

# **Mess- und Kontrollprogramm Kapitel C Bauwerksreaktionen (Messgrößen)**

## **Abschnitt 1 Vertikalverschiebungsmessung**

**bestehend aus folgender Einzelmessung:**

**Geometrisches Präzisionsnivellement (Geometrische  
Höhenmessungen)**

**Version vom 11. Juni 2015**

- Messziele
- Messstellenübersicht
- Messinstrumente und Messhilfsmittel
- Angaben zur Durchführung der Messung
- Genauigkeitsanforderungen
- Angaben zur Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse
- Angaben zu Erwartungsbereichen und Meldewerten (Grenzwerte)
- Festlegung zur Sofortinformation des zuständigen Verantwortlichen, Hinweise zum Alarmplan

## **Dokumentenänderungsblatt**

**Dieses Dokument unterliegt einer ständigen Kontrolle seiner Aktualität und bedarf dementsprechend der Korrektur, Ergänzungen oder anderem mehr. Auf dieser Seite sind alle vorgenommenen Änderungen ab dem 11. Juni 2015 zu dokumentieren.**

- 1 11. Juni 2015 – Fertigstellung der „vorläufigen“ Endfassung
- 2 Im Abschnitt 1.8.7 Ausgleichung müssen bei Gelegenheit die PANDA-Einstellungen komplett aufgeführt werden.
- 3 Die Möglichkeit einer weiterführenden Vermarkung zu separaten Festpunkt-kontrollen an den Pfeilern FP 1000, FP 5000 und FP 4100 sollte in Erwägung gezogen werden.
- 4 Die Erwartungswerte bezüglich der Felder 24 bis 28 müssen überarbeitet werden, wenn die Ergebnisse der Tragfähigkeitsberechnungen und der bautechnischen Bewertung vorliegen.
- 5 01.08.2019: Unternehmensstruktur hat sich geändert. Alle benannten Funktions- und Organisationsbezeichnungen gelten sinngemäß für die aktuelle Struktur in der TFW.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1.1 Vorbemerkungen .....	4
1.2. Anwendungsbereich .....	5
1.3 Bautechnische und sonstige Zielstellungen (Messziele).....	5
1.4 Messstellenübersichten .....	6
1.5 Bestandteile des Messverfahrens bzw. des Messsystems .....	6
1.5.1 Messeinrichtungen.....	6
1.5.2 Messinstrumente (fest und beweglich) und Messhilfsmittel .....	8
1.5.3 Wartungs- und Pflegemaßnahmen .....	11
1.6 Angaben zur Durchführung der Messung (Messanweisungen) .....	12
1.6.1 Allgemeines .....	12
1.6.2 Messungsdurchführung .....	13
1.6.3 Messablauf und Besonderheiten der Nivellement-Linien .....	20
1.7 Genauigkeitsforderungen, Messwertauflösung.....	28
1.7.1 Genauigkeitskonzept .....	28
1.7.2 Genauigkeitsparameter einer Folgemessung .....	29
1.8 Angaben zur Aufbereitung, Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse.....	30
1.8.1 Bearbeitung der Datei <<(00)_Auswertung_VVM_FM ...xlsx>>.....	30
1.8.2 Nachweis der Einhaltung der Zielweitenunterschiede.....	32
1.8.3 Nachweis des Standpunkt- bzw. Streckenkriteriums .....	32
1.8.4 Nachweis der Linien.....	33
1.8.5 Nachweis der Schleifen .....	33
1.8.6 Nachweis der Stabilität der Höhenfestpunkte insbesondere von HFP 26 ....	34
1.8.7 Ausgleichung .....	34
1.8.8 Dokumentation.....	37
1.9 Angaben zu Erwartungsbereichen.....	38
1.9.1 Erwartungsbereiche .....	38
1.9.2 Meldewerte (Grenzwerte im PLS).....	41
1.10 Festlegungen zur Sofortinformation des zuständigen Verantwortlichen, Hinweise zum Alarmplan .....	41

## 1.1 Vorbemerkungen

Während der Bauzeit und der Probestauphase wurden mit Hilfe der Vertikalverschiebungsmessung (geometrisches Präzisionsnivellement) insbesondere wegen des frühen Beginns der Messungen und hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit qualitativ sehr hochwertige und aussagekräftige Messreihen gewonnen, die den Aussagewünschen der generellen bautechnischen Zielstellung sehr nahe kamen. Im oben genannten Zeitraum (Bauzeit und Probestau) wurde die Vertikalverschiebungsmessung systematisch optimiert (Vermarkung von Stand- und Wechsellpunkten, Schleifenbildung, Anpassung und Reduzierung von problematischen Zielweiten, Optimierung und Effektivierung des Ablaufes einer Folgemessung, Einbeziehung der Invarstäbe im Feld 18 als virtuelle Nivellementsline usw.). Weiterhin liegen sehr detaillierte Auswertungen zur generellen Messgenauigkeit sowie zur Stabilität der Festpunkte vor. All diese Erfahrungen flossen in die Erarbeitung des Mess- und Kontrollprogramms ein, so dass der aktuelle Stand der Messungsdurchführung und Auswertung für die Zukunft stetige/homogene Messreihen und eine Messgenauigkeit garantiert, die es ermöglicht, auch die zu erwartenden sehr geringen Veränderungen von Folgemessung zu Folgemessung zu erkennen und bautechnisch zu bewerten.

Zum Messverfahren der Vertikalverschiebungsmessung existiert die Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ in der Version vom 14. Dezember 2011. Sie beschreibt weitestgehend die allgemeinen Grundsätze, wie Präzisionsnivellements an der Talsperre Leibis/Lichte durchzuführen sind. Die Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ in der jeweils aktuellen Version ist Bestandteil des Mess- und Kontrollprogrammes Kapitel C, Abschnitt 1 „Vertikalverschiebungsmessung“ und als Anlage C.1-1 beigelegt.

Die Vertikalverschiebungen des Absperrbauwerkes der Talsperre Leibis/Lichte werden in einem lokalen, unabhängigen (BWÜ-) Netz beobachtet, wobei im Jahr 2004 ein Anschluss zu den Thüringer Nivellementsnetzen (Nivellementsline 3. Ordnung Nr. 36 der Schleife Nr. 50, Verlauf von Lichte nach Unterweißbach) und damit an das Höhensystem DHHN92 realisiert wurde. Weitere Einzelheiten sind der Anlage A.2-2 zu entnehmen. Die für den Anschluss maßgebenden Höhenpunkte sind der HFP 16 (Vermarkungsort: Linie 7, Felspartie beim Straßenabzweig zum Staumeisterdienstgebäude) und der HFP 17 (Vermarkungsort: linkes Widerlager der Brücke über das Gerinne des Abgabepegels).

Die Höhen im lokalen BWÜ-Netz an der Talsperre Leibis/Lichte werden im Höhensystem SNN76 geführt, weil nahezu alle Planungsarbeiten und beinahe die gesamte Bestandsdokumentation zur Talsperre ebenfalls in diesem Höhensystem durchgeführt bzw. erarbeitet wurden.

Die unter DWA-M 514 unter Punkt 2.4.2 Teil c), d), e) und f) geforderten Angaben (Messhäufigkeit, Sondermessungen, visuelle Kontrollen, Messpersonal) werden gesondert in einem Messprogramm tabellarisch erfasst (siehe Anlage A.9-1 im Kapitel A – Allgemeines).



## **1.2 Anwendungsbereich**

Der Abschnitt 1 gilt für die Ausführung der Messungen, die Plausibilitäts- und bautechnische Sofortbewertung der Mess- und Ergebniswerte aller zugehörigen Bestandteile der Vertikalverschiebungsmessungen. Das Messverfahren dient allgemein der Überwachung von vertikalen Verschiebungen im und am Absperrbauwerk sowie der zugehörigen Objekt- und Festpunkte im Außenbereich.

Mit Hilfe des GN werden im und am Absperrbauwerk, in den Kontroll- und Verbindungsgängen, Mauerzugängen und Erkundungsstollen sowie an der äußeren Mauerkontur auftretende Höhenveränderungen an fest eingebauten Objektpunkten beobachtet.

Da das Höhenfestpunktfeld (Festpunktnetz) ein Bestandteil (Messeinrichtung) und eine Grundlage der Vertikalverschiebungsmessung ist, sichert diese den Höhenanschluss für die Talsperre Leibis/Lichte und den Höhenbezug für die Vertikalverschiebungsmessung.

## **1.3 Bautechnische und sonstige Zielstellungen (Messziele)**

Das Messziel ordnet sich dem generellen Nachweis der Stabilität der Staumauer gegenüber seinem Widerlager über die Beobachtung von vertikalen Bewegungen unter.

Im Einzelnen werden folgenden Zielstellungen verfolgt:

- Gewährleistung des Höhenbezuges im SNN76 (lokal) im gesamten Bereich der Talsperre Leibis/Lichte sowie des Höhenanschlusses zum DHHN92
- Sicherung des Höhenbezuges für alle Bestandteile der Vertikalverschiebungsmessung (Kontrolle der Stabilität von Stützpunkten)
- Ermittlung von Vertikalverschiebungen (Setzungen, Senkungen, Hebungen) im und am Absperrbauwerk sowie sonstigen zum Absperrbauwerk gehörigen Bauwerken (beispielsweise Erkundungsstollen, Stützmauern, Lattenpegel)
- Ermittlung von Vertikalverschiebungsunterschieden zwischen benachbarten Feldern
- Einbeziehung der Invarstäbe als virtuelle Nivellementsline in das Höhennetz
- Ermittlung von Neigungen der Mauerbasis (Basisneigung) in den Feldern 16, 18 und 24 (mit Abstrichen ebenfalls in den Feldern 13 bis 15 möglich)
- Ermittlung von Neigungen an Festpunktpfeilern (Vier-Punkt-Nivellement)
- Gewährleistung des Absolutanschlusses für das hydrostatische Präzisionsnivellement

Das Messverfahren der Vertikalverschiebungsmessung ermöglicht die Verfolgung weiterer Zielstellungen, die jedoch im aktuellen Zustand nicht relevant oder nur von untergeordneter Bedeutung sind (beispielsweise Beobachtung der Stabilität der Lichte-Brücke oder des Staumeisterdienstgebäudes).

## **1.4 Messstellenübersichten**

Das geometrische Nivellement wird innerhalb eines fest definierten Nivellements-strecken, -linien- und -schleifenschemas, sowohl im Absperrbauwerk und in den Erkundungstollen als auch im Außenbereich, durchgeführt und ausgewertet.

Die Erkundungstollen sind in Form von sogenannten toten Zügen im Nivellementsnetz integriert.

Die Linie 25 ist eine nahezu vertikale virtuelle Nivellementslinie, jedoch im Netz gleichberechtigt einbezogen gegenüber den sonstigen Linien. Sie besteht aus drei einzelnen Invarstäben, deren (vertikale) Gesamtlänge zur jeweils aktuellen Folgemessung ermittelt werden kann und in die Ausgleichungen eingeht (näheres im Abschnitt 1.5.1 g)

Im Lageplan und Längsschnitt der Anlagen C.1-2 (Blatt 1) und C.1-2 (Blatt 2) sind alle Nivellementslinien für die Höhenmessungen dargestellt.

Weiterhin enthalten diese Anlagen die Knotenpunkte.

## **1.5 Bestandteile des Messverfahrens bzw. des Messsystems**

### **1.5.1 Messeinrichtungen**

Die festen Messeinrichtungen zur Durchführung des geometrischen Nivellements sind nachfolgend beschrieben.

#### **a) Justierstrecken**

Um einen effektiven Messablauf zu gewährleisten und den Einfluss der Lufttemperatur auf das Messinstrument optimal zu berücksichtigen, das heißt die Justierung der Ziellinie dort vorzunehmen zu können, wo die Messungen des Tages beginnen oder die Temperaturänderungen es erfordern, sind an folgenden Stellen Strecken zur Justierung der Ziellinie eingerichtet:

- am Staumeisterdienstgebäude (Außenbereich Mauerkrone)
- im oberen Kontrollgang, (Feld 5 bis 8 linker Hang)
- im oberen Kontrollgang, (Feld 26 bis 30 rechter Hang)
- im mittleren Kontrollgang, (Feld 20 bis 23 über Mauerzugang 3)
- im Mauerzugang 2 – (Feld 18 Talsohle)

## b) Höhenfestpunktfeld

Das Höhenfestpunktfeld besteht aus dem Höhenbezugspunkt HFP 26, den (Höhen-) Sicherungspunkten und weiteren Höhenfestpunkten. Es sichert den Höhenbezug für die Talsperre Leibis/Lichte.

## c) Höhenbezugspunkt HFP 26

Das Konzept der Vertikalverschiebungsmessung an der Talsperre Leibis/Lichte sieht vor, mit nur einem Höhenbezugspunkt (Höhenstützpunkt) zu arbeiten. Dieser Bezugspunkt war mit Beginn der Messungen der **HFP 6** (Vermarkungsort: Talbauwerk der Medientrasse, Höhe: 349,99930 mHN). Nachdem zur 12. Folgemessung im Juni 2007 festgestellt werden musste, dass der **HFP 6** infolge von Bauarbeiten am Talbauwerk instabil geworden war, musste ein neuer Bezugspunkt gefunden werden. Zunächst wurde als provisorischer Höhenbezugspunkt der **HFP 17** verwendet (Höhe: 348,34926 mHN; Vermarkungsort: linkes Widerlager der Brücke über das Gerinne des Abgabepegels). Im September 2009 wurde ein neuer Höhenfestpunkt errichtet und vermarktet (Vermarkungsort: Linie 2, linke Zufahrtsstraße, in Nachbarschaft zum **HFP 23**). Der neue Höhenfestpunkt besitzt die Bezeichnung **HFP 26**. Im Rahmen der Folgemessungen VVM FM 17 (November/Dezember 2009) bis VVM FM 22 (April 2012) wurde die Stabilität von **HFP 26** mit Hilfe von 15 Sicherungspunkten nachgewiesen, so dass mit der VVM FM 22 der **HFP 26** als neuer (alleiniger) Höhenbezugspunkt festgelegt wurde (Höhe: 352,23449 mHN). Diese Festlegung gilt solange die Stabilität von **HFP 26** nachgewiesen ist.

## d) Sicherungspunkte

Der Höhenbezugspunkt **HFP 26** besitzt im Sinne einer Nabsicherung mehrere Sicherungspunkte, welche hinsichtlich ihrer Vermarkungsart als Höhenfestpunkte charakterisiert werden können. Die betreffenden Sicherungspunkte gehen aus der Datei **<< (00)\_Auswertung\_VVM\_FM ...xlsx >>** hervor (Aktualisierung erfolgt zu jeder Folgemessung). Mit Hilfe dieser Sicherungspunkte ist die Stabilität des Höhenbezugspunktes **HFP 26** bis auf Weiteres nachzuweisen. Sollte von einem Sicherungspunkt die Instabilität nachgewiesen werden, ist dieser aus der Systematik der Stützpunktkontrolle herauszunehmen und durch einen anderen Sicherungspunkt zu ersetzen.

## e) Objektpunkte

Objektpunkte sind jeweils geodätische Messstellen (Höhenpunkte) im oder am Absperrbauwerk oder in den sonstig überwachten Bauwerken, die durch Wirkgrößen beeinflusst werden. In jedem Mauerfeld, in allen Kontrollgängen und in den Stollenbereichen befinden sich diese Objektpunkte. Ihre offiziellen Punktbezeichnungen sowie die verwendeten Eingabebezeichnungen für das Messinstrument gehen aus den Aufstellungen der Nivellementslinien in der Anlage C.1-3 hervor.

## f) Wechsellpunkte

Wechsellpunkte sind Lattenstandpunkte zwischen zwei Instrumentenaufstellungen. Sie dienen der Überbrückung des Streckenabstandes zwischen festen Höhenpunkten und Objektpunkten, wenn die maximalen Zielweiten für eine Instrumentenaufstellung überschritten werden. Wechsellpunkte im Nivellementsnetz der Talsperre Leibis/Lichte sind fest vermarktet, das heißt, sie gelten in dem kurzen Zeitraum der Lattenaufstellung als unbeweglich. Vor jeder Folgemessung müssen alle Wechsellpunkte auf ihre Funktionalität (insbesondere Stabilität) und Vollständigkeit überprüft werden.

## g) Invarstäbe (= Linie 25)

Im Pendellotschacht des Feldes 18 wurden über die gesamte Höhe der Mauer drei Invarstäbe installiert. Sie überbrücken folgende Höhenhorizonte:

- Invarstab oben – OKG/MK
- Invarstab mittig – MKG/OKG
- Invarstab unten – HKG/MKG

Die Invarstäbe wurden zur Ermittlung der vertikalen Verformung des Feldes 18 installiert, konstruktiv jedoch so ausgebildet, dass das obere Ende (**HP Invarstab oben – HP OKlo**) in der Linie 6 und das untere Ende (**HP Konsole Invarstab unten – HP Kolu**) in die Linie 2 einbezogen ist und beide nivellistisch bestimmt werden können. Die Länge der drei einzelnen Invarstäbe wurde nach ihrer Installation vor Ort in drei separaten Messungen bestimmt. Die Veränderung der Invarstäbe untereinander wird an den Stoßstellen Invarstab oben/Invarstab mittig (im OKG Feld 18) und Invarstab unten/Invarstab mittig (im MKG Feld 18) über eine Streckenmessung bestimmt. Eine weitere Streckenmessung am Invarstab unten wird an einer Konsole in der Talsohle durchgeführt (HP Konsole Invarstab unten – HP Kolu). Dadurch ist es möglich, zu jeder Vertikalverschiebungsmessung über diese Streckenmessungen die aktuelle Gesamtlänge zu bestimmen. Die Gesamtlänge geht seit der Folgemessung 9 im Juni 2008 als Höhenunterschied in die Ausgleichung ein und hat zu einer spürbaren Verbesserung der punktbezogenen Genauigkeit einer Folgemessung aber auch zu einer Reduzierung der verfahrensbedingten Messunsicherheiten von Folgemessung zu Folgemessung geführt.

## 1.5.2 Messinstrumente (fest und beweglich) und Messhilfsmittel

### a) Digitalnivellier Zeiss DINI 12

Beim dem Präzisionsnivellements-messungen kommt ein Präzisionsnivellier zum Einsatz. Mit dem (Präzisions-) Digitalnivellier Zeiss DINI 12 ist das Fabrikat deswegen festgelegt, da die Verwendung bestimmter Latten (siehe unter b) durch die TFW vorgegeben ist. Letztendlich sind die geforderte Genauigkeit (eine Standardabweichung von 0,3 mm für 1 km Doppelnivellement) und die Lesbarkeit der unter b) beschriebenen Latten die Hauptkriterien. Das Messinstrument verfügt über einen internen Messdatenspeicher. Das Messinstrument wird vom zuständigen Vermessungsbüro für das geometrische Nivellement bereitgestellt.

Nach Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ unter Punkt 3.3 ist das Messgerät einer jährlichen Wartung durch eine Fachfirma zu unterziehen. Diese Wartungen sind zu protokollieren und die Ergebnisse der TFW zu übergeben.

#### **b) Invarlatten**

Für das geometrische Nivellement an der Talsperre Leibis sind folgende drei Invarlatten (Fabrikat NEDO) mit unterschiedlicher Länge zu verwenden.

- 3 m Invarlatte Nr. 14422
- 2 m Invarlatte Nr. 14469
- 1 m Invarlatte Nr. 14066

Nach Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ unter Punkt 3.3 sind die Invarlatten einmal in drei Jahren zu überprüfen. Diese Kalibrierung schließt die Ermittlung des Lattenmeters, die Prüfung der Ebenheit der Aufsatzfläche, die Prüfung der Orthogonalität der Aufsatzfläche zur Lattenachse, die Prüfung der Dosenlibellen sowie das Bestimmen des Nullpunktfehlers ein. Einmal in sechs Jahren ist zusätzlich der lineare Ausdehnungskoeffizient zu bestimmen inklusive der Neueinstellung der Lattenspannung. Die Überprüfung der Latten hat in Arbeitsstellung (senkrecht) zu erfolgen.

