessenen Zenitwinkel zu den Satzmitteln

$\Sigma[vv]$ = Summierung über m Ziele und n Sätze

6.2.3 Dreieckswidersprüche

Der Dreieckswiderspruch ist die Summe aller Winkel abzüglich 200 gon. Die Dreieckswidersprüche dürfen den größten zulässigen Betrag von $w_{zul} = 1,8$ mgon nicht überschreiten.

6.2.4 Genauigkeit der Distanzmessung (Streckenmessung)

Die Differenz **ds** zwischen der Hin- und Rückmessung einer Strecke darf den größten zulässigen Betrag von $2,8 * (1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$ bei $\alpha = 5 \%$ nicht überschreiten. 68 % der Streckendifferenzen müssen kleiner als 50 % des größten zulässigen Betrages sein.

6.2.5 Genauigkeitsbewertung der Standpunkte (Richtungs- und Zenitwinkel-messung)

Zur Einhaltung der geforderten Standardabweichung $\sigma_r \leq 0,2 \text{ mgon}$, einer einmal in zwei FRL gemessenen Richtung, dürfen die nach Abschnitt 6.1.1 stationsweise errechneten Standardabweichungen **s_r** höchstens die nachfolgend berechneten größten zulässigen Beträge erreichen.

Zur Einhaltung der geforderten Standardabweichung $\sigma_z = 0,35 \text{ mgon}$ eines einmal in zwei FRL gemessenen Zenitwinkels dürfen die Abschnitt 6.1.2 stationsweise errechneten Standardabweichungen **s_z** höchstens die nachfolgend berechneten größten zulässigen Beträge erreichen.

In Abhängigkeit von den Freiheitsgraden **n_f** wird bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5 \%$ angenommen, dass die geforderte Genauigkeit erreicht wurde, wenn gilt

$$s \leq T * \sigma = s_{zul}$$

s = erreichte empirische Standardabweichung

σ = Standardabweichung der Grundgesamtheit (geforderte Genauigkeit)

$T = \sqrt{\frac{\chi^2}{n_f}}$ Schranken für **s** beziehungsweise **σ** entsprechend der Chiquadrat-Verteilung (Tabelle 2) in Abhängigkeit von den Freiheitsgraden **n_f**

Tabelle 2

n_f	T	n_f	T
1	1,96	9	1,37
2	1,73	10	1,35
3	1,61	15	1,29
4	1,54	20	1,25
5	1,49	30	1,21
6	1,45	60	1,15
7	1,42	100	1,11
8	1,39	200	1,08

Beispiel 1

$s_r = 0,39 \text{ mgon}$ = erreichte empirische Standardabweichung einer einmal in zwei Fernrohrlagen gemessenen Richtung

$\sigma_r = 0,2 \text{ mgon}$ = Genauigkeitsforderung

$n_f = 8$ = Anzahl der Freiheitsgrade (zum Beispiel bei der satzweisen Richtungsmessung nach $(n - 1) * (m - 1)$)

$$s_{zul} = 1,39 * 0,2 \text{ mgon} = 0,28 \text{ mgon}$$

$s_r > s_{zul}$ ergibt: Genauigkeitsforderung nicht eingehalten, Nachmessung notwendig

6.3 Reduktionen und Korrekturen

Strecken, die zum Bestimmen von Lagepunkten gemessen werden, sind nicht auf das Referenzellipsoid und/oder in die Projektionsebene der Gauß-Krüger-Projektion zu reduzieren.

Zur Reduktion gemessener Raumstrecken auf die Horizontale oder zur Berechnung trigonometrischer Höhenunterschiede wird die Kugel als Bezugsfläche benutzt.

6.3.1 Reduktions- und Korrekturformeln bei der Streckenmessung mit Tachymeter

6.3.1.1 Korrekturformeln für Streckenmessung (Rohstrecke)

Meteorologische Korrektur k_n

Die meteorologische Korrektur ist nachträglich und nach Bedienungsanleitung durchzuführen!