Sollten Schäden an der Latte festgestellt werden, ist eine zusätzliche Überprüfung zu veranlassen.

Für die fristgerechte Überprüfung der Latten ist die TFW zuständig.

#### **c) Lattenbeleuchtung**

Für einige Messungen im Erkundungsstollen 3 wird eine Lattenbeleuchtung benötigt. Eine entsprechende Lattenbeleuchtung für die oben genannten Invarlatten befindet sich im Besitz der TFW. Sie kann bei Bedarf dem Messausführenden für die Messung zur Verfügung gestellt werden. Der Akku der Lattenbeleuchtung ist vor Messbeginn aufzuladen.

#### **d) Lattenrichter**

Für manche Aufstellungen ist ein mobiler Lattenrichter notwendig, da die an der Latte fest angebrachte Dosenlibelle nicht eingesehen werden kann (beispielsweise Inversmessungen in den Erkundungsstollen – Firstmessungen).

#### **e) Präzisionsthermometer**

Vor Beginn und am Ende der Messung einer Strecke ist die Lufttemperatur zu bestimmen und zu notieren. Aus diesem Grund werden portable Präzisionsthermometer (Ablesegenauigkeit 0,2 K) benötigt. Es hat sich bewährt, vor Beginn der Folgemessung im Inneren der Mauer an jedem Knotenpunkt ein Thermometer zu hinterlegen.

## **f) Vermarkung der Instrumentenstandpunkte**

Die Instrumentenstandpunkte der Linien im Außenbereich sind als farbiges Kreuz auf OK Gelände markiert. Sie sind vor jeder Folgemessung im Rahmen der Kontrolle der Wechsellpunkte zu erneuern.

Die Instrumentenstandpunkte der Linien im Inneren sind nahezu komplett mit eloxierten Aluminiummarken an den Wänden markiert und bedürfen keiner besonderen Pflege (ab und an sauberwischen). Die Alu-Marken im Hauptkontrollgang geben gleichzeitig die Instrumentenhöhe vor.

Im mittleren und oberen Kontrollgang sind die Aufsatzpunkte für das Stativ im Sohlbeton angebohrt und für die Stativaufstellung zu nutzen. Der Sohlbeton in beiden Kontrollgängen ist so glatt, dass es in der Vergangenheit zum Verrutschen des Statives kam und damit zu Messfehlern und zu eigentlich unnötigen Nachmessungen.

## **g) Sonstige Messhilfsmittel**

Für bestimmte Aufstellungen werden folgende Hilfsmittel benötigt:

- Stativ für DINI 12
- Fluchtstange (zur Stabilisierung der 2- und 3-Meter-Invarlatten)
- Trittpodest (bei hohen Instrumentenhöhen)
- Bockleiter zum Abschrauben von Schutzkappen der Firstbolzen (Erkundungsstollen 2)
- Handlampe
- Fabrikatsschraubenschlüssel zum Öffnen der Messschächte auf der Mauerkrone
- Dreibock als portabler Wechsellpunkt (Linie 23, Erkundungsstollen 2)
- Portabler Kopfbolzen Nummer 1 mit Einkerbung (Linie 9, Zwangszentrierung am Pfeiler 7000)
- Schlüsselbund
- Formularsatz <<**Sekundärdaten**>> (Sekundärdaten Nivellement.xls)
- Formularsatz <<**Bezeichnung der Linien und Höhenpunkte**>> (Bezeichnung\_Höhenpunkte.xlsx)
- Feldbuchrahmen A4

Die meisten der oben genannten Hilfsmittel werden nur an bestimmten Stellen des Nivellementsnetzes benötigt. Diese Stellen sind im Formularsatz **<<Bezeichnung der Linien und Höhenpunkte>>** (Bezeichnung\_Höhenpunkte.xlsx) unter der jeweiligen Linie benannt. Dieser Formularsatz ist zu jeder Messtätigkeit mitzuführen.

#### **h) Messschieber (Invarstabmessung)**

Bei dem Messschieber handelt es sich um das Fabrikat GED50/041 mit der Seriennummer 48099 von der Firma Glötzl – Baumesstechnik. Der Messbereich liegt zwischen 0 bis 50 mm. Ein Kalibriernormal zur Kalibrierung des Messschiebers ist im Transportkoffer vorhanden.

### **1.5.3 Wartungs- und Pflegemaßnahmen**

Vor Beginn einer Folgemessung sind alle Höhen- und Wechsellpunkte auf deren Vollständigkeit und Funktionalität zu prüfen. Das trifft ebenso auf die Höhenpunkte der Justierstrecken zu. Verantwortlich ist der Messungsdurchführende.

In der Vergangenheit wurde an Betonbauteilen, die in den Jahren 1991/1992 hergestellt wurden, der Ablauf einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion beobachtet. Aus diesem Grund ist bei der Kontrolle von Höhenpunkten, welche sich an Betonfundamenten befinden (beispielsweise an den älteren Beobachtungspfeilern des Festpunktlagefeldes) ein besonderes Augenmerk auf den Zustand des Betons zu legen (beispielsweise Auftreten von Rissbildungen). Verantwortlich sind der Messungsdurchführende und die TFW. Veränderungen, welche die Funktionsfähigkeit beeinträchtigen oder zukünftig beeinträchtigen könnten, sind durch den Messungsdurchführenden schriftlich mitzuteilen.

Das zum Einsatz kommende Messgerät ist, wie unter Punkt 1.5.2 a) erwähnt, einer jährlichen Wartung zu unterziehen. Die Wartung inklusiv der durchgeführten Arbeiten ist schriftlich zu dokumentieren und der TFW zu übergeben. Generell ist auf eine saubere Optik und Funktionalität des Messgerätes während der Messdurchführung zu achten. Dazu zählen unter anderem ein aufgeladener Akku sowie ein Ersatz-Akku zum schnellen Austausch. Weitere Hinweise und Vorgaben sind in der Messanweisung zur Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“, in der Anlage C.1-1 enthalten.

Das Stativ, insbesondere die Klemm- bzw. Arretierung der Stativfüße, muss die Unbeweglichkeit des Messinstrumentes während des eigentlichen Messvorganges gewährleisten.

Die Invarlatten werden – wie unter Punkt 1.5.2 b) beschrieben – einer regelmäßigen externen Wartung und Kalibrierung unterzogen. Weitere Hinweise und Vorgaben sind in der Messanweisung zur Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“, in der Anlage C.1-1 enthalten.

Während der Messdurchführung selbst ist besonders auf die Sauberkeit der Grundplatte (Aufstellfläche) zu achten. Sie sollte regelmäßig während der Messungen kontrolliert und gereinigt werden.

Vor Beginn der Folgemessung ist die Funktionsfähigkeit der Messhilfsmittel herzustellen (beispielsweise Aufladen der Akku der Lattenbeleuchtung und der Handlampe) oder zu überprüfen (beispielsweise Lattenrichter, Thermometer, Messschieber).

Vor Beginn einer jeden Folgemessung sind die äußeren Nivellementslinien zu mähen bzw. zu trimmen sowie Strauchwerk zu entfernen, um die nötigen Sichten herzustellen. Hiervon sind vor allen die Nivellementslinien 1, 4, 5, 8 und 9 betroffen, im geringen Umfang die Linien 2, 3 und 7. Manche Linien (beispielsweise Linie 4 und die Aufstellungen zu HFP 20 und 21 in der Linie 1) sind ohne diese Vorarbeiten nicht messbar.

Weiterhin sind die Festlegungen der Messanweisung zur Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ zu beachten.

## **1.6 Angaben zur Durchführung der Messung (Messanweisungen)**

### **1.6.1 Allgemeines**

Die Messhäufigkeiten zur Durchführung des geometrischen Nivellements richten sich nach dem aktuell gültigen Messprogramm der Talsperre Leibis/Lichte (siehe Anlage A.9-1 im Kapitel A – Allgemeines).

Die Prinzipien der Gleichzeitigkeit und Gleichartigkeit sind einzuhalten.

Eine Folgemessung des geometrischen Nivellements dauert erfahrungsgemäß circa 8 bis 10 Arbeitstage (inklusive aller Nach- und Kontrollmessungen). Um das Prinzip der Gleichzeitigkeit durchzusetzen, sind alle erforderlichen (Einzel-) Messungen unter Beachtung der Messgenauigkeit, der Punktbewegungen (an den Messstellen), den Besonderheiten der Linien sowie der spezifischen Anforderung an das Messverfahren ohne Unterbrechung und bei Minimierung des Messzeitraumes durchzuführen. Dabei ist zu beachten, dass die „stauabhängigen“ Linien innerhalb einer Woche gemessen werden. Mit stauabhängig sind Linien gemeint, die Objektpunkte an oder in der Staumauer und den Erkundungsstollen besitzen.

In einer regulären Folgemessung der Vertikalverschiebung sind folgende Linien zu beobachten (siehe auch Anlagen C.1-2, Blatt 1 und C.1-2, Blatt 2 – mit Anpassung im Rahmen jeder Folgemessung):

- Linie 1
- Linie 2 (2.1 + 2.2) wird doppelt gemessen!
- Linie 3
- Linie 4
- Linie 5
- Linie 6
- Linie 7
- Linie 10
- Linie 11
- Linie 12
- Linie 13
- Linie 14



- Linie 15
- Linie 20
- Linie 21
- Linie 22
- Linie 23
- Linie 24
- Linie 25 (Invarstabmessung – wird von TFW gemessen)

In die Ausgleichung sind alle Linien (auch die Linie 25!) mit Ausnahme der Linie 5 einzubeziehen. Die Linie 5 wird wegen der Komplettierung der Festpunktkontrolle mit gemessen.

In einer Folgemessung der Vertikalverschiebungsmessung des geodätischen Sondernetzes sind zusätzlich zu den oben genannten Linien die Linien 8 und 9 und das jeweilige Vier-Punkt-Nivellement an den Festpunktpfeilern zu messen (**FP 1000, FP 2000, FP 2500, FP 2800, FP 2900, FP 3000, FP 4100 und FP 5000**). Hier sind zwei getrennte Ausgleichungen durchzuführen, einerseits eine Ausgleichung mit reduziertem Linienumfang, wie zu einer Folgemessung der Vertikalverschiebung und andererseits eine Ausgleichung mit allen Linien.

In den Außenbereichen wird das geometrische Nivellement stark von meteorologischen Verhältnissen beeinflusst. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen wie Sonneneinstrahlung (Refraktionsproblematik), Starkregen, intensiver Sublimation, Frost, erhöhte Temperaturschwankungen usw. dürfen keine Messungen stattfinden. Konkrete Anmerkungen und Hinweise zur Anfälligkeit der Linien sind im Formularsatz **<<Bezeichnung der Linien und Höhenpunkte>>** (Bezeichnung\_Höhenpunkte.xlsx) enthalten.

### 1.6.2 Messungsdurchführung

#### Hinweis:

**Die Syntax des Nivellierinstrumentes stimmt nicht immer mit der fachlichen Syntax der Messanweisung überein.**

#### Schritt1 – Temperierung des Nivellierinstrumentes und der Nivellierlatten

Nivellierinstrument, Stativ und Nivellierlatten (Invarlatten) müssen vor Messbeginn auf die Umgebungstemperatur im Bereich der zu messenden Linien temperiert sein.

#### Schritt 2 – Justierung der Zielachse am Digitalnivellier

Vor Beginn der eigentlichen Messungen müssen Digitalnivellier und die entsprechenden Invarlatten täglich geprüft beziehungsweise justiert werden (Ziellinienjustierung).

Die Justierung der Zielachse wird nach dem Verfahren von Förstner durchgeführt.

Sollte an einem Messtag eine Temperaturveränderung  $> 10$  Kelvin eintreten, ist eine erneute Justierung der Zielachse nach ausreichender Temperierung vorzunehmen (siehe auch Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ unter Punkt 4.2). Die Erdkrümmung bleibt bei der Justierung unberücksichtigt.

Für die Justierung der Zielachse stehen entsprechende Justierstrecken außerhalb und innerhalb des Absperrbauwerkes zur Verfügung. Es sind ausschließlich die vorhandenen Justierstrecken zu nutzen (siehe Abschnitt 1.5.1 a).

Die Justierung der Zielachse erfolgt am Beispiel des Digitalnivellier DINI 12 nach folgendem Arbeitsschema.

- Digitalnivellier DINI 12 mit Stativ und Invarlatten auf Umgebungstemperatur (Messtemperatur) temperieren (1 Kelvin circa 10 Minuten)
- Digitalnivellier Messwertanzeige mit Taste ON/OFF einschalten
- Taste 7 im Nummernblock (unter Menü) betätigen
- mit blauen „Pfeil“-Tasten unterhalb des Displays den Punkt 3 Justierung auswählen und mit „JA“ und anschließend „O. K.“ (rechte blaue Taste) bestätigen
- im Display erscheint „nach Justierung kann der Zug nicht weitergeführt werden“ – wieder mit „O. K.“ (rechte blaue Taste) bestätigen
- Justierverfahren auswählen, dazu Punkt 1 „JU nach Förstner“ markieren und mit „JA“ (rechte blaue Taste) bestätigen
- bei Abfrage „Erdkrümmung aus“ mit linker blauer Taste „ESC“ bestätigen

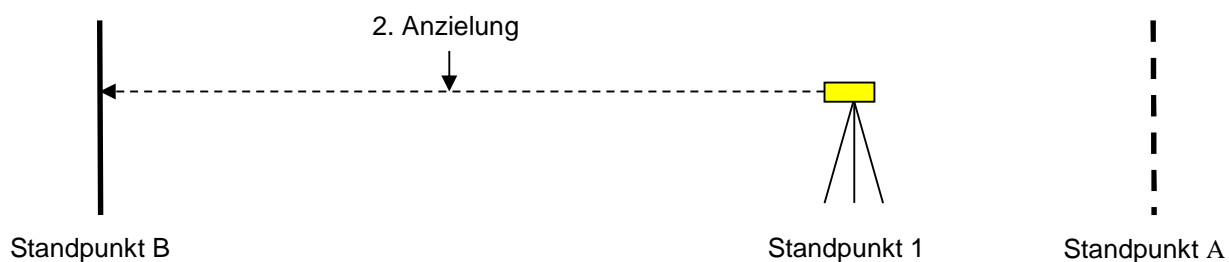
Es erfolgt nun die eigentliche Justiermessung.

Im Anzeigedisplay ist das Messschema nach Förstner sichtbar. Die Aufstellung der Invarlatten wird mit Standpunkt A und Standpunkt B angegeben. Die jeweiligen Aufstellungen des Messinstrumentes werden hier mit der Zahl 1 und 2 bezeichnet.

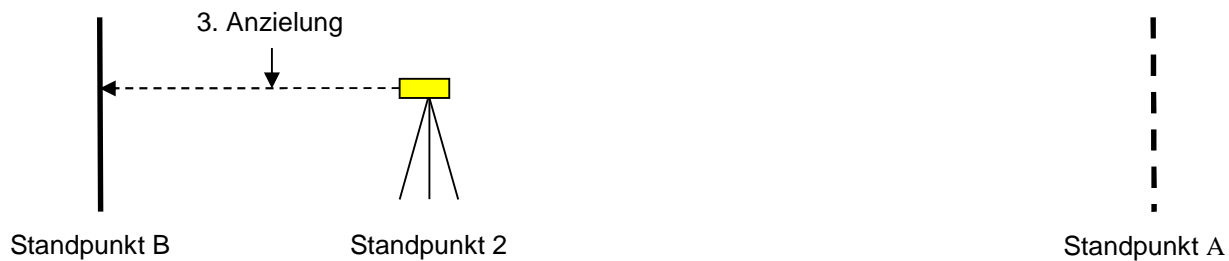
Justierschema:



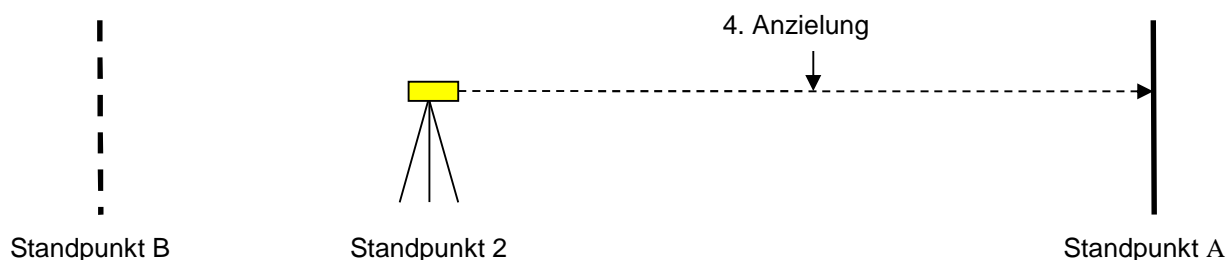
- Standpunktwechsel Invarlatte durchführen (von Standpunkt A nach B)



- Standpunktwechsel Messinstrument durchführen (von Standpunkt 1 nach 2)



- Standpunktwechsel Invarlatte durchführen (von Standpunkt B nach A)



An allen festgelegten Justierstrecken sind diese Aufstellungen mit entsprechenden Marken ausgewiesen.

- Sekundärdaten zur Justierung (Datum, Messtrupp, Justierstrecke, Beginn, Ende, verwendete Nivellierlatten) und äußere Bedingungen (Lufttemperatur - Beginn, Wind, Bewölkung, Refraktionerscheinungen) im Formular <<**Sekundärdaten**>> (siehe Anlage C.1-4) vermerken
- Messinstrument auf Instrumentenstandpunkt 1 fest aufstellen und horizontieren
- Invarlatte auf den Aufstellungspunkt A aufsetzen und lotrecht einrichten
- mit Nivellierinstrument Invarlatte auf Aufstellungspunkt A anzielen und 1. Messung mit blau hinterlegter Taste „MEAS“ (rechts unten) auslösen
- nun die Nivellierlatte auf den Aufstellungspunkt B umsetzen und lotrecht einrichten
- mit Nivellierinstrument die Nivellierlatte auf Aufstellungspunkt B anzielen und 2. Messung mit blaue hinterlegter Taste „MEAS“ auslösen
- mit dem Nivellierinstrument auf den Instrumentenstandpunkt 2 – bei gleichzeitigem Verbleib der Nivellierlatte auf Aufstellungspunkt B – wechseln
- mit Nivellierinstrument die Nivellierlatte auf Aufstellungspunkt B anzielen und 3. Messung mit blaue hinterlegter Taste „MEAS“ auslösen
- die Nivellierlatte auf den Aufstellungspunkt A umsetzen und lotrecht einrichten
- vom Instrumentenstandpunkt 2 wird die Nivellierlatte auf Aufstellungspunkt A anvisiert und die 4. Messung wie oben ausgelöst

Nach Abschluss der 4. Messung wird durch das Nivellierinstrument automatisch die aktuell ermittelte Einstellung der Zielachse („**c**\_: ...“) angezeigt und die Veränderung zur vorherigen Einstellung der Zielachse („**Δc**\_: ...“).

- Der Parameter der Ziellinie **c**, die Veränderung von Justierung zu Justierung **Δc** sowie die Uhrzeit und die Lufttemperatur nach dem Ende der Justierung sind im Formular <<**Sekundärdaten**>> (siehe Anlage C.1-4) zu vermerken.