Die Berechnung erfolgt nach der vom Instrumentenhersteller angegebenen Formel, zum Beispiel für Leica/TC2002 nach

$$\Delta ppm = 281,8 - \frac{0,29065 * p}{1 + 0,00366 * t}$$

p = Luftdruck in mbar (Mittel aus Stand- und Zielpunkt)

t = Lufttemperatur in °C (Mittel aus Stand- und Zielpunkt oder gewichtet)

$$k_n = \Delta ppm * 10^{-6} * SD$$

SD = gemessene Schrägstrecke (Mittel aus drei Messungen in zwei Fernrohrlagen)

6.3.1.2 Korrigierte Schrägstrecke

$$SD_{\text{red}} = SD + k_n + k_o + k_f$$

Kalibrierkorrekturen

k_o = Nullpunktkorrektur (Additionskorrektur, liefert der Hersteller oder die Gerätekalibrierung)

k_f = Frequenzkorrektur (Maßstabskorrektur, liefert der Hersteller oder die Gerätekalibrierung)

Prismenkonstante

Die individuellen Prismenkonstanten sind als Korrektur zu berücksichtigen.

6.3.1.3 Streckenreduktion auf Bezugshorizont

Für die Streckenreduktion ist ein Bezugshorizont festzulegen und für alle Folgmessungen beizubehalten. Damit tritt an Stelle der Netzreduktion auf die Höhe NULL die Reduktion auf den Bezugshorizont, die dem Betrage nach wesentlich kleiner ist (Vorteil!). Der Bezugshorizont sollte in etwa der mittleren Höhe im Netz entsprechen und wird von AG vorgegeben.

$$HD = SD_{\text{red}} * \sin\zeta + \frac{SD_{\text{red}} * \sin\zeta}{R} * (H_B - H_s) - \frac{SD_{\text{red}}^2 * \sin\zeta * \cos\zeta}{R} * \left(1 - \frac{k}{2}\right)$$

HD = gesuchte Horizontalstrecke

SD_{red} = gemessene Schrägstrecke (meteorologische und Kalibrierkorrektur angebracht)

ζ = Zenitwinkel (Mittel bei drei Sätzen)

R = Erdradius, **R** = 6380 km

H_B = Höhe des Bezugshorizonts (siehe MA „Objektspezifik“)

H_s = Standpunkthöhe (Kippachshöhe)

k = Refraktionskoeffizient, **k** = 0,13 oder separat bestimmt

In vorstehender Formel beinhaltet der erste Term die Reduktion auf die Horizontale, der zweite Term die Reduktion auf die Bezugshöhe, der Dritte die Erdkrümmungs- und Refraktionskorrektur.

6.3.2 Berechnung des Höhenunterschiedes bei trigonometrischer Höhenbestimmung

$$\Delta h = SD_{\text{red}} * \cos \zeta + \frac{1-k}{2R} * \sin^2 \zeta * SD_{\text{red}}^2 + i - z$$

Δh = gesuchter Höhenunterschied (einseitig bestimmt) zwischen OKZ am Standpunkt und dem Zielpunkt

OKZ = Oberkante Zentriereinrichtung beziehungsweise Niveau der Zentriereinrichtung

OKZ bei Zeiss: Oberkante Dreifußbuchse

OKZ bei Leica: Markierung am äußeren Ring der stationären Zwangszentrierung in Richtung der Aufstellplatte mit Kerbe

SD_{red} = gemessene Schrägstrecke (meteorologische und Kalibrierkorrektion angebracht)

ζ = Zenitwinkel (Mittel bei drei Sätzen)

R = Erdradius, $R = 6380$ km

k = Refraktionskoeffizient; $k = 0,13$;
(gegebenenfalls nach Abschnitt 6.4 in Abstimmung mit der TFW variierbar)

i = Instrumentenhöhe über OKZ

z = Zielzeichenhöhe über OKZ

Für die Berechnung der trigonometrisch bestimmten Höhenunterschiede in geodätischen Sondernetzen kann es erforderlich sein, die erweiterte Formel mit Berücksichtigung der Reduktion der Schrägstrecke auf die Bezugshöhe anzuwenden,

$$\Delta h = SD_{\text{red}} * \cos \zeta + \frac{SD_{\text{red}} * \cos \zeta}{R} * (H_B - H_S) + \frac{1-k}{2R} * \sin^2 \zeta * SD_{\text{red}}^2 + i - z$$

H_B = Höhe der Bezugsfläche (objektbezogen)

H_S = Standpunkthöhe (Kippachshöhe)

Es ist abzuschätzen, ob der Term $\frac{SD_{\text{red}} * \cos \zeta}{R} * (H_B - H_S)$ sich auf die Genauigkeit des Messergebnisses $> 0,1$ mm auswirkt.