#### Hinweis 1:

**Nicht die Lufttemperatur sondern die Temperatur im Inneren des Nivellierinstrumentes ist entscheidend. Zur Einfachheit wird die Luft- bzw. Umgebungstemperatur auf das Innere des Nivellierinstrumentes übertragen.**

#### Hinweis 2:

**Die aktuelle Einstellung der Ziellinie ist temperaturabhängig, das heißt, ändert sich von Justierung zu Justierung die Umgebungstemperatur erheblich, so muss sich ebenfalls der Parameter c der Ziellinie ändern.**

**Oder im Umkehrschluss, ist keine Temperaturänderung von Justierung zu Justierung vorhanden, darf sich die Ziellinienparameter ebenfalls nur geringfügig ändern. Sollte sich der Ziellinienparameter c erheblich ändern, ohne dass sich die Umgebungstemperatur geändert hat, so deutet das auf Veränderungen im Messinstrument hin, deren Ursachen erkundet werden müssen.**

#### **Hinweis 3:**

**Die Datei << Entwicklung\_Ziellinienfehler\_DiNi >> ist im Rahmen der Aufbereitung und Auswertung der Messdaten mit allen Ziellinienparametern der Folgemessung zu ergänzen.**

#### **Hinweis 4:**

**In der Vergangenheit wurde festgestellt, dass es beim Digitalnivellier DINI 12 zu schleichenden Veränderungen des Ziellinienparameters c kam (Nachweis mit Hilfe der Datei <<siehe oben>> möglich). Überschreitet der Ziellinienparameter c den Bereich von  $\pm 40''$  (absolut), so ist die Ziellinie des Nivellierinstrumentes beim Hersteller generell neu einstellen zu lassen (Neueinstellung der CCD-Kamera).**

#### Schritt 3 – Höhenmessungen an den vorhandenen Nivellementslinien

##### Definitionen:

Eine Nivellement-Linie besteht aus aufeinander folgenden Strecken. Eine Strecke als Bestandteil einer Nivellement-Linie ist die Verbindung zwei aufeinanderfolgender Höhenpunkte, die während des Zeitraumes einer Folgemessung als stabil gelten (wichtig für die streckenbezogene Genauigkeitsbetrachtung). Weiterhin existieren sogenannte tote Züge. Damit sind Linien gemeint, welche sich nicht in Schleifen eingliedern lassen. Eine Strecke besteht aus zwei bzw.  $2 \times n$  Lattenaufstellungen auf den jeweiligen Höhen- oder Wechsellpunkten und der bzw. den dazwischen befindlichen  $[n + 1]$  Instrumentenaufstellungen (mit  $n = 1, 2, 3 \dots$ ).

Als Voraussetzung für die Höhenmessungen an den Nivellementslinien müssen folgende Dinge gegeben bzw. mitgeführt werden.

- Für das geometrische Nivellement werden zwei Mitarbeiter benötigt (einen Beobachter am Digitalnivellier und einen Assistenten für die Nivellierlatten).
- Eine Justierung der Zielachse (Ziellinienfehler) am Messinstrument muss erfolgt sein (siehe Schritt 2)
- Das Messinstrument und die Nivellierlatten müssen möglichst die Messtemperatur (jeweilige Umgebungstemperatur) angenommen haben (entsprechend den Arbeitsablauf koordinieren).

- Ein Feldformular mit einer Liste der zu messenden Nivellementslinien, den Bezeichnungen der Höhenpunkte/Objektpunkte, deren Reihenfolgen innerhalb der Linien und den Besonderheiten der Linien (siehe Anlage C.1-3 bzw. Excel-Datei << Bezeichnung\_Höhenpunkte.xlsx >>) muss vorhanden sein.
- Ein Feldformular für Notizen/Bemerkungen zu den Sekundärdaten (siehe Anlage C.1-4 bzw. Excel-Datei << Sekundärdaten Nivellement.xls >>) muss vorhanden sein.
- Jeweils ein Thermometer müssen am Linienanfang und am Linienende einer zu messenden Nivellement-Linie deponiert werden.
- Eine Messdatei oder auch Messprojekt muss vorher im Digitalnivellier angelegt werden.

Prinzipieller Arbeitsablauf bei einer Linienmessung am Beispiel mit Digitalnivellier DINI 12:

Bei einer Linienmessung werden auf dem mitgeführten Sekundärdatenblatt (siehe Anlage C.1-4) das Datum, die Uhrzeit, der Messtrupp, die meteorologischen Bedingungen, die verwendeten Invarlatten und sonstige wichtige Hinweise, welche die Messdaten beeinflussen können, vor, während und nach Abschluss der Linie festgehalten.

- Messinstrument zu Beginn zwischen dem Starthöhenpunkt (auch als Knotenpunkt bezeichnet) und den Folgehöhenpunkt einer Nivellement-Linie mittig aufstellen (Beobachter) – 1. Aufstellung.

**Hinweis:**

**Der Beobachter muss zwingend auf etwa gleich lange Zielweiten zwischen Rückblick auf Starthöhenpunkt und Vorblick auf Folgehöhenpunkt achten!**

- Messstativ vom Digitalnivellier auf Beobachterhöhe einstellen und auf festen Stand prüfen (Beobachter)
- mittels verstellbaren Fußschrauben Messinstrument grob mit Hilfe der Dosenlibelle einstellen, horizontieren - (Beobachter), Feinhorizontierung erfolgt automatisch über den Kompensator
- Invarlatte mittig auf den Starthöhenpunkt aufsetzen und lotrecht ausrichten (Assistent)

**Hinweis:**

**Der Lattenhalter muss die Lattenaufstellpunkte und die Setzplatte der Nivellierlatte vor dem Aufsetzen der Invarlatte auf festen Sitz und Sauberkeit hin kontrollieren!**

- Digitalnivellier Messwertanzeige mit Taste ON/OFF einschalten (Beobachter)
- am Digitalnivellier DINI 12 neuen Zug erstellen (linke obere blaue Taste unter dem Display)
- Zug neu erscheint im Display – mit darunterliegender blauer Taste bestätigen
- Zugnummer entsprechend Linienbezeichnung/Liniennummer über rechten Tastaturblock eingeben und mit „o.k.“ bestätigen (rechte obere blaue Taste unter dem Display)
- Messreihenfolge festlegen RV (Rückblick Vorblick) markieren mit „o.k.“ bestätigen (rechte obere blaue Taste unter dem Display)
- Eingabe der Anschlusshöhe (Starthöhe) über Tastaturblock eingeben und mit „o.k.“ bestätigen (rechte obere blaue Taste unter dem Display)
- Eingabe der Punktbezeichnung des Starthöhenpunktes über Tastaturblock eingeben und mit „o.k.“ bestätigen (rechte obere blaue Taste unter dem Display)
- Eingabe Punktcode – hier wird festgelegt, ob es sich bei der Linienmessung um eine Hin- oder Rückmessung oder gar beides handelt – Eingabe des Punktcodes der Linie über Tastaturblock eingeben und mit „o.k.“ bestätigen (rechte obere blaue Taste unter dem Display)

Die Messdatei ist nun angelegt und das Digitalnivellier ist messbereit. Im Display werden die Startpunkthöhe, die Punktbezeichnung und die Blickrichtung (Rückblick) angezeigt.

- Invarlatte auf Starthöhenpunkt durch die Optik des Digitalnivellier anvisieren und mit seitlichen Feintrieb (rechts oben am Messgerät) fokussieren
- mit der Taste „MEAS“ (rechte untere blaue Taste unter dem Display) eine Messung auslösen (Rückblick)
- nach Abschluss der Messung wird im Display ein „Vor“ für Vorblick angezeigt
- der Lattenhalter stellt nun die Invarlatte lotrecht auf den ersten Folgepunkt der Linie

#### Hinweis:

**Beim dem sogenannten Vorblick auf den nächsten Folgepunkt „befindet sich die Höhe im Nivellierinstrument“. Berührungen oder Erschütterungen müssen in diesen Moment vermieden werden! Die Veränderung der Lattenaufstellung sollte rasch erfolgen! Werden zu diesem Zeitpunkt das Nivellierinstrument oder das Stativ übermäßig berührt, so dass eine Änderung der Höhenlage der Ziellinie zu befürchten ist, so muss der Rückblick wiederholt werden.**

- Muss eine Punktbezeichnung des Folgepunktes eingegeben werden, erfolgt dies nun unter Verwendung der Taste „PNr“ im Tastaturblock, die Nummerierung der Wechselfunkte erfolgt automatisch.

#### **Hinweis:**

**Es sind nur logische Bezeichnungen für die Höhenpunkte erlaubt. Wechselfunkte werden in jeder Linie mit „1“ beginnend durchnummeriert (siehe Datei << Bezeichnung\_Höhenpunkte.xlsx >> oder Anlage C.1-3).**

- Punktbezeichnung über Tastaturblock eingeben und mit o.k. bestätigen
- Invarlatte auf Folgepunkt anvisieren, fokussieren und Messung mit Taste „MEAS“ wiederrum auslösen (Vorblick)

Ist die erste Aufstellung (meistens erste Strecke) als Bestandteil der Nivellementsline gemessen, „befindet sich die Höhe an der Nivellierlatte“. An dieser Stelle gilt für die Nivellierlatte die gleiche Festlegung wie für das Nivellierinstrument (siehe Hinweis oben). Der Beobachter wechselt nun mit dem Messinstrument mittig zwischen dem eben gemessenen ersten Folgepunkt und dem nächsten zu messenden zweiten Folgepunkt.

Die nächste Strecke bzw. Aufstellung wird analog wie eben beschrieben gemessen. Ist der Endpunkt einer Nivellementsline erreicht, so wurden alle Strecken dieser Linie gemessen.

Am Digitalnivellier kann man mit dem Befehl „Ende“ (rechte obere blaue Taste unter dem Display) den Zug (Linie) beenden. Die Messdatei wird nun intern im Digitalnivellier gespeichert.

Nach Beenden der Nivellierlinie erscheinen auf dem Display mehrere Angaben zur Messung, unter anderem der nivellierte Höhenunterschied. Dieser ist auf dem Feldformular mit den Sekundärdaten (Excel-Datei << Sekundärdaten Nivellement.xls >>) zu notieren und kann nach der Durchführung der Rückmessung als Sofortkontrolle genutzt werden (siehe auch Anlage C.1-4).

Das spätere Auslesen der gespeicherten Messdateien wird unter Punkt 8 (Angaben zur Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse) näher erläutert.

### **1.6.3 Messablauf und Besonderheiten der Nivellement-Linien**

Anhand des Umfanges sowie der Vielzahl und Eigenheiten der zu messenden Nivellementslinien ist eine Strukturierung des Messablaufes erforderlich.

Eine Folgemessung für das geometrische Nivellement dauert circa zwei Arbeitswochen. In einer Arbeitswoche müssen alle stauabhängigen Linien, welche einen direkten Bezug zum Absperrbauwerk haben, im Doppelnivellement gemessen werden.



Hin- und Rückmessung müssen jeweils an unterschiedlichen Tagen und zu unterschiedlichen Tageszeiten erfolgen. Weitere allgemeingültige Festlegungen siehe beigefügte Anlage C.1-1 (Messanweisung – „Grundlagen“).

### Hinweis:

**Bei den Linien 10 bis 15 und 22 bis 24 können wegen der sich nur geringfügig ändernden Messbedingungen im Hauptkontrollgang und in den Erkundungstollen Abstriche vom oben beschriebenen Grundsatz gemacht werden, dass die Hin- und Rückmessung nur an unterschiedlichen Tagen stattfinden muss.**

Im Nachfolgenden ist ein typischer Ablauf einer Folgemessung beschrieben, wie er unter Beachtung der äußeren Bedingungen zu gewährleisten ist:

### 1. Woche - stauabhängige Linien

Unter stauabhängigen Linien werden Linien verstanden, welche die Höhenobjekte am und im Absperrbauwerk mit einbeziehen.

Montag	<ul style="list-style-type: none"><li>- Justierung Ziellinie</li><li>- Linie 2.1 (Hin + Rück) und Linie 25 (Streckenmessung am Invarstab)</li><li>- Linie 3 (Hin)</li><li>- Linie 6 (Hin)</li></ul>
Dienstag	<ul style="list-style-type: none"><li>- Justierung Ziellinie</li><li>- Linie 6 (Rück)</li><li>- Linie 10 (Hin)</li><li>- Linie 11 (Hin)</li><li>- Linie 3 (Rück)</li><li>- Linie 2.2 (Hin + Rück) und Linie 25 (Streckenmessung am Invarstab)</li></ul>
Mittwoch	<ul style="list-style-type: none"><li>- Justierung Ziellinie</li><li>- Linie 12 (Hin)</li><li>- Linie 13 (Hin)</li><li>- Linie 14 (Hin)</li><li>- Linie 15 (Hin)</li><li>- Linie 23 (Hin)</li><li>- Linie 20 (Hin)</li><li>- Nachmessungen</li></ul>
Donnerstag	<ul style="list-style-type: none"><li>- Justierung Ziellinie</li><li>- Linie 20 (Rück)</li><li>- Linie 10 (Rück)</li><li>- Linie 11 (Rück)</li><li>- Linie 12 (Rück)</li><li>- Linie 22 (Hin)</li><li>- Linie 24 (Hin)</li><li>- Linie 21 (Hin)</li><li>- Nachmessungen</li></ul>

- Freitag
- Justierung Ziellinie
  - Linie 21 (Rück)
  - Linie 13 (Rück)
  - Linie 14 (Rück)
  - Linie 15 (Rück)
  - Linie 22 (Rück)
  - Linie 23 (Rück)
  - Linie 24 (Rück)
  - Nachmessungen

Zwingend ist, dass wegen der Veränderungen an der Staumauer (temperaturbedingte Vertikalverformung) die Linien 6, 20 und 21 jeweils am Vortag nachmittags und am Folgetag früh gemessen werden. Weiterhin müssen alle Linien nach der Messung am gleichen Tag ausgewertet und aufbereitet werden (Excel-Schema), um zeitnah Entscheidungen für Nachmessung treffen zu können.

## 2. Woche – stauunabhängige Linien

In der Folgeweche werden alle stauunabhängigen Linien, also Linien, welche keine Höhenobjektpunkte am oder im Absperrbauwerk besitzen, im Doppelnivellement gemessen (Hin- und Rückmessung).

- Montag:
- Linie 1 (Hin)
  - Linie 4 (Hin)
  - Linie 5 (Hin)
  - Linie 7 (Hin)
  - Linie 8 (Hin), nur bei geodätischer Sondernetzmessung
  - Linie 9 (Hin), nur bei geodätischer Sondernetzmessung
- Dienstag:
- Linie 9 (Rück), nur bei geodätischer Sondernetzmessung
  - Linie 8 (Rück), nur bei geodätischer Sondernetzmessung
  - Linie 7 (Rück)
  - Linie 5 (Rück)
  - Linie 4 (Rück)
  - Linie 1 (Rück)
  - Nachmessungen
- Mittwoch:
- Vier-Punkt-Nivellement an den Festpunktpfeilern
  - Nachmessungen
- 

- Donnerstag:
- Vier-Punkt-Nivellement an den Festpunktpfeilern

Besonderheiten der Nivellementslinien (siehe auch Feldformular Excel-Datei << Bezeichnung\_Höhenpunkte.xlsx >> oder Anlage C.1-3)

Linie 1 (Außenbereich, Talstraße und Zufahrtsstraße zum Feld 24):

- hohe Refraktionsanfälligkeit entlang der Lichte sowie zwischen **HFP 20** und **HP 0281**
- flach auslaufender Zielstrahl zwischen **HFP 20** und **HP 0281**
- unsichere Aufstellungen zum **HFP 21** und **HFP 20**
- bei der „Brückenaufstellung“ darf kein Fahrzeug während der Messung die Brücke passieren

Linie 2 (Außen- und Innenbereich, Talstraße und Mauerzugang Feld 18; Linie 2.1 – erste Messung als Hin- und Rückmessung und Linie 2.2 – 2. Messung als Hin- und Rückmessung):

- Linie wird doppelt gemessen, wegen der hohen Refraktionsanfälligkeit
- Hin- und Rückmessung sind jeweils in einem Ablauf zu messen, jedoch an unterschiedlichen Tagen zu unterschiedlichen Uhrzeiten
- erste Messung von Linie 2 und Hinmessung von Linie 6 an einem Tag durchführen inklusive Invarstabmessung (mit TFW abstimmen wegen Invarstabmessung)
- zweite Messung von Linie 2 und Rückmessung von Linie 6 am darauffolgenden Tag durchführen (mit TFW abstimmen wegen Invarstabmessung)
- schwierige Zielung zum **HP Konsole Invarstab unten (HP Kolu)**
- Grundablässe müssen geschlossen sein (mit TFW abstimmen)

Linie 3 (Außen- und Innenbereich, Zufahrtsstraße zum Mauerzugang Feld 24 und Mauerzugang Feld 24):

- sehr hohe Refraktionsanfälligkeit, nur bei optimalen meteorologischen Bedingungen messen (Wind und Trockenheit)
- Stellenweise flach auslaufender Zielstrahl
- Wechsel vom Außenbereich in den Innenbereich (Refraktion und eventuell Temperaturunterschied)

Linie 4 (Außenbereich, Messweg am linken Hang – unterer Abschnitt):

- sehr hohe Refraktionsanfälligkeit, nur bei optimalen meteorologischen Bedingungen messen (Wind und Trockenheit)
- teilweise schwierige Instrumentenaufstellungen mit häufig flach auslaufendem Zielstrahl

- eine Grasmahd muss vor Messdurchführung erfolgen (mit TFW abstimmen)
- Linie ist anfällig für einen erhöhten Unterschied zwischen Summe der Vorblicke und Summe der Rückblicke

Linie 5 (Außenbereich, Messweg am linken Hang – oberer Abschnitt):

- sehr hohe Refraktionsanfälligkeit, nur bei optimalen meteorologischen Bedingungen messen (Wind und Trockenheit)
- teilweise schwierige Instrumentenaufstellungen mit häufig flach auslaufendem Zielstrahl
- eine Grasmahd muss eventuell vor Messdurchführung erfolgen
- Linie ist anfällig für einen erhöhten Unterschied zwischen Summe der Vorblicke und Summe der Rückblicke

Linie 6 (Außenbereich, Mauerkrone):

- sehr hohe Refraktions- und Windanfälligkeit
- siehe auch Festlegungen zu Linie 2
- Hinmessung am Tag x, nachmittags, Rückmessung am Tag x+1, früh
- stellenweise flach auslaufender Zielstrahl
- Linie mit den meisten Aufstellungen, Dauer mehr als 2½ Stunden bei optimalen Bedingungen

Linie 7 („toter Zug“ im Außenbereich, Linie zum Kübelkai):

- sehr hohe Refraktionsanfälligkeit, nur bei optimalen meteorologischen Bedingungen messen (Wind und Trockenheit)
- stellenweise flach auslaufender Zielstrahl bei langen Zielweiten

Linie 8 (Außenbereich, Messweg rechter Hang – komplett):

- wird nur bei einer Folgemessung des geodätischen Sondernetzes gemessen (2-Jahreszyklus)
- teils schwierige Instrumentenaufstellungen (weicher Boden im Waldbereich)
- vor Messdurchführung Messweg vom Bewuchs freischneiden (mit TFW abstimmen)

Linie 9 (separate Linie im Außenbereich, Linie zum **FP 7000**):

- wird nur bei einer Folgemessung des geodätischen Sondernetzes gemessen (2-Jahreszyklus)
- Punkteinsatz Nummer 1 für die Zwangszentrierung Pfeiler 7000 wird vom TFW bereitgestellt
- stellenweise flach auslaufender Zielstrahl
- vor Messdurchführung Messweg vom Bewuchs freischneiden (mit TFW abstimmen)

Linie 10 (Innenbereich, HKG linker Hang – unterer Abschnitt):

- Linie ist anfällig für einen erhöhten Unterschied zwischen Summe der Vorblicke und Summe der Rückblicke