6.4 Streckenweise Berechnung des Refraktionskoeffizienten über die Ziel- linie

Zur trigonometrischen Höhenbestimmung und zur Einschätzung der Refraktionsverhältnisse im Zeitraum der Epochenmessung kann die Berechnung des wirksamen Refraktionskoeffizienten erforderlich sein. Die Bestimmung erfolgt streckenweise zwischen den Stand- und Zielpunkten.

Die trigonometrisch bestimmten Höhenunterschiede sind aus der Berechnung nach Abschnitt 6.3.2 und die durch geometrisches Nivellement bestimmten Höhen für die OKZ aus dem geometrischen Nivellement zu entnehmen.

Die Berechnungsergebnisse sind streckenweise zu verzeichnen, mit Angabe von Datum und Uhrzeit der Messung des Zenitwinkels.

Der wirksame Refraktionskoeffizient zwischen Stand- und Zielpunkt wird berechnet nach

$$k = (\Delta h^*_{\text{trig}} - \Delta h_{\text{Niv}}) * \frac{2R}{(\sin \zeta * SD_{\text{red}})^2} \quad \text{mit}$$

$$\Delta h^*_{\text{trig}} = SD_{\text{red}} * \cos \zeta + \frac{1}{2R} * (\sin \zeta * SD_{\text{red}})^2 + i - z$$

Δh^*_{trig} = trigonometrisch bestimmter Höhenunterschied zwischen OKZ am Standpunkt und OKZ am Zielpunkt
OKZ = Oberkante Zentriereinrichtung beziehungsweise Niveau der Zentriereinrichtung

OKZ bei Zeiss: Oberkante Dreifußbuchse

OKZ bei Leica: Markierung am äußeren Ring der stationären Zwangszentrierung in Richtung der Aufstellplatte mit Kerbe

Δh_{Niv} = durch geometrisches Nivellement bestimmter Höhenunterschied Zielpunkthöhe minus Standpunkthöhe ($\sigma_{1\text{km}} = 0,5 \text{ mm}$) zwischen OK am Standpunkt und OKZ am Zielpunkt

SD_{red} = gemessene Schrägstrecke (meteorologische und Kalibrierkorrektion an gebracht)

ζ = Zenitwinkel (Mittel bei drei Sätzen)

R = Erdradius, $R = 6380 \text{ km}$

k = Refraktionskoeffizient

i = Instrumentenhöhe über OKZ

z = Zielzeichenhöhe über OKZ

6.5 Auswertung

Die Auswertung muss zu widerspruchsfreien Messergebnissen führen und nachvollziehbar sein. Vorgeschrieben wird das Programmpaket PANDA der Firma GeoTec (Laatzen).

6.5.1 Freie Ausgleichung

Das Richtungs- und Streckennetz wird als freies zweidimensionales Netz ausgeglichen mit den Datumspunkten und den Objekt-/Nichtdatumspunkten laut MA „Objektspezifik“.

Als Näherungskordinaten sind die Koordinaten der Bezugsmessung zu verwenden.

Die Bezugsmessung ist in der MA „Objektspezifik“ festzulegen. Sie ist solange beizubehalten, bis signifikante Änderungen an den Stützpunkten zum Beispiel im Rahmen einer Deformationsanalyse nachgewiesen wurden und eine weitere Eignung als Stützpunkt ausgeschlossen werden muss. Die Bezugsmessung darf nur in Abstimmung mit der TFW geändert werden. Als Entscheidungshilfe kann zusätzlich eine punktbezogene Zeitreihenanalyse (Regressionsanalyse) hilfreich sein.

Die freie Ausgleichung schließt ein (PANDA-.o2a-Datei):

- die Grobfehlersuche mit Test der größten normierten Verbesserung
- den Redundanzanteil jeder Beobachtung
- die Prüfung der inneren Zuverlässigkeit mit dem „Nabla“-Operator **L** zum Aufsuchen grober Fehler in einer Beobachtung
- die Prüfung der äußeren Zuverlässigkeit **EP** mit dem Einfluss eines eventuell vorhandenen groben Fehlers auf einen Punkt

Hinweis: Im Ergebnis dieser Prüfungen und der Grobfehlersuche müssen grobe Fehler als Voraussetzung für die Ausgleichung eliminiert werden.