Linie 11 (Innenbereich, HKG linker Hang – mittlerer Abschnitt):

- Linie ist anfällig für einen erhöhten Unterschied zwischen Summe der Vorblicke und Summe der Rückblicke

Linie 12 (Innen- und Außenbereich, HKG linker Hang + Staumeisterdienstgebäude)):

- Messung über Schlauchwaagebolzen im Dienstgebäude – Achtung umstellen Normalmessung – Firstmessung – Normalmessung
- schwierige Instrumentenaufstellung im EG Foyer, Begehungsverkehr unterbinden
- bei der Messung durch Dienstgebäude sind Fenster und Haustür im Erdgeschoss zu öffnen – Durchzug/Temperaturausgleich zur Reduzierung der Refraktion

Linie 13 (Innenbereich, HKG Talaue + rechter Hang – unterer Abschnitt):

- stellenweise sehr kurze Zielweiten – auf Vermarkung der Aufstellung achten (eloxierte Alu-Marken)
- Messingbolzen für Instrumentenaufstellung nutzen
- markanter Zielweitenunterschied zwischen „Vorblicke“ und „Rückblicke“ von mehr als 3 m ist der baulichen Vorraussetzung des Nivellementsweges geschuldet

Linie 14 (Innenbereich, HKG rechter Hang – mittlerer Abschnitt):

- stellenweise sehr kurze Zielweiten – auf Vermarkung der Aufstellung achten (eloxierte Alu-Marken)
- Messingbolzen für Instrumentenaufstellung nutzen
- Zielweitenkriterium nur bedingt einhaltbar

Linie 15 (Innen- und Außenbereich, HKG rechter Hang – oberer Abschnitt):

- stellenweise sehr kurze Zielweiten – auf Vermarkung der Aufstellung achten (eloxierte Alu-Marken)
- Messingbolzen für Instrumentenaufstellung nutzen
- Wechsel vom Außenbereich in den Innenbereich (Refraktion)
- beim Wechsel vom Außenbereich in den Innenbereich und sehr niedrigen Temperaturen nicht messbar, weil die Feuchtigkeit auf der Optik des Instruments kondensiert
- schwierige Lattenaufstellungen bei den Wechsellpunkten auf den Leitplanken

Linie 20 (Innenbereich, MKG und VG):

- vorgebohrte Instrumentenstandpunkte nutzen
- stellenweise erhebliche Refraktion (Feld 10 bis 14), ggfs. Wiederholungsmessungen durchführen (bieten Korrekturmöglichkeiten und vermeiden Nachmessungen)
- eine äußerst schwierige Instrumentenaufstellung im Verbindungsgang zum MKG (oberhalb der Treppe)
- Hinmessung – letzte Messung eines Tages x
- Rückmessung - erste Messung am Folgetag x+1

Linie 21 (Innenbereich, OKG):

- vorgebohrte Instrumentenstandpunkte nutzen
- stellenweise erhebliche Refraktion (Feld 2 bis 7), gegebenenfalls Wiederholungsmessungen durchführen (bieten Korrekturmöglichkeiten und Nachmessungen vermeiden)
- Hinmessung – letzte Messung eines Tages x
- Rückmessung - erste Messung am Folgetag x+1

Linie 22 („toter Zug“ im Erkundungstollen 1):

- es ist mit Refraktion zu rechnen (hohe Luftfeuchtigkeit)
- Umstellen des Instrumentes von Normalmessungen auf Firstmessungen und umgekehrt

Linie 23 („toter Zug“ im Verbindungsgang zum Erkundungstollen 2 + Erkundungstollen 2):

- es ist mit Refraktion zu rechnen (hohe Luftfeuchtigkeit)
- schwierige Aufstellung mit „Dreibock“ beim Punkt HP VG16.2 (Dreibock befindet sich in der SWD-Messnische)
- Umstellen des Instrumentes von Normalmessungen auf Firstmessungen und umgekehrt
- Schutzkappen vor Beginn der Messung von den Firstbolzen entfernen

Linie 24 („toter Zug“ im Erkundungstollen 3):

- es ist mit Refraktion zu rechnen (hohe Luftfeuchtigkeit)
- stellenweise schwierige Zielungen (instrumentenbedingt)
- Lattenbeleuchtung mitführen (TFW nachfragen)
- an den Firstpunkten **FB Q1.1** und **FB Q1.2** Stollenbeleuchtung abdunkeln, da Messung sonst nicht möglich
- Umstellen des Instrumentes von Normalmessungen auf Firstmessungen und umgekehrt

Linie 25 (Sondermessung Invarstab):

- mit Glötzl-Digitalmessschieber GED 50/041 Nr. 48099
- die Messstellen befinden sich jeweils im Mauerfeld 18 im OKG, MKG und HKG
- muss im Zusammenhang mit der Linie 2 und Linie 6 gemessen werden

## Hinweis 1:

**Die Punktbezeichnungen mit den vorgegebenen Schreibweisen sind zwingend zu übernehmen. Sollte es einmal zu einer fehlerhaften oder falschen Punktbezeichnung kommen, ist dies im Feldformular << Bezeichnung\_Höhenpunkte >> (siehe auch Anlage C.1-3) zu dokumentieren. Die Bezeichnungen müssen später vor der Ausgleichung in der aufbereiteten Messdatei geändert werden.**

## Hinweis 2:

**Weitere Hinweise, z. B. zum zusätzlich benötigten Equipment, sind dem Feldformular (siehe Anlage C.1-3) oder der Excel-Datei << Bezeichnung\_Höhenpunkte >> zu entnehmen.**

## 1.7 Genauigkeitsforderungen, Messwertauflösung

Die Genauigkeitsanforderungen als auch die Messwertauflösung sind unter Punkt 2 und 6 der Messanweisung „Grundlagen-Geometrisches Nivellement (Stand: 14. Dezember 2011)“ beschrieben (siehe Anlage C.1-1).

### 1.7.1 Genauigkeitskonzept

Die Prüfung der Genauigkeitsforderungen und die Aufbereitung bzw. Auswertung erfolgt innerhalb eines Arbeitsganges und sieht folgende einzelne Schritte vor:

- 1. Schritt      Nachweis der Einhaltung der Zielweitenunterschiede nach Abschnitt 6.2.1 der Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ (Anlage C.1-1) sowie Abschnitt 1.8.2
- 2. Schritt      Nachweis des Standpunkt bzw. Streckenkriteriums nach Abschnitt 6.2.2 der Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ (Anlage C.1-1) sowie Abschnitt 1.8.3
- 3. Schritt      Nachweis der Linien und der „toten Züge“  
Abschnitt 6.2.3 der Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ (Anlage C.1-1) sowie Abschnitt 1.8.4
- 4. Schritt      Nachweis der Schleifen  
Abschnitt 6.2.4 der Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ (Anlage C.1-1) sowie Abschnitt 1.8.5
- 5. Schritt      Nachweis der Stabilität der Höhenfestpunkte insbesondere von **HFP 26** und HFP 16  
Abschnitt 6.2.5 der Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ (Anlage C.1-1) sowie Abschnitt 1.8.6
- 6. Schritt      Ausgleichung inklusive der Ermittlung des Parameter **s<sub>BEO</sub>** sowie der punktbezogenen Genauigkeiten



Dieser Aufbereitungs- und Nachweiszyklus ist nahezu komplett in der Excel-Datei **<< (00)\_Auswertung\_VVM\_FM ... xlsx >>** enthalten und muss von Folgemessung zu Folgemessung fortgeschrieben werden. Änderungen an der Datei und am Aufbereitungskonzept bedürfen der Zustimmung der TFW!

Alle Aufbereitungen und Auswertungen sind mit einer Auflösung von einem hundertstel Millimeter vorzunehmen.

### 1.7.2 Genauigkeitsparameter einer Folgemessung

Nach Aufbereitung und Auswertung der Messepochen konnten bei anfänglichen Messungen durch ortskundiges erfahrendes Messpersonal die nachfolgenden Genauigkeiten (siehe beide Zusammenstellungen) erzielt werden. Zum Zeitpunkt dieser Folgemessungen war die Vermarkung im Netz optimiert (Anordnung von Instrumentenstandpunkten und Wechsellpunkten, Reduzierung problematischer Zielweiten usw.). Die Erfahrungen aus den vorangegangenen Messungen spiegelten sich in der Anordnung und konstruktiven Ausbildung der Messeinrichtungen wider. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich um ein insgesamt optimiertes Messverfahren handelt.

#### S<sub>BEO</sub> – Standardabweichung aus dem Software-Paket PANDA

- <b>VVM FM 17</b> (November/Dezember 2009)	0,50 mm/km
- <b>VVM FM 18</b> (April 2010)	0,42 mm/km
- <b>VVM FM 19</b> (November 2010)	0,43 mm/km
- <b>VVM FM 20</b> (April 2011)	0,34 mm/km
- <b>VVM FM 21</b> (Oktober/November 2011)	0,38 mm/km
- <b>VVM FM 22</b> (April 2012)	0,39 mm/km

Das **S<sub>BEO</sub>** kann als Parameter für die „innere Genauigkeit“ einer Folgemessung angesehen werden und wird direkt von der Ausgleichungssoftware PANDA berechnet. Folgemessungen, deren Genauigkeitsparameter **S<sub>BEO</sub>** zwischen 0,51 mm/km und 0,41 mm/km liegen, können als qualitativ gute Messungen charakterisiert werden. Folgemessungen, deren Genauigkeitsparameter **S<sub>BEO</sub>** kleiner als 0,41 mm/km ausfallen, können als qualitativ sehr gute Messungen charakterisiert werden.

#### Punktbezogene Genauigkeit (für **p** = 68,3 %, entspricht einer Standardabweichung)

Analog zum Parameter **S<sub>BEO</sub>** liefert das Softwarepaket PANDA für jeden Objektpunkt eine punktbezogene Genauigkeit. Mit der punktbezogenen Genauigkeit liegt für jeden Objektpunkt (= Höhenpunkt) eine Angabe vor, mit welcher Unsicherheit die Höhe des entsprechenden Höhenpunktes bestimmt wurde. Folglich ergibt sich daraus ein Anhaltspunkt, ob sich ein Höhenpunkt bewegt hat oder nicht (Kriterium: 2,5 bis 3 Standardabweichungen bzw. **p** = 98,8 bis 99,7 %).

In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die „mittlere“ punktbezogene Genauigkeit (mathematisch eigentlich nicht korrekt, aber zur Einschätzung gut handhabbar) und der Maximalwert der punktbezogenen Genauigkeit, also der Parameter für denjenigen Punkt im Netz mit der unsichersten Bestimmung, angegeben.

---

- <b>VVM FM 17</b> (November/Dezember 2009)	0,18 mm	0,37 mm
- <b>VVM FM 18</b> (April 2010)	0,15 mm	0,32 mm
- <b>VVM FM 19</b> (November 2010)	0,16 mm	0,33 mm
- <b>VVM FM 20</b> (April 2011)	0,13 mm	0,26 mm
- <b>VVM FM 21</b> (Oktober/November 2011)	0,14 mm	0,29 mm
- <b>VVM FM 22</b> (April 2012)	0,13 mm	0,29 mm

Folgemessungen, deren „mittlere“ punktbezogene Genauigkeit zwischen 0,20 mm/km und 0,15 mm/km liegt, können als qualitativ gute Messungen charakterisiert werden. Folgemessungen, deren „mittlere“ punktbezogene Genauigkeit kleiner als 0,15 mm/km ausfällt, können als qualitativ hochwertige Messungen charakterisiert werden.

Zur Dokumentation und Entwicklung der oben genannten Parameter und zum Nachweis der korrekten Leistungserbringung existiert eine Zusammenstellung (seit der 5. Folgemessung) in der Excel-Tabelle **<<Stabilität HFP26>>** in der Excel-Datei **<<(00)\_Auswertung\_VVM\_FM ...xlsx>>**. Sie ist zu jeder Folgemessung zu ergänzen.

## **1.8 Angaben zur Aufbereitung, Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse**

Während der Messungsdurchführung werden auf den mitzuführenden Feldformularen **<<Sekundärdaten Nivellement>>** und **<<Bezeichnung\_Höhenpunkte>>** wichtige Informationen wie (Messtrupp, Datum, Messzeit, messwertbeeinflussende Ereignisse während der Messung, Verlauf der Messung, Eingabefehler) dokumentiert. Beide Feldformulare sind dem zu erstellenden Messbericht als Anlage beizufügen.

Die Aufbereitung, Auswertung und Dokumentation der Messungen erfolgt grundsätzlich nach Punkt 6 und Punkt 7 der Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement (Stand: 14. Dezember 2011) Anlage C.1-1. Das Konzept in Kurzform ist bereits im Abschnitt 1.7 aufgeführt, in den nachfolgenden Abschnitten ausführlich erläutert.

### **1.8.1 Bearbeitung der Datei <<(00)\_Auswertung\_VVM\_FM ...xlsx>>**

Die Bearbeitung der Auswertungsdatei kann wie nachfolgend beschrieben durchgeführt werden. Prinzipiell wird immer in derselben Datei gearbeitet und nur die neuen Auswertungen hinzugefügt.

- Schritt 1: Auslesen der Messdatei aus dem DINI 12 bzw. dem Nivellier-Instrument
- Schritt 2: Kopieren der Auswertungsdatei der vorangegangenen Folgemessung
- Schritt 3: Löschen der nicht benötigten Altdaten in der Auswertungsdatei für die aktuelle Folgemessung

- Schritt 4: Einfügen der Messdatei in die Excel-Tabelle <<**Originaldaten**>> der Auswertedatei der aktuellen Folgemessung (Nutzung des Textkonvertierungsassistenten)
- Schritt 5: Korrektur der Excel-Tabelle <<**Originaldaten**>>
  - + Verbesserung der Lesbarkeit der Originaldaten durch Strukturierungen (beispielsweise Kennzeichnung der Linien durch Überschriften, Hin- und Rückmessung usw.)
  - + Korrektur von fehlerhaften Eingaben, insbesondere bei den Namen der Höhenpunkte und deren Kennzeichnung (farbliche Unterlegung der entsprechenden Zelle)
  - + Kennzeichnung von zu löschenden Fehlmessungen
  - + Separierung der Ziellinien-Justierungen
  - + Entscheidung über die Vorzugsmessung bei beispielsweise refraktionsbedingten Mehrfachmessungen
  - + Kennzeichnung aller für die Ausgleichung nicht unbedingt notwendigen Datenzeilen (beispielsweise Datenzeile „Firstmessung“ oder „Normalmessung“)

**Hinweis:**

**Mit dieser Bearbeitung reduziert sich der Aufwand zur Korrektur der Messdatei (Herstellung deren Ausgleichbarkeit) erheblich!**

- Schritt 6: Übernahme der Sekundärdaten (betrifft die Sekundärdaten der Folgemessung als auch der Linien) – wie Messungsdurchführende, Datum, Uhrzeit, Lufttemperaturen, Messbedingungen, Justierung der Ziellinie, verwendete Latten, sonstige Bemerkungen – in die Excel-Tabelle <<**Auswertung FM .. >>**
- Schritt 7: Einfügen der bearbeiteten Originaldaten in die Excel-Tabelle <<**Auswertung FM .. >>**

**Hinweis:**

**Um die Daten nicht einzeln per Hand kopieren und einfügen zu müssen, wurde ein Excel-Makro geschrieben („Niv-Linie“), welches diesen Vorgang dahingehend effektiviert, dass es die Messdaten linienbezogen entsprechend der Excel-Tabelle <<Auswertung FM .. >> sortiert, so dass die Daten der Hin- bzw. Rückmessung einer Linien komplett übernommen werden können.**

- Schritt 8: Einarbeitung von Nachmessungen in die Excel-Tabelle <<**Auswertung FM .. >>** und deren farbliche Kennzeichnung inklusiv der Einarbeitung der Ursprungsdaten in den Kommentar der Zellen

- Schritt 9: Übernahme von ausgewählten Daten der aktuellen Folgemessung in die langfristigen Auswertungen, beispielsweise Daten der Justierung der Ziellinie  
(Datei <<Entwicklung\_Ziellinienfehler\_DiNi.xlsx >>)
- Schritt 10: Auswertung des Datenmaterials entsprechend der nachfolgenden Abschnitte (Abschnitte 1.8.2ff) und Ermittlung der Kennzahlen der Folgemessung

## 1.8.2 Nachweis der Einhaltung der Zielweitenunterschiede

Der Nachweis der Zielweitenunterschiedes  $\Delta R$  hat standpunktbezogen und getrennt für die Hin- und Rückmessung in der Datei <<(00)\_Auswertung\_VVM\_FM ...xlsx >> wie dort vorgegeben zu erfolgen. Die Grundsätze der bisherigen Auswertungen sind zu übernehmen. Abweichungen bedürfen der Zustimmung der TFW.

Weitere Angaben zum Zielweitenunterschied sind im Abschnitt 6.2.1 der Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“ (Anlage C.1-1) zu entnehmen.

### Hinweis 1:

**Es existieren einige wenige Instrumentenstandpunkte, bei denen das Zielweiten-Kriterium wegen baulicher Randbedingungen nicht eingehalten werden kann. Sollte jedoch festgestellt werden, dass trotz aller Voraussetzungen (feste Vermarkung der Nivellementswege und Kennzeichnung der Instrumentenstandpunkte usw.) das Kriterium für die Zielweitenunterschiede systematisch verletzt wird, kann eine Wiederholungsmessung vom Messungsdurchführenden verlangt werden.**

### Hinweis 2:

**Im Ergebnis der Auswertung und Bewertung des Zielweiten-Kriteriums muss entschieden werden, ob mit der Aufbereitung des Datenmaterials der Folgemessung fortgefahren werden kann (1. Voraussetzung)!**

## 1.8.3 Nachweis des Standpunkt- bzw. Streckenkriteriums

Der Nachweis des Standpunkt- bzw. Streckenkriteriums  $d_{zul}$  hat streckenbezogen in der Datei <<(00)\_Auswertung\_VVM\_FM ...xlsx >> wie vorgegeben zu erfolgen. Die Grundsätze der bisherigen Auswertungen sind zu übernehmen. Abweichungen bedürfen der Zustimmung der TFW.

Um die statistische Aussagekraft dieser Auswertung zu optimieren, ist der Stichprobenumfang so groß wie möglich zu wählen. Das heißt, die Anzahl der Strecken ist so groß wie konstruktiv begründet zu wählen (siehe Definition der Strecke im Abschnitt 1.6.2).

In der Datei <<(00)\_Auswertung\_VVM\_FM ...xlsx >> sind – wie dort vorgegeben – eine statistische Auswertung des Streckenkriteriums und eine Bewertung vorzunehmen (Beachtung der 1/3-Regel bei der Bewertung:  $d < \frac{1}{3} \times d_{zul}$ ;  $d < \frac{2}{3} \times d_{zul}$ ;  $d < d_{zul}$ ).

Weitere Angaben zum Nachweis des Standpunkt- bzw. Streckenkriterium sind der Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“, Abschnitt 6.2.2 (Anlage C.1-1) zu entnehmen.

#### **Hinweis:**

**Im Ergebnis der Auswertung und Bewertung des Streckenkriteriums muss entschieden werden, ob die Aufbereitung des Datenmaterials der Folgemessung mit der Ausgleichung fortgesetzt werden kann (2. Voraussetzung)!**

#### **1.8.4 Nachweis der Linien**

In Ergänzung zum Streckenkriterium werden ebenfalls die Genauigkeitsanforderungen an die Linien nachgewiesen. Der Nachweis der Linien  $s_{zul}$  hat in der Excel-Datei << (00)\_Auswertung\_VVM\_FM ...xlsx >> wie vorgegeben zu erfolgen. Die Grundsätze der bisherigen Auswertungen sind zu übernehmen. Abweichungen bedürfen der Zustimmung der TFW.

Weitere Angaben zum Nachweis der Linien sind der Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“, Abschnitt 6.2.3 (Anlage C.1-1) zu entnehmen.

#### **Hinweis:**

**Hinsichtlich der Entscheidung, ob das vorhandene Datenmaterial der Folgemessung die geforderte Genauigkeit besitzt, um einer Ausgleichung unterzogen werden zu können, muss die Auswertung und Bewertung der Genauigkeit der Linien zum gleichen Ergebnis kommen (3. Voraussetzung), da die „Basisprüfung“ (siehe Standpunkt- bzw. Streckenkriterium) bereits vorab getätigt wurde!**

#### **1.8.5 Nachweis der Schleifen**

In Ergänzung zum Nachweis der Strecken und Linien werden ebenfalls die Genauigkeitsanforderungen an die Schleifen nachgewiesen. Der Nachweis der Linien  $w_{zul}$  hat in der Datei << (00)\_Auswertung\_VVM\_FM ...xlsx >> wie vorgegeben zu erfolgen. Die Grundsätze der bisherigen Auswertungen sind zu übernehmen. Abweichungen bedürfen der Zustimmung der TFW. In der oben genannten Excel-Datei existiert die Tabelle <<Schleifenwidersprüche FM .. >>, mit der die Schleifenwidersprüche der entsprechenden Folgemessung berechnet werden können (Tabelle der vorangegangenen Folgemessung kopieren und für die aktuelle Folgemessung neu aufbereiten). Weiterhin enthält diese Tabelle eine Zusammenstellung der schleifenbezogenen Widersprüche (für jede neue Folgemessung Schleifenwidersprüche und Genauigkeitsvorgaben ergänzen). Diese Auswertung ermöglicht das Erkennen von tendenziellen und systematischen Fehlern.

Weitere Angaben zum Nachweis der Schleifen sind der Messanweisung „Grundlagen – Geometrisches Nivellement“, Abschnitt 6.2.4. (Anlage C.1-1) zu entnehmen.

#### **Hinweis 1:**

**Das Vertrauensniveau beträgt hier 95,5%.**

#### **Hinweis 2:**

**Hinsichtlich der Entscheidung, ob das vorhandene Datenmaterial der Folgemessung die geforderte Genauigkeit besitzt, um einer Ausgleichung unterzogen werden zu können, muss die Auswertung und Bewertung der Genauigkeit der Schleifen zum gleichen Ergebnis kommen (4. Voraussetzung), da die „Basisprüfungen“ (siehe Standpunkt- bzw. Streckenkriterium und Nachweis der Linien) bereits vorab getätigt wurden!**

### **1.8.6 Nachweis der Stabilität der Höhenfestpunkte insbesondere von HFP 26**

Vor dem Beginn der Ausgleichung des Datenmaterials ist die Stabilität des Bezugspunktes nachzuweisen. Der alleinige Bezugspunkt für das Nivellementsnetz der Talsperre Leibis/Lichte ist der Höhenfestpunkt **HFP 26** (ergänzende Ausführungen siehe im Abschnitt 1.5.1 c).

Der Nachweis der Stabilität von **HPF 26** hat in der Excel-Datei **<< (00)\_Auswertung\_VVM\_FM ...xlsx >>** und dort in der Tabelle **<< Stabilität HFP26 >>** über das Kriterium **F<sub>zul</sub>** wie vorgegeben zu erfolgen. Die Grundsätze der bisherigen Auswertungen sind zu übernehmen. Abweichungen bedürfen der Zustimmung der TFW.

Der **HFP 16** ist für die Talsperre Leibis/Lichte ein besonderer Höhenpunkt, weil über diesen der Anschluss zum Thüringer Nivellementsnetz hergestellt wurde (siehe Abschnitt 1.1 bzw. Anlage A.2-2). Der Nachweis der Stabilität des **HFP 16** hat ebenfalls dadurch zu erfolgen, dass diese Tabelle mit jeder neuen Folgemessung zu aktualisieren ist.

#### **Hinweis 1:**

**Das Vertrauensniveau liegt hier bei 99,7 %.**

#### **Hinweis 2:**

**Der Nachweis der Stabilität von HFP 26 ist eine weitere Voraussetzung, um das Datenmaterial einer Ausgleichung zu unterziehen (5. Voraussetzung). Ohne den Stabilitätsnachweis muss davon ausgegangen werden, dass die Höhen der Fest-, Sicherungs- und Objektpunkte nach Ausgleichung nicht korrekt sind!**

### **1.8.7 Ausgleichung**

Die Ausgleichung des Datenmaterials hat wegen der Einhaltung des Prinzips der Gleichartigkeit der Messungen (DWA-M 514, Seite 17) ausschließlich mit dem Software-Paket **PANDA** der Firma GEOTEC GmbH, Laatzen zu erfolgen. Es ist eine 1D-Ausgleichung vorzunehmen.

Auf die unterschiedliche begriffliche Syntax vom PANDA gegenüber der Messanweisung wird verwiesen. Wichtige Hinweise zur Ausgleichung sind in der Anlage C.1-5 zusammengefasst.

### Schritt 1 Herstellung einer Textdatei, welche im PANDA einer Ausgleichung unterzogen werden kann

Die im DINI 12 während der Folgemessung generierte Messdatei ist von ihrer Struktur her eine TXT-Datei. Der Schritt 1 besteht darin, durch Korrekturen und Ergänzungen eine Datei zu erzeugen, in der alle Besonderheiten des Nivellementsnetzes berücksichtigt sind (Invarstab, Schlauchwaagebolzen in der Linie 12 usw.), in der die Genauigkeitsvorgaben eingehalten werden und die mit dem Softwarepaket PANDA ausgleichbar ist.

Dazu sind folgende händische Einzelschritte notwendig:

- Korrektur von fehlerhaften Eingaben (siehe auch Abschnitt 1.8.1)
- Eingabe der Messdaten von Nachmessungen
- Löschen von Dateibestandteilen, welche nicht in die Ausgleichung eingehen (Justierungen der Ziellinie, Dateizeilen „Firstmessung“ und „Normalmessung“, Fehlmessungen usw.)
- Einführung der „virtuellen“ Nivellement-Linie 25 – Invarstab (Kopieren der entsprechenden Textbausteine aus der korrigierten Messdatei der vorangegangenen Messung und Einfügen der aktuellen Invarstab-Messwerte)
- Einführen des Korrekturwertes für den Schlauchwaagebolzen (Linie 12, Hin- und Rückmessung), siehe Vorgehensweise in der korrigierten Messdatei der vorangegangenen Messung). Er beträgt +0,02991 mm.

Im Ergebnis entsteht eine .zss-Datei (zss steht für Zeiss, dem DINI-Hersteller) – im Folgenden ZSS-Datei genannt. Die ZSS-Datei ist die gleiche Datei wie TXT-Datei (korrigierte Messdatei) nur mit der geänderten Dateierweiterung „.zss“.

### Schritt 2 Einstellungen im PANDA

In dem PANDA müssen diverse Einstellungen vorgenommen werden, damit die Ausgleichung zu sinnvollen Ergebnissen führt (Nummer der Folgemessung, Genauigkeitsvorgaben usw.).

### Schritt 3 Korrekturdurchlauf im PANDA

In der Regel kommen im ersten Durchlauf der ZSS-Datei Fehlermeldungen. An der korrigierten Messdatei (TXT-Datei) und in dessen Folge an der ZSS-Datei müssen solange Korrekturen vorgenommen werden, bis das PANDA die ZSS-Datei widerspruchsfrei akzeptiert. Das PANDA liefert in der Regel (aber nicht immer) bei fehlerbehafteten Durchläufen eine Fehlermeldung mit kurzer Beschreibung des Fehlers.

Daher sind bei diesem Bearbeitungsschritt die Erfahrungen im Umgang mit dem Panda von Bedeutung.

Am Ende von Schritt 3 liegen die auswertbaren TXT- und ZSS-Dateien vor sowie die eine durch das PANDA generierte .fbn-Datei (fb für Feldbuch). In der FBN-Datei sind die Messdaten linienbezogen zur Weiterverarbeitung aufbereitet. Auch diese Datei kann zur Fehlersuche genutzt werden.

#### Schritt 4   Ausgleichung

Im weiteren Verlauf der Ausgleichung werden folgende Dateien generiert

- .onr-Datei    (Linien- oder Reduktionsdatei)

In der ONR-Datei sind die Linien auf das wesentliche reduziert (Punktnummern, Widersprüche zwischen Hin- und Rückmessung, Lattenablesungen, Höhenunterschiede, Zielweiten)

##### **Hinweis:**

**Die Angaben in dieser Datei müssen mit der Auswertung im Excel-Schema übereinstimmen << (00)\_Auswertung\_VVM\_FM .. xlsx >>).**

- .onk-Datei    (Aufbereitungsdatei)

In der ONK-Datei wird das Datenmaterial im Wesentlichen auf die Vorblicke und Rückblicke der Strecken reduziert. Weiterhin enthält diese Datei eine Zusammenstellung von Zügen (= Schleifen) und ihren Widersprüchen.

##### **Hinweis 1:**

**In dieser Datei können grobe Fehler sehr einfach erkannt werden.**

##### **Hinweis 2:**

**Die Schleifenbildung im PANDA erfolgt anders als im Excel-Auswerteschema.**

- .o1a-Datei    (Ausgleichungsdatei)

Die O1A-Datei enthält die Ergebnisse der Ausgleichung. Wichtige Kontrollen können wie folgt benannt werden:

- Datei-Abschnitt „Beobachtung vor Ausgleichung“ – Der PANDA-Parameter SDH muss mit 0,5 mm/km angegeben sein.

- Datei-Abschnitt „Beobachtungen und Grobfehlersuche“ – Große Beträge der Verbesserung und der Normierten Verbesserung (> Grenze der Tau-Verteilung – siehe am Ende dieses Dateiabschnittes) weisen auf grobe Fehler hin.



- Dateiabschnitt „Varianzkomponentenschätzung“ – Beide Varianzen (a priori und a posteriori) sollten nur geringfügig voneinander abweichen.
- Dateiabschnitt „Varianzkomponentenschätzung“ – enthält den Wert für das **SBE0**
- Dateiabschnitt „Varianzkomponentenschätzung“ – In der Summenprobe müssen die Beträge für VPV (Quadratsumme aller Verbesserungen) und RED (Redundanzanteile) übereinstimmen.
- Dateiabschnitt „Punktbezogene Genauigkeitsmaße“ – enthält für jeden Höhenpunkt die ausgeglichene Höhe sowie die obere und untere Grenze des Vertrauensbereiches bezogen auf eine Standardabweichung.
- Dateiabschnitt „Beobachtungen nach der Ausgleichung“ – alle Angaben für den Restfehler (Residuen) müssen gegen NULL streben.
- .o1d-Datei (**D**efo-Analyse-Datei)

In der O1D-Datei sind die Ergebnisse der DEFO-Analyse enthalten.

**Hinweis:**

**Bei der Wahl nur eines Bezugspunktes inklusive der Kontrolle bzw. des Nachweises dessen Stabilität über die Höhenunterschiede zu benachbarten Sicherungspunkten erübrigt sich eine DEFO-Analyse.**

- .kls-Datei (Datei mit Ergebniswerten)

In der KLS-Datei sind die Ergebniswerte (ausgeglichene Höhen) enthalten.

**Hinweis:**

**Darin muss der HFP 26 mit einem „+“ gekennzeichnet und mit einer Höhe von „352,23449“ (mHN) enthalten sein.**

### 1.8.8 Dokumentation

Die Dokumentation der VVM-Folgemessung hat in einem Messbericht zu erfolgen. Die Einzelheiten sind in der Messanweisung – Grundlagen im Abschnitt 7 „Dokumentation der Messepoche im Messbericht“ beschrieben.

Die Aufbereitung und Ermittlung der Mess- und Ergebniswerte einer Folgemessung sowie der zugehörige Messbericht sind unter folgenden Pfad einzupflegen:

- Pfadname: X:\BWUe\TS Leibis\Messergebnisse\Absperrbauwerk\200) Vertikalverschiebungsmessung\FM ..

Die aus den ausgeglichenen und überprüften Messwerten resultierenden Ergebniswerte sind in folgende MS-Excel-Aufbereitungsdateien einzupflegen:

- Pfadname: X:\BWUe\ TS Leibis\Messergebnisse\Absperrbauwerk\ (200)  
Vertikalverschiebungsmessung\ (00) Ergebniswerte + Standardauswertungen\ (04) Auswertungen Betriebsphase
- Dateinamen: VVM Diagramme\_MKG+OKG+MK.xls  
VVM\_Zeitreihen\_Feld12-28\_HKG.xls

Die Messwerte der Linie 25 (Invarstabmessung) sind gesondert in folgende MS-Excel-Aufbereitungsdatei einzupflegen:

- Pfadname: X:\BWUe\TS Leibis\Messergebnisse\Absperrbauwerk\ (205)  
Vertikalverformung Mauerkörper
- Dateiname: Archiv EW + FF + ABF Invarstab.xls

In dieser Datei werden die Ergebniswerte aus den Messwerten der Invarstabmessungen berechnet.

Aus den Ergebniswerten erfolgt die Aktualisierung der Zeitreihendarstellungen und anhand derer die Sofortkontrolle des Bauwerksverhaltens.

## **1.9 Angaben zu Erwartungsbereichen**

### **1.9.1 Erwartungsbereiche**

#### Absperrbauwerk

Die Vertikalverschiebungen sind zum überwiegenden Teil abhängig von der Stauhöhe sowie der Luft- und Wassertemperatur. Für den entscheidenden bzw. maßgebenden Lastfall – der Zunahme der Stauhöhe beispielsweise im Hochwasserfall – kann folgendes Verhalten prognostiziert werden. Mit zunehmender Stauhöhe verringern sich die Spannungen im wasserseitigen gründungsnahen Bereich (Widerlager) bei gleichzeitiger Erhöhung der Spannungen im luftseitigen gründungsnahen Bereich (Resultierende flacht ab und verlagert sich zur Luftseite). Im Falle der Verringerung der Stauhöhe kehrt sich dieser Prozess um. Der beschriebene Prozess bei einem Stauspiegelanstieg kann messtechnisch durch Hebungen im Bereich der wasserseitigen Mauerbasis und Senkungen im luftseitigen Bereich der Mauerbasis jeweils gegenüber der vorangegangenen Folgemessung quantitativ untersetzt werden. Von diesen beiden Komponenten sind die wasserseitigen Hebungen die entscheidende Messgröße, da mit ihnen auf den Umfang der Verringerung der Druckspannungen bzw. auf unerwünschte Zugspannungen geschlossen werden kann.

Weiterhin kann aus den vorangegangenen Erfahrungen der Bauwerksüberwachung die Möglichkeit abgeleitet werden (siehe auch MKP, Kapitel C, Abschnitt 4 - Schwimmotmessungen, Punkt 4.9.1....), dass sich durch die impulsartige Erhöhung der Belastungen irreversible Bewegungen einstellen. Dieses Verhalten ist bei der Festlegung der aktuellen und zukünftigen Erwartungsbereiche zu berücksichtigen.

In der Anlage C.1-6 sind die Minima der entscheidenden Höhenpunkte inklusiv der zugehörigen VVM-Folgemessung und ihre Erwartungswerte (= Meldewerte) gelistet. Bei einem Unterschreiten der Erwartungswerte, unabhängig davon, ob es alle Felder oder nur ausgewählte Felder betrifft, sollten diese einer Bewertung unterzogen werden. Gleiches gilt für den Fall, dass resultierende Senkungen in resultierende Hebungen übergehen (resultierende Hebungen = Hebungen gegenüber der Bezugsmessung).

Es fällt weiterhin auf, dass in den Feldern 24 bis 28 (Bereich um den Erkundungsstollen 3) resultierende Hebungen ermittelt wurden. Dieser Bereich des Absperrbauwerkes wird aktuell tiefergehend untersucht. Nach dem Vorliegen endgültiger Ergebnisse sollten die Erwartungswerte bezüglich der Felder 24 bis 28 überarbeitet werden. Auf diesen Bereich ist zukünftig ein besonderes Augenmerk zu legen.

In die weitergehenden Bewertungen sind die betreffenden Ergebnisse und -werte folgender Kontrollen und Messverfahren einzubeziehen:

- Fugenspaltmessung
- Sohlenwasserdruckmessung
- Schwimmotmessung (eventuell mit selbstzentrierender Sonde)
- Gleitmikrometermessung
- Sickerwasserabflussmessungen aus den Entlastungsbohrungen
- Visuelle Kontrolle

Auf die Untersetzung weiterer Vertikalverschiebungen am Mauerkörper (beispielsweise im Bereich der Mauerkrone, im oberen Kontrollgang, im mittleren Kontrollgang) wird an dieser Stelle verzichtet. Hier sollte die Abweichung vom bisherigen Verhalten das Kriterium sein, um weitere Schritte einzuleiten.

### Erkundungsstollen

In der Anlage C.1-6 sind weiterhin die Minima aller vertikalen Bewegungsdifferenzen  $\Delta l_{\text{vert}}$  zwischen den zusammengehörigen First- und Bodenpunktpaaren gelistet. Eine Verringerung dieser Werte kann unter Umständen als Anzeichen einer Instabilität der Firste gewertet werden. Sollte die vertikale Bewegungsdifferenz  $\Delta l_{\text{vert}}$  den Wert von -5,00 mm unterschreiten, müssen Ortsbegehungen durchgeführt werden und die entsprechenden Bereiche auf Risse, Abplatzungen oder ähnliche Anzeichen untersucht werden. Die Ergebniswerte sollten einer tiefergehenden Bewertung unterzogen werden.

Stellt das Messpersonal bei der Auswertung einer Messung ein Erreichen oder Überschreiten der Erwartungswerte fest, sind unverzüglich folgende Maßnahmen durchzuführen.

Da diese Leistungen durch Dritte erbracht werden, ist das mit den Leistungen beauftragte Vermessungsbüro und dessen Messungsdurchführende entsprechend zu belehren. Die Belehrung ist schriftlich zu dokumentieren.

1. Nachrechnung und Plausibilitätsprüfung der Ermittlung des Ergebniswertes aus dem Messwert
2. Überprüfung des Messgerätes
3. Sofortinformation des Technikers für Bauwerksüberwachung
4. sofortige gemeinsame Wiederholung der Messung an der/den betroffenen Messstellen (hier im reduzierten Umfang möglich)
5. gemeinsame Wiederholung der Sofortauswertung

Bei Bestätigung der Überschreitung der Erwartungswerte durch den Techniker für Bauwerksüberwachung:

6. Durchführung von Messungen an weiteren Messstellen anderer Verfahren, die ebenfalls betroffen sein könnten oder in der Lage sind, Hinweise zur Gesamtsituation zu liefern (siehe oben)
7. Sofortinformation an den Staumeister, den Leiter des Meisterbereiches Zeigerheim, den Fachingenieur Talsperren des Betriebes Ost sowie den Sachgebietsleiter Talsperrenbetrieb/-sicherheit (vorzugsweise in Verbindung mit Übergabe einer grafischen Aufbereitung der Ergebniswerte per E-Mail)
8. Unter Leitung des Leiters des Meisterbereiches Zeigerheim entscheidet das unter Nummer 7 genannte Gremium gemeinsam mit dem Techniker für Bauwerksüberwachung über weitere, nachfolgend aufgeführte mögliche Maßnahmen und Handlungen:
  - Verdichtung der Messhäufigkeiten (hier wahrscheinlich nicht oder nur im begrenzten Umfang möglich)
  - Organisation zusätzlicher Messungen (siehe oben) und verdichteter visueller Kontrollen
  - Erarbeitung einer Sofortauswertung
  - Information an die Stauanlagenaufsicht
  - im begründeten Einzelfall: Neufestlegung der Erwartungswerte/-bereiche

Welche Maßnahmen in Einzelnen eingeleitet werden, ist vom Leiter des Meisterbereiches Zeigerheim ereignisabhängig festzulegen.