- den Globaltest = Test der Varianz der Gewichtseinheit (Test der empirischen und theoretischen Varianz)
- die Varianzkomponentenschätzung für die Beobachtungsgruppen Richtungen und Strecken
- die Summenproben
- die Zusammenstellung der netzspezifischen Größen wie Anzahl der Beobachtungen, Anzahl der Freiheitsgrade usw.
- die Koordinaten nach der Ausgleichung mit den Differenzen zur Bezugsmessung einschließlich der Koordinatenstandardabweichungen und der Parameter der Fehlerellipsen/Konfidenzellipsen mit Angabe der Sicherheitswahrscheinlichkeit.

Voraussetzung für einen wirkungsvollen Globaltest der theoretischen Varianz und der Varianzkomponentenschätzung für die Richtungen und Strecken ist, dass grobe Fehler eliminiert wurden.

Die Gruppenstandardabweichungen s_r für die Richtungen und s_d für die Strecken sind nach Abschnitt 2.4 festzulegen, in der Varianzkomponentenschätzung zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen (siehe PANDA-Handbuch). Nach jeder Anpassung ist ein erneuter Ausgleichungsdurchlauf zu starten.

Wenn beim Globaltest für die theoretische Varianz der entsprechende Hinweis aus dem PANDA erfolgt „Empirische Varianz der Gewichtseinheit stimmt mit 95%iger Sicherheitswahrscheinlichkeit nicht mit der theoretischen Varianz überein“, ist in der Regel eine Anpassung der a priori Standardabweichung s_0 vorzunehmen und ein erneuter Ausgleichungsdurchlauf zu starten. Dabei ist die im Zuge der Ausgleichung berechnete Standardabweichung (angepasstes s_{BEO}) als neuer a priori-Wert einzusetzen. Diese Anpassung ist notwendig, um die Deformationsanalyse erfolgreich durchführen zu können und um “kleine grobe Fehler” zu erkennen.

Die Ausgleichung ist vollständig und umfassend nach vorstehenden Bearbeitungsstufen sowie Abschnitt 6.5.6 und Kapitel 7 nachzuweisen und zu dokumentieren.

6.5.2 Deformationsanalyse des Festpunktfeldes

Anschließend ist eine Deformationsanalyse als Zwei-Epochen-Vergleich zur Bezugsepoche mit den Datumsunkten nach Abschnitt 6.5.1 beziehungsweise entsprechend der Messanweisung „Objektspezifik“ auszuführen.

Ergibt sich dabei an einem Datumsunkt eine signifikante Verschiebung (Kriterium ist die maximale Klaffung in der Lage), so wird dieser Punkt in die Gruppe der Nichtdatumspunkte übernommen. In weiteren Schritten können in der Regel weitere signifikant verschobene Punkte aus der Liste der Datumsunkte eliminiert werden (Rückwärtsstrategie). Anschließend sind die erkannten Nichtdatumspunkte zu prüfen, wobei der Objektpunkt (hier Nichtdatumspunkt) mit der geringsten Klaffung zuerst betrachtet wird (Vorwärtsstrategie). Ergibt sich der Punkt als stabil – die Klaffung also als nicht signifikant – wird er den Stützpunkten wieder hinzugefügt. Das Verfahren wird fortgeführt bis sich signifikante Klaffungen an einem Punkt zeigen.

Hinweis: Auf die Möglichkeit der Eingabe individueller Eigenbewegungen zum Beispiel für weit entfernt liegende Punkte oder globaler Eigenbewegungen wird verwiesen (siehe PANDA-Handbuch).

Gegebenenfalls kann die Deformationsanalyse auf Veranlassung des AG zwischen zwei beliebigen Folgemessungen oder zwei aufeinanderfolgende Messungen ausgedehnt werden.

Die Durchläufe der Deformationsanalyse sind vollständig und umfassend nachzuweisen (siehe Abschnitt 6.5.6 und Kapitel 7).

Bei signifikanten Punktverschiebungen im Netz ist im Bereich der Datumpunkte der Maßstabsfaktor zwischen beiden Epochen zu bestimmen (4-Parameter-Helmert-transformation) und nachzuweisen.

Abschließend ist eine erneute freie Ausgleichung mit den verbliebenen Stützpunkten als Datumpunkten und den Nichtdatumpunkten als Objektpunkten auszuführen. Ein Vergleich und eine Bewertung der beiden freien Ausgleichungen schließen diesen Bearbeitungsschritt ab.

6.5.3 Ausgleichung unter Zwang – Richtungs- und Streckenmessung

Die Berechnung der endgültigen Koordinaten der Objektpunkte (zum Beispiel Mauerzielzeichen) ist mittels einer Ausgleichung unter Zwang mit Anschluss an die Stützpunktfeiler auszuführen. Grundsätzlich können als Bezugspunkte die in der Deformationsanalyse als stabil getesteten Stützpunkte mit den Koordinaten aus der Bezugsmessung verwendet werden (siehe Abschnitt 6.5.1. und 6.5.2). Von diesem Grundsatz kann gegebenenfalls abgewichen werden (zum Beispiel Erhalt oder Änderung der Netzkonfiguration, Grenzwertbetrachtungen bei Punktverschiebungen mit nicht eindeutiger Signifikanz). Änderungen an den Bezugspunkten (Datumpunkte und Koordinaten) müssen begründet sein und dürfen nur in Abstimmung mit der TFW vorgenommen werden.

Die Lagestabilität objektnaher Festpunkte, von denen aus die Objektpunkte beobachtet werden, muss zeitnah durch eine Netzbeobachtung nachgewiesen sein. Dabei kann unterschieden werden, zwischen einem objektnahen Netz (zum Beispiel Diagonalviereck) und dem Gesamtnetz. Damit wird es möglich, den Beobachtungsaufwand zu reduzieren, weil nicht zu jeder Folgemessung der Objektpunkte das Gesamtnetz beobachtet werden muss. Konkrete Festlegungen sind in der MA „Objektspezifik“ enthalten.

Die Ausgleichung ist vollständig und umfassend sinngemäß nach Abschnitt 6.5.1 sowie 6.5.6 und Kapitel 7 nachzuweisen und zu dokumentieren.

6.5.4 Ausgleichung unter Zwang der ausschließlich trigonometrisch höhenbestimmten Festpunktfeiler

Die beidseitig gemessenen trigonometrischen Höhenunterschiede im Netz auf Niveau OKZ werden mittels eindimensionaler Ausgleichung unter Zwang mit den Höhen der Festpunkte und den trigonometrisch zu bestimmenden Neupunkten berechnet. Als Höhen der Festpunkte sind die durch geometrisches Nivellement bestimmten Höhen OKZ zu verwenden, die dem geometrischen Nivellement zu entnehmen sind.

Die Übertragung der ausgeglichenen Höhen OKZ auf die Höhenbezugspunkte am Pfeilerfundament wird mit den konstanten Höhenabständen zwischen OKZ und Höhenbezugspunkt am Pfeiler ausgeführt (siehe Abschnitt 4.3.4).

Die Höhenstabilität dieser Pfeiler ist über den Trend in der gemessenen „trigonometrischen“ Zeitreihe oder über ein geometrisches Nivellement zu in der Nähe befindlichen Sicherungspunkten zu bewerten.

Die Ausgleichung ist vollständig und umfassend sinngemäß nach Abschnitt 6.5.1 sowie 6.5.6 und Kapitel 7 nachzuweisen und zu dokumentieren.

6.5.5 Ausgleichung unter Zwang – trigonometrische Höhenbestimmung der Objektpunkte

Das trigonometrische Netz zur Bestimmung der Höhen der Objektpunkte (zum Beispiel Mauerzielzeichen) wird mittels eindimensionaler Ausgleichung unter Zwang mit den Höhen der (im Allgemeinen objektnahen) Festpunkte berechnet. Als Festpunkthöhen werden die durch geometrisches Nivellement bestimmten Höhen OKZ verwendet.

Die Ausgleichung ist vollständig und umfassend sinngemäß nach Abschnitt 6.5.1 sowie 6.5.6 und Kapitel 7 nachzuweisen und zu dokumentieren.