Da die Messungen zur Bauwerksüberwachung in der Regelarbeitszeit durchgeführt und ausgewertet werden, sind die oben genannten Mitarbeiter bzw. deren Vertreter üblicherweise erreichbar.

### **1.9.2 Meldewerte (Grenzwerte im PLS)**

Das Messverfahren der Vertikalverschiebungsmessung ist nicht automatisierbar und daher können keine PLS-Meldewerte vorgegeben werden

### **1.10 Festlegungen zur Sofortinformation des zuständigen Verantwortlichen, Hinweise zum Alarmplan**

Bei Überschreitungen von Erwartungswerten ist zwingend nach den Handlungsvorgaben des Abschnittes 1.9.1 zu verfahren.

Das betrifft im Einzelnen:

- Verletzung der oben genannten Erwartungswerte
- Eintreten von resultierenden Hebungen
- sprunghafte (impulsartige) Veränderungen
- trendbehaftete Veränderungen
- sonstige Vorgänge in dem oben beschriebenen Sinne

Ereignisse dieser Art und in diesem Sinne sind als Anomalie zu werten und erfordern eine unverzügliche Einleitung von situationsabhängigen Sofortmaßnahmen (sofern nicht bereits Maßnahmen entsprechend des Abschnittes 1.9.1 eingeleitet wurden).

Der betreffende Mitarbeiterkreis, der aufgrund seiner Arbeitsaufgaben bzw. seines Arbeitsplatzes oben genannte Symptome feststellen kann, ist über seine Pflicht zur Weiterleitung dieser Informationen aktenkundig zu belehren.

Über derartige Ereignisse ist unverzüglich der Leiter des Betriebes Ost, außerhalb der Regelarbeitszeit der Leiter vom Dienst des Betriebes Ost, zu informieren.

Situationsabhängige Sofortmaßnahmen können beispielhaft sein:

- Sofortinformation des Hauptgeschäftsführers und des Technischen Leiters
- Sofortinformation der Stauanlagenaufsicht
- Einleitung einer schnellen Stauspiegelabsenkung
- Einbeziehung externer Experten und fachkundiger Berater
- Bildung einer Interpretationsgruppe unter Einbeziehung der Stauanlagenaufsicht

- 
- Bildung eines Krisenstabes der Thüringer Fernwasserversorgung

Bearbeiter:

Herr A. Gebhardt (Techniker Bauwerksüberwachung, Betrieb Ost)

Herr Dipl. Ing. Herrn J. Mehl (Fachingenieur Talsperren Betrieb Mitte)

### **Anlagen**

- C.1-1 – Messanweisung zur VVM „Grundlagen - Geometrisches Nivellement“**
- C.1-2 – (Blatt 1) Nivellement-Linien im Außenbereich (Lageplan)**
- C.1-2 – (Blatt 2) Nivellement-Linien in der Mauer (Längsschnitt)**
- C.1-3 – Offizielle Bezeichnungen und Abkürzungen der Höhenpunkte**
- C.1-4 – Vertikalverschiebungsmessung - Übersicht Sekundärdaten**
- C.1-5 – Prozess einer 1 D - Panda - Ausgleichung**
- C.1-6 – Historische Maxima/Minima und Erwartungswerte**

## **Anlage C.1-1**

**Messanweisung zur Vertikalverschiebungsmessung,  
„Grundlagen – Geometrisches Nivellement“**

**Messanweisung zur Vertikalverschiebungsmessung,  
„Grundlagen – Geometrisches Nivellement“**

Zur Anwendung angewiesen:

Luisenthal, den 27.10.15

  
Leiter Betrieb Mitte

Zeigerheim, den 26.10.2015

  
Leiter Betrieb Ost



## **Vertikalverschiebungsmessung**

### **Messanweisung (MA)**

#### **Grundlagen – Geometrisches Nivellement (GN)**

##### **(MA – VVM 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) W. Witter

Herrn Dipl.-Ing. J. Mehl

## Dokumentenänderungsblatt

**Messanweisungen sind nicht für alle Zeiten festgeschrieben. Sie bedürfen einer ständigen Kontrolle ihrer Aktualität und gegebenenfalls der Korrektur, Ergänzung oder anderes mehr. Auf dieser Seite der Messanweisung sind alle vorgenommenen Änderungen ab dem 01.12.2011 zu dokumentieren.**

### Vorgenommene Änderungen:

20.06.2012: Einarbeitung von Festlegungen für den Fall, dass die a priori- und a posteriori-Standardabweichung nicht mit 95%iger Sicherheitswahrscheinlichkeit nicht übereinstimmen

11.09.2015: Anzahl der Leseexemplare auf einfach geändert, Festlegung zur Nutzung der Nivellierlatten und der Wechsellpunkte wurde überarbeitet

### Hinweis 1

Problem 1D-Defoanalyse: Es wurde von Fachkollegen darauf hingewiesen, dass die 1D-Defo-Analyse im Programmpaket PANDA aus folgenden Gründen mit Schwierigkeiten verbunden ist:

- es erfolgt keine Unterscheidung zwischen (den vielen) Objektpunkten und Festpunkten und
- wenn die netzkonfiguratorischen Epochenunterschiede zu groß sind, wird die Defo-Analyse verweigert.

Hier ist es notwendig, die Firma GeoTec zu konsultieren und eine Ausweichvariante zu beschreiben.

## Inhalt

	Seite
<b>1 Allgemeines</b>	<b>5</b>
1.1 Anwendungsbereich	5
1.2 Bautechnische Zielstellungen	5
1.3 Begriffe der Überwachungsvermessung	6
<b>2 Genauigkeitsforderungen, Begriffe und Symbole</b>	<b>8</b>
2.1 Das Grundprinzip	8
2.2 Qualitätsdefinition	9
2.3 Symbole und Begriffe für Genauigkeitsangaben	9
2.4 Genauigkeitsanforderungen	10
<b>3 Messinstrumente, Messhilfsmittel, Messeinrichtung</b>	<b>11</b>
3.1 Messinstrument und Messhilfsmittel	11
3.2 Messeinrichtung	11
3.3 Prüfung der Messinstrumente und Messhilfsmittel	11
<b>4 Messungsdurchführung</b>	<b>12</b>
4.1 Allgemein	12
4.2 Prüfungen vor Messungsbeginn	13
4.3 Messverfahren	14
<b>5 Sicherung und Instandhaltung der Messeinrichtung</b>	<b>17</b>
<b>6 Aufbereitung und Auswertung der Messung</b>	<b>17</b>
6.1 Aufbereitung der Nivellementlinien	17
6.2 Zulässige Messabweichungen	18
6.2.1 Zielweitenunterschiede	18
6.2.2 Zulässiger Streckenwiderspruch	19
6.2.3 Zulässiger Linienwiderspruch	19
6.2.4 Zulässiger Schleifenwiderspruch	21
6.2.5 Vereinfachte Bezugspunktkontrolle	21
6.3 Netzausgleichung	22
6.3.1 Ausgleichung ohne Auffelderung	22
6.3.2 Ausgleichung mit Auffelderung	23
6.3.3 Genauigkeitsmaße des PANDA	24
<b>7 Dokumentation der Messepoche im Messbericht</b>	<b>24</b>

# **1 Allgemeines**

## **1.1 Anwendungsbereich**

Die Messanweisung (MA) gilt für die Ausführung von ingenieurgeodätischen Überwachungsvermessungen durch geometrisches Nivellement 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 – Geometrisches Nivellement“ (GN) enthält allgemeingültige technologische Festlegungen. Spezielle technologische Festlegungen enthalten die Messanweisungen „Objektspezifisch“.

In folgenden Normen und Richtlinien sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik dokumentiert:

- DIN 18709 – Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen im Vermessungswesen  
Teil 1 – Allgemeines, 1995-10  
Teil 2 – Ingenieurvermessung, 1986-04  
Teil 4 – Ausgleichsrechnung 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
- Feldanweisung für die Präzisionsnivellements zur Erneuerung und Wiederholung des Deutschen Haupthöhennetzes im Zeitraum 2006 bis 2011, 3. überarbeitete Fassung vom 01.08.2009
- Autorenkollektiv, Handbuch Ingenieurgeodäsie, Band Grundlagen, 3. Auflage 2000, Herbert Wichmann Verlag
- Autorenkollektiv, Handbuch Ingenieurgeodäsie, Band Ingenieurbau, 1. Auflage 2008, Herbert Wichmann Verlag
- Fröhlich, Schauerte, Schuler; Praxistipps zum Präzisionsnivellement mit Digitalnivellieren, Selbstverlag Fröhlich

## **1.2 Bautechnische Zielstellungen**

Das Hauptmessziel besteht in der Ermittlung der Vertikalverschiebungen (Setzungen, Hebungen) von Objektpunkten an und im Absperrbauwerk und sonstigen, zur Talsperre gehörenden, baulichen Anlagen sowie natürlichen Objekten.

Nachgeordnete Messziele sind:

- Ermittlung von Neigungen beziehungsweise Neigungsänderungen (zum Beispiel Basisneigung eines Feldes einer Staumauer)

- Ermittlung von Vertikalverschiebungsunterschieden zwischen Bauwerksteilen
- Absolutanschluss von Relativverfahren (zum Beispiel hydrostatisches Nivellement)
- Kontrolle beziehungsweise Nachweis der Stabilität von Stützpunkten

Eine Voraussetzung ist das Vorhandensein eines stabilen Höhenfestpunktfeldes.

### 1.3 Begriffe der 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:** 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:** sind 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 Vertikalverschiebung)

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

Es gelten folgende spezifische Definitionen zum geometrischen Nivellement:

- **Strecke r:** nivellitische Verbindung zweier aufeinanderfolgender Nivellementpunkte; eine Strecke besteht aus  $n$  Stationen; eine Strecke beginnt und endet an einem fest vermarkten Höhenpunkt (zum Beispiel Höhenfestpunkt, Objektpunkt, fester Wechsellpunkt); eine Strecke beginnt oder endet grundsätzlich nicht an einem variablen Wechsellpunkt (zum Beispiel Lattenuntersatz, Nagel im Asphalt)
- **Station n:** Standpunkt eines Nivellierinstrumentes
- **Messweg R:** Summe der Zielweiten des einfachen Messweges innerhalb einer Strecke [km]; der Messweg **R** ergibt sich aus der Summe der Zielweiten der Rückblicke und der Vorblicke innerhalb einer Strecke
- **Linie:** Zusammenfassung von aufeinanderfolgenden Strecken; eine Linie besteht aus  $n_r$  Strecken – ausnahmslos im Hin- und Rückweg beobachtet
- **Schleife:** in sich geschlossene Folge von Linien
- **Höhenfestpunkt** (in der Regel) = **Stützpunkt:** Ausgangspunkt für die Objektvermessung der Höhe (DIN 18709-1), siehe auch Festpunktfeld (DIN 18710-1) und Vermessungspunkt (DIN 18710-1); wird nicht durch Deformationen des Messobjektes oder andere Einwirkungen beeinflusst; seine konstruktive Ausbildung gewährleistet Langzeitstabilität
- **Bezugspunkt:** ausgewählter Stützpunkt außerhalb des Messobjektes sowie seines Einflussbereiches, der dauerhafte Stabilität erwarten lässt
- **Bezugsniveau:** besteht aus mehreren Bezugspunkten (= Stützpunkte)
- **Sicherungspunkt:** Höhenfestpunkt, der die Eigenschaften aber nicht den Status eines Stützpunktes hat; er dient dem Nachweis der Stabilität eines Bezugspunktes
- **Objektpunkt:** geodätische Messstelle im oder am Messobjekt, der durch Wirkgrößen beeinflusst ist oder sein könnte
- **Objektpunkt:** bei der Deformationsanalyse, als verschoben erkannter Stützpunkt

- **variabler Wechsellpunkt – vWP:** Lattenstandpunkt zwischen zwei Instrumentenaufstellungen, wenn der Abstand zwischen zwei Höhenpunkten für eine Instrumentenaufstellung zu groß ist (zum Beispiel beweglicher Lattenuntersatz, Nagel im Asphalt)
- **fester Wechsellpunkt – fWP:** fest vermarkter Wechsellpunkt, von dem erwartet wird, dass er innerhalb der Messkampagne stabil bleibt (zum Beispiel Bodenbolzen, Bolzen im Beton einer Kontrollgangsohle, Horizontalbolzen im gesunden Fels); ein fester Wechsellpunkt muss nicht fest mit dem Objekt verbunden sein
- **Knotenpunkt:** Höhenpunkt (HP), an dem mehr als zwei Strecken oder Linien zusammentreffen; Knotenpunkte können Stütz- oder Objektpunkte sein
- **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 Höhenbezugs nach dem Prinzip „Summe aller Verbesserungen (Restklaffungen, Residuen) gleich Null“ und „Summe aller Verbesserungsquadrate gleich Minimum“; hier: Umstellung vom Prinzip „Ein Bezugspunkt“ auf das Prinzip „Bezugsniveau mit mehreren Bezugspunkten“
- **Deformationsanalyse:** Verfahren zur Aufdeckung signifikanter Punktbewegungen mittels eines Zwei-Epochen-Vergleichs, Voraussetzung ist eine freie Ausgleichung der Epochen; hier: Verfahren der Auswertung von Höhenmessungen 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“ (FM) auf die Epoche „Bezugsmessung“ (BM); hier: Differenz der Höhen 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 Messtechnologie RV und nicht RV VR). Die Wahrung dieses Prinzips bedeutet unter anderem, dass die Randbedingungen bei der Ausführung der Messungen optimal sein müssen (zum Beispiel meteorologische Bedingungen); näheres dazu siehe Kapitel 4 Messungsdurchführung.

Die vorgegebene Standardabweichung der Grundgesamtheit  $\sigma$  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- $\sigma$ -Grenze (98,8 %) nur ausnahmsweise in Anspruch genommen und keinesfalls überschritten werden.

Zur Bewertung der Messgenauigkeit gilt:

$d < \frac{1}{3} * d_{zul}$	→ Messergebnisse gut
$\frac{1}{3} * d_{zul} \leq d < \frac{2}{3} * d_{zul}$	→ Messergebnisse befriedigend/ausreichend
$\frac{2}{3} * d_{zul} \leq d < d_{zul}$	→ Messergebnisse ungenügend

Hinsichtlich des Streckenwiderspruches  $d$  gilt, 68 % der Streckenwidersprüche zwischen Hin- und Rückmessung müssen in dem Bereich von  $< \frac{1}{3} * d_{zul}$  liegen und in nur 27 % aller Fälle darf der Bereich  $\frac{1}{3} * d_{zul} < d < \frac{2}{3} * d_{zul}$  in Anspruch genommen werden.

Bei einer durchschnittlichen Zielweite innerhalb einer Linie von kleiner als 5 m darf der Bereich  $\frac{1}{3} * d_{zul} \leq d < \frac{2}{3} * d_{zul}$  ebenfalls in Anspruch genommen werden!

Dieser Bewertungsgrundsatz gilt ebenso für andere Genauigkeitskriterien, im besonderen Maße jedoch für den Schleifenwiderspruch  $w$ .

## 2.2 Qualitätsdefinition

Das wesentlichste Qualitätsmerkmal für Überwachungsvermessungen ist die metrische Genauigkeit in Form der Standardabweichung. In der Messanweisung sind Zielgrößen (zum Beispiel  $s_{1km}$ ,  $s_{zul}$ ) 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

$\sigma$	Standardabweichung einer Grundgesamtheit
$s$	Standardabweichung einer Messreihe oder Stichprobe
$\sigma_0$ bzw. $s_0$	Standardabweichung einer Beobachtung vom Gewicht 1, gilt für Höhenunterschiede (Normierung auf einen Standard, zum Beispiel 1 km)



$\sigma_{1\text{km}}$  bzw.  $s_{1\text{km}}$  Standardabweichung eines Doppelnivellement mit Messweg 1 km

Hinweis:

$\sigma_{1\text{km}}$  und  $s_{1\text{km}}$  sind gegebenenfalls mit der Wurzel der einfachen Strecke [km] zu multiplizieren, zum Beispiel  $s_{1\text{km}} = 0,5 \text{ mm}$ , Strecke HP A nach HP B = 0,64 km,  $s_{A-B} = 0,4 \text{ mm}$

$\sigma_{\Delta h}$  und  $s_{\Delta h}$  Standardabweichung eines gemessenen Höhenunterschiedes

$\sigma_H$  und  $s_H$  Standardabweichung einer Höhe, ausgehend vom Bezugspunkt beziehungsweise vom Bezugsniveau (punktbezogene Genauigkeit)

$\alpha$  Irrtumswahrscheinlichkeit oder andere Überschreitungswahrscheinlichkeit (in der Regel  $\alpha = 0,05$ )

$1 - \alpha$  Vertrauensniveau oder anderes Konfidenzniveau (in der Regel 95 %)

## 2.4 Genauigkeitsanforderungen

$\sigma_{1\text{km}} = 0,5 \text{ mm}$  Standardabweichung eines Doppelnivellements mit Messweg 1 km nach DIN 18710-1, Klasse H 5 (Streckenkriterium); Kriterium gilt für durchschnittliche Zielweiten innerhalb einer Linie von 10 m und größer; bei durchschnittlichen Zielweiten von unter 5 m beziehungsweise generell komplizierten Messbedingungen gilt ebenfalls das  $\sigma_{1\text{km}}$  – Kriterium, hier darf jedoch der Bereich  $\frac{1}{3} * s_{\text{zul}} \leq s_{\text{Niv}} < \frac{2}{3} * s_{\text{zul}}$  in Anspruch genommen werden; nur in Ausnahmefällen bei schwierigsten Messbedingungen darf der Bereich  $\frac{2}{3} * s_{\text{zul}} \leq s_{\text{Niv}} < s_{\text{zul}}$  in Anspruch genommen werden.

$d_{\text{zul}}$  Widerspruch eines Höhenunterschiedes zwischen Hin- und Rückmessung kleiner  $d_{\text{zul}} = 0,4 * \sqrt{n}$  (Streckenkontrolle)

Hinweis 1: "1/3-Regel" beachten!

Kontrolle der Zielweiten eines Standpunktes

$\Delta R$   $\Delta R = R_{\text{Rückblick}} - R_{\text{Vorblick}} < 2,0 \text{ m}$   
Abweichungen sind dann erlaubt, wenn es die örtlichen Gegebenheiten innerhalb der Linie nicht anders zulassen, in jedem Fall muss der Wille zur Einhaltung beziehungsweise zur Annäherung an dieses Kriterium erkennbar werden

$w_{\text{zul}}$  Schleifenwiderspruch:  $w_{\text{zul}} = 0,2 * \sqrt{n}$   
 $n$  ... Anzahl der Instrumentenstandpunkte des einfachen Messweges

Hinweis: Hier liegt ein Vertrauensniveau von 95,5 % zugrunde.

**$F_{\Delta h_{zul}}$**  Zulässige Abweichung im Höhenunterschied zweier Stützpunkte  
(Festpunktkontrolle):  **$F_{\Delta h_{zul}} = 0,4 \cdot \sqrt{n}$**   
Hinweis: Hier liegt ein Vertrauensniveau von 99,7 % zugrunde.

### **3 Messinstrumente, Messhilfsmittel, Messeinrichtung**

#### **3.1 Messinstrument und Messhilfsmittel**

Es sind ausschließlich Digitalnivelliere mit einer Genauigkeit von  $\sigma_{1km} \leq 0,3 \text{ mm}$  einzusetzen. Der Auftragnehmer hat ein Nivellierinstrument dieser Genauigkeit zu stellen. Der Auftragnehmer hat zu gewährleisten, dass im Vertragszeitraum ein und dasselbe Messinstrument (gleiche Gerätenummer) zum Einsatz kommt. Es muss in der Lage sein, die Messung mit den am Messobjekt vorhandenen Nivellierlatten durchführen zu können.

In Ausnahmesituationen kann der Auftraggeber ein entsprechendes Instrument zur Verfügung stellen.

An allen Anlagen, an denen die Nivellierlatten der TFW bereitgestellt werden, sind diese ausnahmslos zur Messung zu nutzen. Sorgsamer Umgang wird vorausgesetzt. Aufgetretene Schäden sind umgehend zu melden und durch den Auftragnehmer zu beseitigen.

#### **3.2 Messeinrichtung**

Nivellementpunkte (Fest-, Sicherungs- und Objektpunkte) sind grundsätzlich fest vermarkt. Die Vermarkung liegt in der Zuständigkeit der TFW.

In der Regel sind an allen Stauanlagen Wechsellpunktvermarkungen vorhanden. Für die Pflege, Erhaltung und Neueinrichtung von Wechsellpunkten ist das beauftragte Vermessungsbüro zuständig.

Nivellieren mit Lattenuntersätzen ist nicht gestattet.

Instrumentenstandpunkte sind zu markieren. Die Markierungen sind durch das beauftragte Vermessungsbüro auszuführen und zu erhalten.

#### **3.3 Prüfung der Messinstrumente und Messhilfsmittel**

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.

## Nivellierinstrument

Eine Korrektur der Ziellinie ist bei Überschreiten eines Ziellinienfehlers von größer als 40 Sekunden ( $c = 40''$ ) vorzunehmen (Hinweis: Der Umgang mit der Einheit [DMS] ist aus der Bedienungsanleitung zu entnehmen). Das zur Anwendung kommende Nivellierinstrument ist einmal jährlich von einer Fachfirma zu warten. Die Wartung ist mit dem Messbericht nachzuweisen inklusive der Einschätzung, ob das entsprechende Instrument für Nivellement der geforderten Genauigkeit geeignet ist.

## Nivellierlatten

Alle Prüfungen sollten in der Arbeitsstellung (stehend) vorgenommen werden.

Die Präzisionsnivellierlatten der TFW sind einmal in drei Jahren zu kalibrieren (Bestimmung des Lattenmeters). Diese Kalibrierung schließt die Prüfung der Ebenheit der Aufsatzfläche, die Prüfung der Rechtwinkligkeit der Aufsatzfläche zur Lattenachse, die Prüfung der Dosenlibellen sowie das Bestimmen des Nullpunktfehlers ein.

Zum Prüfungsvorgang ist ein Protokoll erstellen zu lassen, welches neben den Prüfergebnissen auch darüber Auskunft gibt, ob die geprüfte Latte oder das geprüfte Lattenpaar für Messungen mit höchster Genauigkeit geeignet ist (Klasse H 5 nach DIN 18710).

Einmal in sechs Jahren ist (zusätzlich zu den oben genannten Prüfungen) der lineare Ausdehnungskoeffizient bestimmen zu lassen, inklusive der Neueinstellung der Lattenspannung.

Präzisionsnivellierlatten, die sich nicht im Eigentum der TFW befinden, sind jährlich prüfen zu lassen (linearer Ausdehnungskoeffizient beziehungsweise Lattenspannung einmal in zwei Jahren). Der Prüfumfang entspricht den Nivellierlatten der TFW. Die Ergebnisse der Prüfung sind mit dem Messbericht zu übergeben.

Weitere Hinweise sind in der Feldanweisung für die Präzisionsnivellements zur Erneuerung und Wiederholung des Deutschen Haupthöhennetzes (DHNN) der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltung der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) in der jeweils aktualisierten Fassung.

## **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 Fehler eliminiert oder minimiert beziehungsweise 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 Frostboden nur im Ausnahmefall (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 an die einzelnen Messverfahren und der äußeren Bedingungen) durchzuführen. Das gilt insbesondere für alle Messungen in und am Absperrbauwerk sowie den zugeordneten Bauwerken.

Die Nivellementlinien/-schleifen sind als **Doppelnivellement** im Hin- und Rückweg bei geeigneter Witterung unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen zu beobachten, das heißt, dass der Hinweg und der Rückweg der Linien an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten zu erfolgen hat. Kleinen Talsperren, an denen die Messungen innerhalb eines Tages durchgeführt werden können, werden von dieser Festlegung aus Kostengründen ausgenommen. Genauer dazu ist in den objektspezifischen Messeinweisungen enthalten.

Das **Prinzip der Gleichartigkeit** ist einzuhalten. Dazu sind die bei der Bezugsmessung angewendeten Technologien beizubehalten. Neue Technologien und/oder Messmittel 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 das Nivellierinstrument und die Nivellierlatten geprüft beziehungsweise justiert werden.

### Nivellierinstrument:

- täglich: Dosenlibelle (180°-Drehung)
- täglich sowie bei Temperaturänderungen innerhalb eines Tages von > 10 K  
Justierung der Zielachse nach den Verfahren von Förstner oder Näbauer beziehungsweise nach dem vorgegebenen Verfahren des Herstellers

Hinweis 1: Die aus der Vergangenheit vorhandenen Justierungen müssen mit den zukünftigen Justierungen vergleichbar sein.

Hinweis 2: Die am Messobjekt vorhandenen Justierstrecken bestimmen meistens das Verfahren der Justierung.

Hinweis 3: Auf die verfahrensabhängige Berücksichtigung von Erdkrümmung und Refraktion wird hingewiesen.

### Nivellierlatten:

- täglich: Dosenlibelle (zum Beispiel Strichkreuz, Vergleichslot), gegebenenfalls Justierung
- vor Beginn einer Messkampagne: Aufsetzflächenprüfung (Abweichung  $\leq 0,1$  mm zulässig)

#### Hinweise zur Ziellinienjustierung

Der Ziellinienfehler ist temperaturabhängig. Daher ist es notwendig, täglich vor dem Messungsbeginn und bei Temperaturänderungen von mehr als 10 K die Ziellinie zu justieren. Vor der Justierung muss das Instrument ausreichend temperiert sein (Faustregel: 1 K innerhalb von 10 min). Die Erdkrümmung bleibt unberücksichtigt. Das Einrichten von mehreren „festen“ Justierstrecken im und am Messobjekt hat sich aus Gründen der Effektivität bewährt.

Als einzuhaltende Standardabweichung (Einzelzielung) werden 0,03 mm vorgegeben und sind als dauerhafte Geräteeinstellung vorzunehmen.

Die festgestellten Zielachsenfehler (Abweichung zur Horizontalen, Änderung gegenüber der vorangegangenen Justierung) sind zu dokumentieren.

#### Korrektur der Lattenablesung

Die Lattenablesungen werden wegen der Restneigung der Zielachse im digitalen Nivellier automatisch korrigiert.

Korrekturen wegen Maßstabsfehler, die sowohl durch einen hohen abweichenden Wert des mittleren Lattenmeters als auch durch äußere Temperatureinwirkung verursacht werden, sind gegebenenfalls intern an den Lattenablesungen oder extern an den gemessenen Höhenunterschieden anzubringen. Eine geräteinterne Korrektur ist nicht zulässig! Angebrachte Korrekturen sind zu dokumentieren. Es ist anzustreben, dass die Auswirkung auf den maximalen Höhenunterschied zwischen dem am höchsten und am tiefsten gelegenen Höhenpunkt 0,10 mm nicht überschreitet.

Beispiel: Ein Höhenunterschied von 100 m soll mit 50 Aufstellungen überwunden werden;  $0,1 \text{ mm}/n = 50$  entspricht  $0,002 \text{ mm}/2 \text{ m} = 0,001 \text{ mm}/\text{m}$ ; das heißt, wenn das durch die Kalibrierung bestimmte Lattenmeter besser als  $0,001 \text{ mm}/\text{m}$  ausfällt, kann in diesem Fall auf eine Korrektur wegen der Lattenmeterabweichung verzichtet werden.

### **4.3 Messverfahren**

Die **Nivellementlinien/-schleifen** sind so anzulegen, dass benachbarte Punkte (zum Beispiel Punkte an einer Feldfuge oder Punkte eines Feldes) nacheinander beobachtet werden. Damit sind Beobachtungen in Springständen (im Hinweg 1 - 3 - 5 - ... und im Rückweg ... 6 - 4 - 2 - 1) nicht zulässig. Das Beobachten von vereinzelt Objekt-punkten über Zwischenblicke ist zulässig, wenn jeder Punkt im Hin- und Rückweg beobachtet wird (darf jedoch nicht zum Regelfall werden).

Erfahrungsgemäß sind problembehaftete Linien (zum Beispiel Linien mit ständig hoher Refraktionsanfälligkeit) doppelt zu beobachten. Bei doppelt beobachteten Linien kann die Hin- und Rückmessung unmittelbar nacheinander durchgeführt werden.

Stationiert wird mit **Zielweiten** bis maximal 25 m. Zielweitenunterschiede bis zu 2 m sind zulässig, jedoch ist darauf zu achten, dass sich die Zielweitenunterschiede innerhalb einer Linie nicht summieren (die Summe der Zielweiten im Vorblick und die Summe der Zielweiten im Rückblick einer Linie müssen sich annähern). Bei Zielungen über Asphaltflächen oder sonstigen refraktionsanfälligen Zielungen werden maximale Zielweiten nicht länger als 15 m empfohlen.

Der **Zielstrahl** sollte mindestens 0,5 m Abstand vom Boden oder von Hindernissen aufweisen. Ist das bei Messungen (zum Beispiel im Bauwerk) nicht realisierbar, sind negative Auswirkungen auf die Ablesung zu minimieren (zum Beispiel durch Wahl kürzerer Zielweiten).

Allgemein ist das **Messverfahren** RV anzuwenden (R, V ... Einspielen der Dosenlibelle). Diese Ablesefolge mit einem Lattenhalter und einer Latte ist aber in der Regel nur mit fest vermarkten Wechsellpunkten, als zeitlich getrenntes Doppelnivellement und nicht im Verfahren RVVR, zulässig (Latte würde während der Messung eines Höhenunterschiedes von R nach V und zurück nach R wechseln).

Messung von Rück- und Vorblicken:

- Die Messungen sind im Modus „Wiederholungsmessungen“ durchzuführen. Dabei sind die Messwerte als Mittelwert zu bilden. Weiterhin sind Justierparameter, Punktnummern, Hin- oder Rückmessung, Uhrzeit und Zielweiten zu registrieren.
- Die Geräteeinstellungen sind so zu wählen, dass mindestens drei Wiederholungsmessungen (pro Lattenablesung) durchgeführt werden. Der Messvorgang ist anhand der Standardabweichung oder der Änderung des Mittelwertes zu kontrollieren. Dabei darf die Standardabweichung nicht größer als 0,03 mm ausfallen.
- Bei Überschreitung oben genannter Standardabweichung kann die Anzahl der Wiederholungen dem Grad der Störeinflüsse angepasst werden, sollte jedoch den Wert von  $n = 5$  nicht überschreiten. Die Zielgröße für die Standardabweichung von 0,03 mm bleibt unverändert.
- weitere Geräteeinstellungen:  
Refraktionskoeffizient → NULL  
Erdkrümmungskorrektur → aktiviert (oder deaktiviert mit nachträglicher Korrektur)
- Wenn es laut objektspezifischer Messanweisung zulässig ist, das Rücknivellement unmittelbar an das Hinnivellement anzuschließen, muss das Instrument vor Beginn des Rückwegs zwingend neu aufgebaut werden. Einfach erneut anzuziehen, reicht nicht aus. Die Nivellierlatte ist außerdem abzusetzen und anschließend erneut aufzusetzen. Vorstehende Forderungen sind insbesondere bei frei endenden Linien zu beachten.

**Zwischenblicke** nach vereinzeltten Objektpunkten sind zulässig, wenn das nicht zum Regelfall wird. Jeder Zwischenblick ist im Hin- und Rückweg, also zeitlich getrennt zu beobachten. Notwendige Zwischenblicke werden als Rückblick/Vorblick gemessen und dokumentiert, wobei dessen Zielweite nicht in den Messweg für die Genauigkeitsbetrachtung einer Linie eingehen darf.

Die Messwerte sind während der Messung, spätestens am Ende des Messtages, auf **Plausibilität** zu prüfen.

Bei **Nachbeobachtungen** sind nur diejenigen Strecken beziehungsweise Instrumentenstandpunkte neu zu beobachten, auf denen der zulässige Wert für den Widerspruch zwischen Hin- und Rückmessung überschritten wurde. Zur Sicherheit sollte aber die anschließende Strecke zwischen Objektpunkten beziehungsweise der anschließende Instrumentenstandpunkt zwischen festen Wechsellpunkten in die Nachbeobachtung einbezogen werden. Nachbeobachtungen haben zeitnah zu erfolgen (Einhaltung des Prinzips der Gleichzeitigkeit).

Als **Sekundärdaten** der Beobachtung einer Linie sind während der Messung folgende Informationen in Feldbüchern zu dokumentieren:

- Bezeichnung der Linie, Hin- oder Rückmessung
- Personen des Messtrupps
- Justierung der Ziellinie (siehe oben)
- Messtag (Datum), Beginn und Ende (Uhrzeit)
- Lufttemperatur am Beginn und Ende
- Meteorologischen Bedingungen (Grad der Bewölkung, Wind, Niederschlag, Refraktion)
- Typ und Nummer des Messinstrumentes
- verwendete Latten
- Besonderheiten während der Messung, die Einfluss haben könnten auf das Messergebnis (zum Beispiel Kompressorarbeiten in der Nähe, Grundablass geöffnet, Schwerlastverkehr)

Die während der Messung entstehende Messdatei ist mit den logischen, von der TFW festgelegten **Punktbezeichnungen** (zum Beispiel HFP 56, HP HKG 31.3, MB 63) zu führen. Numerische Durchnummerierungen sind nicht zulässig.

Bei der Messungsausführung sind die **Netzbilder oder Stationierungsrisse** und gegebenenfalls die speziellen Feldformulare (mit Bezeichnung der Höhenpunkte) zu benutzen.

Bei der Durchführung der Messverfahren sind von den Ausführenden die einschlägigen Bestimmungen des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes zu beachten.

## **5 Sicherung und Instandhaltung der Messeinrichtung**

Für die Sicherung und Instandhaltung der Messeinrichtungen sowie die Erhaltung der ständigen Messbereitschaft ist die TFW als Betreiber der Talsperre verantwortlich. Die Messeinrichtungen sind regelmäßig zu kontrollieren in jedem Fall vor dem Beginn einer Messepoche und gegen äußere oder fremde Einwirkungen zu schützen. Dabei ist insbesondere auf das Freihalten der Nivellementwege und die Vollständigkeit der Schutzkappen, Pfeilerabdeckungen, Wechsellpunkte, Markierungen der Instrumentenstandpunkte usw. zu achten. Der Korrosionsschutz ist zu gewährleisten.

Vom Messpersonal 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**

Die Aufbereitung und Auswertung muss zu widerspruchsfreien Messergebnissen führen und nachvollziehbar sein. Die verwendeten Auswertprogramme sind zu benennen. Die Programme müssen die Rechenschärfe  $M * 10^{-5}$  realisieren.

### **6.1 Aufbereitung der Nivellementlinien**

Bei der Aufbereitung ist nach dem Muster in Anlage 1 vorzugehen. Die Aufbereitung der Linien hat folgende Angaben zu enthalten:

- Aufbereitung der Linie mit Bezeichnung der Höhen- und Wechsellpunkte, Hinweise zur Ausbildung der Wechsellpunkte, der Lattenablesungen in Rück- und Vorblick, der Zielweiten in Rück- und Vorblick
- Sekundärdaten (Datum, Uhrzeit vom Beginn und Ende, Lufttemperatur am Beginn und Ende, Adressenabschnitt in der Messdatei, meteorologische Angaben, verwendete Latten, Besonderheiten) – alles getrennt für die Hin- und Rückmessung einer Linie
- Angaben zur Justierung der Ziellinie inklusive meteorologische Bedingungen
- Zusammenstellung der Linienparameter (Summe der Höhenunterschiede von Hin- und Rückmessung, Linienwiderspruch, Anzahl der Instrumentenstandpunkte des einfachen Messweges, Summe der Zielweiten der Vor- und Rückblicke, der Streckenlängen von Hin- und Rückweg, durchschnittliche Zielweite)
- Zusammenstellung der Zielweiten und Zielweitenunterschiede (Rechenschärfe 0,1 m)



- Zusammenstellung der Widersprüche **d** der Nivellementstrecken zwischen Hin- und Rückweg mit Summenbildung (Rechenschärfe 0,01 mm)
- Übersicht zur Einhaltung des  $\frac{1}{3}$ - beziehungsweise des  $\frac{2}{3}$ -Kriteriums bezüglich des Streckenwiderspruches **d**
- Gegenüberstellung und Bewertung der zu erreichenden Genauigkeit (**s<sub>zul</sub>** inklusive deren Berechnung) und erreichten Genauigkeit der Linie (**s<sub>1km</sub>**)
- gegebenenfalls Korrekturen wegen Maßstabsfehler der Nivellierlatten anbringen
- normalorthometrische Höhenreduktion entfällt

Weiterhin sind in dieses Aufbereitungsschema wichtige Parameter der Folgemessung voranzustellen:

- Zeitraum der Messung
- Stauhöhe in der Talsperre am Beginn und am Ende der Messung sowie die durchschnittliche Stauhöhe im Messzeitraum
- Messzeitraum der stauabhängigen Linien (nur wenn die Messung länger als fünf Arbeitstage dauert)
- das verwendete Nivellierinstrument (Typ und Instrumentennummer)
- Hintergrund der Messung (zum Beispiel Folgemessung im Rahmen der Komplexmessung im Herbst eines Jahres)
- Kennzahlen des Nivellementnetzes (Gesamtlänge der Linien, Anzahl der Standpunkte, durchschnittliche Zielweite, Mittelwert und Standardabweichung, **d** und **s**, der Genauigkeit aller Strecken und Linien)

Zur Erstellung des Aufbereitungsschemas ist die Software „MS-Excel“ zu nutzen.

In das oben beschriebene Aufbereitungsschema ist als separates „MS-Excel-Tabellenblatt“ die in „MS-Excel“-Format konvertierte Messdatei einzuarbeiten. In dieses „MS-Excel-Tabellenblatt“ mit den Originaldaten sind alle Änderungen einzuarbeiten, welche an der Originalmessdatei vorgenommen werden müssen, um dieses Datenmaterial für die notwendige Ausgleichung im PANDA vorzubereiten. In diese Datei sind ebenfalls der Messtag der Hin- beziehungsweise Rückmessung der Linie aufzunehmen.

## **6.2 Zulässige Messabweichungen**

### **6.2.1 Zielweitenunterschiede**

Die Zielweiten von Vorblick und Rückblick eines Standpunktes dürfen sich nur in Ausnahmefällen um mehr als 2 m unterscheiden.

Die Instrumentenstandpunkte innerhalb der Strecken und Linien sind so zu gestalten, dass die Summen der Zielweiten aller Vorblicke mit der Summe aller Rückblicke in etwa übereinstimmen (Nachweis!).

Die Messung von Hin- und Rückweg ist so zu gestalten, dass die Zielweiten des Hin- und des Rückweges in etwa übereinstimmen (Nachweis!).

Die hier zu erbringenden Nachweise sind Bestandteil des im Abschnitt 6.1 beschriebenen Aufbereitungsschemas.