6.5.6 Dokumentation der Ausgleichungen und Deformationsanalysen

Die Dokumentation hat in Abhängigkeit von der freien Ausgleichung im Einzelnen mindestens zu umfassen (gilt sinngemäß für Ausgleichungen unter Zwang sowie, soweit zutreffend auch für Deformationsanalysen):

- Sekundärdaten: Programmbezeichnung mit Angabe der Version, Objekt, Nummer der Folgemessung, Datum des Beginns der Messung, Datum und Version der Ausgleichung, Verfahren der Ausgleichung, Bearbeiter, Angaben zu den Dimensionen, zur Irrtumswahrscheinlichkeit, zur a priori Standardabweichung s_0
- Näherungskordinaten mit Angabe der Quelle
- Kennzeichnung der Datumpunkte bei der freien Ausgleichung
- Kennzeichnung der Datumpunkte bei der Ausgleichung unter Zwang mit Angabe der Quelle (PANDA-Datei)
- Name und Nummer des Instrumentes, mit dem die Beobachtungen durchgeführt wurden
- Art der Beobachtung (RSM) und zugehörige Gruppenstandardabweichung s_r , s_z und s_d
- laufende Nummerierung der Beobachtungen im PANDA
- Punktbezeichnung des Stand- und des Zielpunktes
- Beobachtungen (Messwerte) vor Ausgleichung (Richtung, Zenitwinkel, Schrägstrecke – gemessen und aus Näherungskordinaten berechnet) mit Dimension
- Angaben zur Grobfehlersuche:
 - Verbesserung der Beobachtung mit Dimension (im PANDA: Verb.)
 - Normierte Verbesserung (im PANDA: Norm. Verb.)

- Redundanzanteil
- Nabla Operator **L** für die innere Zuverlässigkeit
- **EP**-Wert als Maß für die äußere Zuverlässigkeit
- Varianzkomponentenschätzung – umfasst den Globaltest für das Ausgleichungsmodell, die Varianzen der Beobachtungsgruppen und die Summen- und Ausgleichungsprobe:
 - Varianz der Gewichtseinheit a posteriori
 - Testgröße
 - Quantil der F-Verteilung + Freiheitsgrade (Unbekannte und Überbestimmungen)
 - Aussage zur Trefflichkeit der a priori-Standardabweichung
 - **VPV** gewichtete Verbesserungsquadratsumme
 - **s₀²** (im PANDA: **(S0)2**) Varianzkomponente (Wert nahe 1)
 - Summen- und Ausgleichungsprobe
- Zusammenstellung netzspezifischer Größen
- Koordinaten nach Ausgleichung und Koordinatendifferenzen **Δx** und **Δy** (im PANDA: **dx** und **dy**) zu den Näherungskoordinaten
- Standardabweichungen **s_x** und **s_y** (im PANDA: **sx** und **sy**) der Koordinaten (punktbezogene Genauigkeitsmaße für die einfache Standardabweichung s);
- Vertrauensbereich der Koordinaten **x** und **y** bei einfache Standardabweichung **s_x** beziehungsweise **s_y**
- Parameter der Konfidenzellipsen
 - absolut (große Halbachsen **A** und **B**, Verdrehungswinkel **θ**) inklusive Vertrauensniveau
 - zusätzlich bei der Deformationsanalyse in Richtung des Koordinatensystems die einfache Standardabweichungen **s_x** und **s_y** der Restklaffungen
 - Grafik zum Netz mit maßstäblicher Darstellung der Konfidenzellipsen

Hinweis zum Test der Beobachtungen auf grobe Fehler: Ergibt sich im PANDA die normierte Verbesserung größer als der Grenzwert der Tauverteilung, muss die Beobachtung zunächst als grob falsch angesehen werden. Die Ursache der Abweichung ist zu ergründen. Handelt es sich nicht um einen groben Fehler (zum Beispiel Verbesserung absolut sehr gering), kann mit der Auswertung fortgefahren werden. Dieser Vorgang ist im Erläuterungsbericht oder als handschriftliche Eintragung in den Ausdruck der entsprechenden PANDA-Datei zu dokumentieren. Handelt es sich tatsächlich um einen groben Fehler, so ist dieser zu beseitigen und die Auswertung erneut vorzunehmen. Da sich mehrere Fehler gegenseitig beeinflussen, ist gegebenenfalls je Ausgleichungslauf nur die Beobachtung mit der größten normierten Verbesserung zu bearbeiten.

7 Dokumentation der Messepoche im Messbericht

Jede Messung einer Messepoche ist in einem Messbericht zu dokumentieren. Der Messbericht ist in digitaler Form zu übergeben. Die Messung und die übergebenen Mess- und Ergebniswerte sind im Messbericht zu erläutern und messtechnisch zu bewerten.

Die gemessenen Richtungen, Zenitwinkel, Strecken, Höhenunterschiede und weiteren Messwerte sind bei automatischer Feldregistrierung in Drucklisten nachzuweisen. Die Messprotokolle der Sekundärdaten sind mit der Bezeichnung des Objekts, des Messverfahrens, der Messmittel sowie mit Datum, Uhrzeit, Namen und Unterschrift des Beobachters (Messtruppführer) zu versehen. Sollten Messungen noch in analoger Form durchgeführt werden, so sind die Messwerte in Feldbücher einzutragen und diese als Scan im PDF-Datenformat dem Messbericht beizulegen.

Der Messbericht muss im Einzelnen beinhalten:

- Erläuterungsbericht (Textteil) mit messtechnischer Bewertung
- die Zusammenstellung der Messwerte und Sekundärdaten inklusive der Aufbereitung des Datenmaterials bis zum Nachweis der Eignung für eine Ausgleichung beziehungsweise Deformationsanalyse (nach Abschnitt 6.1)
- Zusammenstellung und Genauigkeitsnachweise der Richtungs-, Zenitwinkel- und Streckenmessungen nach Abschnitt 6.2
- die skizzierte Darstellung der Beobachtungen (Beobachtungsspinnen)
- Angaben über äußere Umstände, die für die Messungen von Bedeutung sind (zum Beispiel Abweichung vom Messprogramm/Messanweisung, Negativeinflüsse auf das Messergebnis)
- Angaben zur Prüfung der Messinstrumente und Messhilfsmittel Abschnitt 3.3 und 4.2 inklusive Bewertung
- Es ist eine umfassende Legende für die Begriffe und Kurzzeichen des Programmpaketes PANDA beizufügen.

Nachfolgende Übersicht enthält die zu liefernden Informationen:

- Textteil des Messberichtes
- Netzskizze, Beobachtungsspinnen
- Feldformulare der Sekundärdaten (PDF)
- Originale Messdatei (unkorrigiert)
- Originale Messdatei (korrigiert)
- MS-Excel-Dateien „Aufbereitung“
(nach Muster Anlage 1 – 5: Richtungs-, Zenitwinkel-, Streckenmessung)
- MS-Excel-Datei Referenzstrecken (nach Muster Anlage 6)
- MS-Excel-Datei Berechnung der Kippachshöhen
- MS-Excel-Datei Eingabedateien PANDA

- PANDA-.a2d-Datei für freie 2D-Ausgleichung
(Vorbereitungsdatei mit 1. Versuch betrifft Gruppenstandardabweisung)
- PANDA-.o2a-Datei (Ausgleichungsdatei)
(gilt sowohl für die freie Ausgleichung als auch für die Ausgleichung unter Zwang)
- PANDA-.o2d-Datei (Defo-Analysedatei)
- ggfs. 4-Parameter-Helmerttransformation
- MS-Excel-Datei „pkt.-bezogene Genauigkeit“
- MS-Excel-Datei „Ergebniswerte“
- PANDA-.kls-Datei
(enthält u. a. die Kennzeichnung der Datums- und Nichtdatumspunkte)
- MS-Excel-Dateien Messmittelprüfung
(Tachymeter: Kalibrierungen; Neigungskompensator, Zielachsen-, Kippachsenfehler;
jeweils inklusive Grafik, Reflektoren: Nullpunkt)
- Panda-Handbuch (verwendete Version)

Die Übersicht gilt sinngemäß auch für die trigonometrische Höhenbestimmung.

Die analogen Daten sind als Scan im PDF-Datenformat dem Messbericht beizufügen.

Die Dokumentation ist termingerecht (drei Wochen nach Ende der Messung) und vollständig an die Cloud des Auftraggebers zu übergeben.

Die berechneten Lagekoordinaten, Höhen, Verschiebungen und Neigungen sind in Ergebnistabellen zu dokumentieren und zu übergeben, gegebenenfalls mit zusätzlich vereinbarten graphischen Darstellungen. Als Ergebniswerte werden

- die Koordinaten und Höhen sowie
- die Differenzen zwischen der Folgemessung und der Bezugsmessung

bezeichnet.

Vom Auftraggeber vorgegebene Ergebnistabellen und graphischen Darstellungen sind zu verwenden. Die Ergebnistabellen müssen eine Lageskizze des Netzbildes beziehungsweise der entsprechenden Linien enthalten.

Die Richtigkeit der in diesen Unterlagen berechneten, übertragenen und dargestellten Werte ist vom Bearbeiter und Prüfer durch Unterschrift mit Datumsangabe zu bestätigen.

Ende der Eintragungen