### 6.2.2 Zulässiger Streckenwiderspruch

Die Berechnung des größten zulässigen Betrages der Summe der Höhenunterschiede der Hin- und Rückmessung einer Nivellierstrecke (gilt nach Abschnitt 2.4 für  $\sigma_{1\text{km}} = 0,5 \text{ mm}$ ) erfolgt nach:

$$d_{\text{zul}} = 0,4 * \sqrt{n} \text{ [mm] bei } 1 - \alpha = 95 \%$$

$n$  = Anzahl der gemessenen Höhenunterschiede des einfachen Messweges innerhalb einer Strecke,  $n > 1$

Für die Bewertung gilt auch hier das  $\frac{1}{3}$ -Kriterium:

$$d < \frac{1}{3} * d_{\text{zul}} \text{ (gilt für 68,3 \% aller Fälle)}$$

Die hier zu erbringenden Nachweise sind Bestandteil des im Abschnitt 6.1 beschriebenen Aufbereitungsschemas.

### 6.2.3 Zulässiger Linienwiderspruch

Ermittlung der Standardabweichung der Widersprüche zwischen Hin- und Rückmessung der Strecken (Streckendifferenzen)

Die Kontrolle der vorgegebenen Genauigkeit wird durch Berechnung der erreichten Standardabweichung  $s$  in Linien ausgeführt. Die Bewertung erfolgt mit  $n_f = n_r$  Freiheitsgraden.

$$s_{1\text{km}} = \sqrt{\frac{\sum[d * d/R]}{4 * n_r}}$$

**R** Summe der Zielweiten des einfachen Messweges innerhalb einer Nivellierstrecke [km]

**d** Summe der Höhenunterschiede der Hin- und Rückmessung einer Strecke [mm]

**$\sum[d * d]$**  Summierung von  $[d * d]$  über  $n_r$ -Strecken

- n** Anzahl der Stationen des einfachen Messweges einer Strecke
- n<sub>r</sub>** Anzahl der Strecken in einer Linie
- n<sub>f</sub>** Anzahl der Freiheitsgrade; hier: Anzahl der gemessenen Nivellementstrecken einer Linie

Berechnung des zulässigen Genauigkeitsmaßes der Linie **s<sub>zul</sub>**

$$s_{1km} \leq T * \sigma = s_{zul}$$

- s<sub>1km</sub>** Standardabweichung aus Streckendifferenzen
- σ<sub>1km</sub>** Standardabweichung der Grundgesamtheit (geforderte Genauigkeit) nach Abschnitt 2.4
- T** =  $\sqrt{\frac{\chi^2}{n_f}}$  Schranken für **s** beziehungsweise **σ** entsprechend der Chiquadrat-Verteilung (Tabelle 1) in Abhängigkeit von **n<sub>f</sub> = n<sub>r</sub>**
- n<sub>r</sub>** Anzahl der Strecken einer Linie

Tabelle 1

<b>n<sub>f</sub></b>	<b>T</b>	<b>n<sub>f</sub></b>	<b>T</b>
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

Bewertung der erreichten Genauigkeit einer Linie

Beispiel:

**s<sub>1km</sub>** = 0,24 mm (erreichte empirische Standardabweichung)

**σ<sub>1km</sub>** = 0,50 mm (Genauigkeitsforderung)

**n<sub>f</sub>** = 3 (Anzahl der gemessenen Nivellierstrecken)

**s<sub>zul</sub>** = 1,61 \* 0,50 mm = 0,80 mm

**s<sub>1km</sub>** < **s<sub>zul</sub>** ergibt: Genauigkeitsforderung eingehalten

Dieser Bewertung liegt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 5 \%$  zugrunde.

Der Nachweis erfolgt in dem im Kapitel 6.1 beschriebenen Aufbereitungsschema.

#### 6.2.4 Zulässiger Schleifenwiderspruch

Auf der Basis der Nivellementlinien sind Schleifen zu bilden. Die Schleifenwidersprüche  $W$  sind anhand der gemittelten Höhenunterschiede der Linien nachzuweisen, mit dem zulässigen Schleifenwiderspruch  $W_{zul}$  zu vergleichen und zu bewerten (Anlage 2).

Berechnung des größten zulässigen Betrages der Abweichung der Summe der gemessenen Höhenunterschiede von Null nach:

$$W_{zul} = 0,2 * \sqrt{n} \text{ [mm] bei } 1 - \alpha = 95 \%$$

$n$  = Anzahl der gemessenen Höhenunterschiede des einfachen Messweges innerhalb einer Schleife

Für die Bewertung gilt auch hier das  $\frac{1}{3}$ -Kriterium:

$$W < \frac{1}{3} * W_{zul}$$

Es ist eine Zusammenstellung der Schleifenwidersprüche der Folgemessungen zu führen.

Die hier zu erbringenden Nachweise sind als separate „MS-Excel“-Tabellenblatt in die „MS-Excel“-Datei des im Abschnitt 6.1 beschriebenen Aufbereitungsschemas einzuarbeiten.

#### 6.2.5 Vereinfachte Bezugspunktkontrolle

Es ist eine vereinfachte Festpunktkontrolle des beziehungsweise der Bezugspunkte durchzuführen. Grundlage bilden die gemittelten Höhenunterschiede zwischen dem beziehungsweise den Bezugspunkten und den in der Nähe befindlichen Sicherungspunkten. Es sind die Höhenunterschiede zwischen dem Bezugspunkt und mindestens drei Sicherungspunkten zu betrachten (besser mehr). Es werden dazu die gemittelten Höhenunterschiede aus Hin- und Rückmessung verwendet (vor Ausgleich!). Eine Zusammenstellung der einzelnen Festpunktkontrollen der Folgemessungen ist nach Anlage 3 zu führen. Abschließend ist die Stabilität des oder der Bezugspunkte zu bewerten. Dabei kann eine Zeitreihendarstellung hilfreich sein beziehungsweise eine Regressionsanalyse notwendig werden.

Der größte zulässige Betrag des Widerspruches eines gemessenen, gegenüber einem vorgegebenen, Höhenunterschied zwischen zwei benachbarten Stützpunkten berechnet sich nach:

$$F_{\Delta h_{zul}} = 0,4 * \sqrt{n} \text{ [mm] bei } 1 - \alpha = 99,7 \%$$

**n** = Anzahl der gemessenen Höhenunterschiede des einfachen Messweges zwischen den benachbarten Punkten.

Wird im Rahmen der vorstehenden vereinfachten Kontrolle nachgewiesen, dass der bisherige Bezugspunkt instabil ist, muss ein neuer Bezugspunkt definiert werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, im Rahmen der freien Ausgleichung inklusive einer Deformationsanalyse, die Stabilität eines Bezugspunktes beziehungsweise eines Bezugsniveaus (mehrere Bezugspunkte) nachzuweisen (siehe auch Abschnitt 6.4.5). Die Festlegung eines neuen Bezugspunktes bedarf der Zustimmung des AG.

Die hier zu erbringenden Kontrollen sind als separate „MS-Excel“-Tabellenblatt in die „MS-Excel“-Datei des im Abschnitt 6.1 beschriebenen Aufbereitungsschemas einzuarbeiten.

### **6.3 Netzausgleichung**

Sind die (entsprechend Abschnitt 6.1 und 6.2) geforderten Nachweise erbracht, ist das Datenmaterial für eine Netzausgleichung und eventuell einer Deformationsanalyse geeignet.

Mit einer Ausgleichung wird das Ziel verfolgt,

- a) die Widersprüche im Netz nach der Methode „Summe aller Verbesserungsquadrate gleich Minimum“ zu verteilen und
- b) Angaben zur Genauigkeit sowohl der Folgemessung insgesamt als auch der einzelnen Punkthöhen (punktbezogene Genauigkeit) zu erhalten.

Die Netzausgleichung (inklusive eventueller Deformationsanalyse) hat mit dem Programmpaket „PANDA“ zu erfolgen.

Die Netzauswertung sollte so einfach wie möglich erfolgen. Deshalb ist die Variante Ausgleichung ohne Auffelderung mit nur einem Bezugspunkt und vorangegangener vereinfachter Bezugspunktkontrolle zu bevorzugen. Die Netzauswertung muss zu widerspruchsfreien Ergebnissen führen und nachvollziehbar sein.

#### **6.3.1 Ausgleichung ohne Auffelderung**

Die Netzausgleichung erfolgt als Höhennetz ohne Auffelderung auf den alleinigen Bezugspunkt der Bezugsepoche nach Abschnitt 6.3. Eine Deformationsanalyse wird in diesem Fall nicht notwendig, da die Stabilität des Bezugspunktes vorab mittels vereinfachter Festpunktkontrolle nachgewiesen wurde.

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 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. Die ausgeglichenen Höhen ändern sich dadurch nicht.

### 6.3.2 Ausgleichung mit Auffelderung

#### Freie Ausgleichung mit Auffelderung

Die Netzausgleichung erfolgt zunächst als „Freies Höhennetz mit Auffelderung“ auf die als Stützpunkte ausgewählten Bezugspunkte der Bezugsepoche. Das nach der freien Netzausgleichung vorliegende Datenmaterial ist die Grundlage für eine Deformationsanalyse. Mit deren Hilfe ist es möglich die Stabilität der oben genannten Stützpunkte nachzuweisen beziehungsweise im Umkehrschluss alle als verschoben erkannten Stützpunkte von der Lagerung auszuschließen. Alle als bewegt nachgewiesenen Stützpunkte verlieren ihren Status als Bezugspunkt. Verschobene Stützpunkte sind im Sinne eines Objektpunktes bei der erneuten Ausgleichung in das Netz einzuschalten. Gleichzeitig kann es notwendig sein, hinsichtlich des Erhaltes der Netzlagerung (Netzkonfiguration) neue Bezugspunkte einzuführen. Die Restklaffungen an den Stützpunkten sind zur Beurteilung der Höhenstabilität zu verwenden.

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 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 ausgeglichenen Höhen ändern sich dadurch nicht.

#### Deformationsanalyse

Die Deformationsanalyse ist grundsätzlich in den Schritten Rückwärtsstrategie mit anschließender Vorwärtsstrategie auszuführen. Bei der Rückwärtsstrategie werden alle Stützpunkte schrittweise auf Stabilität in absteigender Reihenfolge des Betrages ihrer Klaffung geprüft. Das verbleibende Netz wird solange erneut getestet bis sich keine signifikanten Klaffungen mehr ergeben, das heißt bis alle verbleibenden Punkte als stabil getestet worden sind. Die als bewegt getesteten Punkte werden damit als Stützpunkte ausgeschlossen und erhalten den Status eines Objektpunktes. In der Vorwärtsstrategie werden schrittweise die vorher ausgeschlossenen Stützpunkte (aktueller Status: Objektpunkt) mit der jeweils geringsten Klaffung als stabil betrachtet und gegebenenfalls wieder den Stützpunkten hinzugefügt. Das Verfahren wird abgebrochen, sobald sich signifikante Klaffungen an einem der Objektpunkte (ursprünglicher Stützpunkt) ergeben.

#### Ausgleichung unter Zwang

Die endgültig ausgeglichenen Höhen aller Punkte der Messepoche werden durch Ausgleichung als angeschlossenes Höhennetz unter Zwang berechnet. Grundsätzlich können als Bezugspunkte die in der Deformationsanalyse als stabil getesteten Stützpunkte (Bezugsniveau) verwendet werden. Von diesem Grundsatz kann gegebenenfalls abgewichen werden (zum Beispiel Erhalt oder Änderung der Netzkonfigu-

ration beziehungsweise des Bezugsniveaus, Grenzwertbetrachtungen bei Punktverschiebungen mit nicht eindeutiger Signifikanz). Festlegungen dazu sind gemeinsam zwischen Auftragnehmer und TFW zu treffen.

### 6.3.3 Genauigkeitsmaße des PANDA

Das Programmpaket PANDA liefert Genauigkeitsangaben, die in dem Textteil des Messberichtes aufzuführen und zu bewerten sind:

- angepasstes  $s_{\text{BEO}}$  – Wert für die Gruppenstandardabweichung beziehungsweise den Faktor  $s_0$  bei gemessenen Höhen
- punktbezogene Genauigkeit für jeden Höhenpunkt bezogen auf (eine) Standardabweichung  $s_H$  ( $P = 68,3 \%$ ) inklusive der zugehörigen oberen und unteren Grenze

Hinweis: Der genaue Lieferumfang hinsichtlich der punktbezogenen Genauigkeit ist im Kapitel 7 beschrieben.

Es ist eine Zusammenstellung der PANDA-Genauigkeitsmaße der Folgemessungen zu führen.

## 7 Dokumentation der Messepoche im Messbericht

Jede Messung einer Messepoche ist in einem Messbericht zu dokumentieren. Der Messbericht ist falls nichts anderes festgelegt als Leseexemplar und in digitaler Form (mit den Original-Auswertedateien) zu übergeben. Die Messung und die übergebenen Mess- und Ergebnismesswerte sind im Messbericht zu erläutern und messtechnisch zu bewerten.

Die 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 im Original dem Messbericht beizulegen.

Der Messbericht muss beinhalten:

- Erläuterungsbericht (Textteil) mit messtechnischer Bewertung
- Zusammenstellung der Messwerte und Sekundärdaten inklusive der Aufbereitung des Datenmaterials bis zum Nachweis der Eignung für eine Ausgleichung beziehungsweise Deformationsanalyse nach Abschnitt 6.1 und Anlagen 1 bis 3
- Zusammenstellung und Genauigkeitsnachweise der Linien/Schleifen sowie der Festpunkt- oder sonstiger Kontrollen nach Abschnitt 6.1 und 6.2 sowie Anlagen 1 bis 3

- die skizzierte Darstellung der durchgeführten Nivellement-Netzskizze (Messwege, Fest- und Objektpunkte, Gültigkeit für FM ..., ...)
- die Stationierungsrisse, solange ohne feste Wechsellpunktvermarkung gemessen wird
- 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 Nivellierlatten nach Kapitel 4.2 inklusive Bewertung
- Es ist eine umfassende Legende für die Begriffe und Kurzzeichen des Programmpaketes PANDA beizufügen.
- Messbericht komplett auf CD, jedem Leseexemplar beigelegt

Nachfolgende Übersicht enthält die in digitaler Form und/oder als Leseexemplar zu liefernden Informationen:

	analog (als Leseexemplar)	digital (auf Datenträger)
Textteil des Messberichtes	x	x
Netzskizzen	x	x
Feldformulare der Sekundärdaten	x	÷
MS-Excel-Datei „Aufbereitung“	÷	x
Tabellenblatt „Bezugspunktkontrolle“	x	x
Tabellenblatt „Schleifenwidersprüche“	x	x
Originale Messdatei (unkorrigiert)	÷	x
Originale Messdatei (korrigiert)	x	x
PANDA-.fbn-Datei (Feldbuch-Datei)	÷	x
PANDA-.onr-Datei (Linien-Datei)	x	x
PANDA-.onk-Datei (Aufbereitungsdatei)	÷	x
PANDA-.o1a-Datei (Ausgleichungsdatei)	x	x
(gilt für die freie Ausgleichung als auch für die Ausgleichung unter Zwang)		
PANDA-.o1d-Datei (Defo-Analysedatei)	x	x
PANDA-.kls-Datei (EW-Datei)	x	x
MS-Excel-Datei „pkt.-bezogene Genauigkeit“	x	x
MS-Excel-Datei „Ergebniswerte“	x	x
MS-Excel-Datei „Ziellinienfehler“	÷	x
Panda-Handbuch (verwendete Version)	÷	x

In der „Korrigierten Messdatei“ sind alle Änderungen an den Messdaten erkenntlich zu machen und zu kommentieren (zum Beispiel Korrektur der Lattenablesungen und Zielweiten wegen einer Nachmessung).

Die Datei „Punktbezogene Genauigkeit“ muss von Folgemessung (FM) zu FM mit den Daten der aktuellen FM ergänzt werden und folgende Angaben enthalten:



- ausgeglichene Höhen aller Punkte mit ihrer oberen und unteren Grenze (entspricht der Abweichung nach oben und unten für eine Standardabweichung – entspricht  $P = 68,3 \%$ ) sowie den Abweichungen nach oben und unten
- Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum aus allen Abweichungen
- Übersicht zu den analogen Daten der vorangegangenen Folgemessungen

Die Datei „Ergebniswerte“ enthält das komplette Höhenverzeichnis und die Differenzen zur Bezugsmessung.

Die Datei „Ziellinienfehler“ enthält Datum und Nummerierung der Justierung, Ziellinienfehler und -korrektur, Lufttemperatur während der Ziellinienjustierung, Ort der Justierstrecke und FM der Vertikalverschiebungsmessung (VVM), in der die Ziellinienjustierung vorgenommen wurde.

Die analogen Daten sind als Anlagen dem Messbericht beizufügen. Die Dokumentation ist termingerecht (drei Wochen nach Ende der Messung) und vollständig an den Auftraggeber zu übergeben.

Die Messergebnisse (Punkthöhen und Höhendifferenzen gegenüber der festgelegten Bezugsepoche) sind in Ergebnistabellen, gegebenenfalls mit zusätzlich vereinbarten graphischen Darstellungen zu übergeben.

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

Ende der Eintragungen

#### **Anlagen** (Muster)

Anlage 1 – Aufbereitung der Linien, Genauigkeitsbewertung der Strecken und Linien

Anlage 2 – Zusammenstellung, Kontrolle und Bewertung der Schleifenwidersprüche

Anlage 3 – Vereinfachte Festpunktkontrolle; Genauigkeitsangaben zu den Folgemessungen

TS Musterbach,Vertikalverschiebungsmessung FM 19 im Rahmen der vollständigen Komplexmessung im Herbst 2010

Zeitraum:	a) vom 29.10.2010 (Beckenpegel = 234,81 mHN) bis 12.11.2010 (Beckenpegel = 234,93 mHN) - Ø Beckenpegel = 234,80 mHN b) Die 'stauabhängigen' und 'temperaturabhängigen' Linien wurden vom 01.11. bis 05.11.2010 gemessen (Ø Beckenpegel = 234,76 mHN). c) Die Erkundungsstollen A bis F wurden in dieser Woche nicht mit gemessen.		
Instrument:	DINI 12 Nr. 709 456 A		
Bemerkungen:	a) 1. vollständige Komplexmessung nach der Ende des Probestaues b) Die Messungen vor Ort wurden durch Herrn M. Ustermann als Messtruppführer durchgeführt. c) Vor der VVM FM 19 war das DINI 12 Nr. 709 456 A zur Wartung (im Juni 2010). Es wurde u. a. die Ziellinie werksseitig neu eingestellt!		
Anschluss:	alleiniger Höhenbezugspunkt: HFP 71 = 148,34926 mHN (Der alleinige Höhenbezugspunkt HFP 60 wurde in der VVM FM 12 als beweglich festgestellt!)		

Kennzahlen VVM FM 19:	Länge aller Linien (ohne ZB's):	10874,64 m	Anzahl der Linien:	.....
	Instrumentenstandpunkte:	786 Stück	1/3- bzw. 2/3-Kriterium eingehalten:	.....
	Durchschnittliche Zielweite (ohne ZB's):	6,92 m	1/3- bzw. 2/3-Kriterium nicht eingehalten:	.....
Erreichte Genauigkeiten:	Mittelwert aller Widersprüche der Strecken:	0,13 mm	Anzahl der Strecken:	.....
			1/3-Kriterium eingehalten:	.....
			2/3-Kriterium eingehalten:	.....
			2/3-Kriterium nicht eingehalten:	.....

Hinweis zur Genauigkeitsbetrachtung

$d < \frac{1}{3} * d_{zulässig}$	→ Messergebnisse gut
$\frac{1}{3} * d_{zulässig} \leq d < \frac{2}{3} * d_{zulässig}$	→ Messergebnisse befriedigend / ausreichend
$\frac{2}{3} * d_{zulässig} \leq d < d_{zulässig}$	→ Messergebnisse schlecht aber zulässig
a) Der Bereich $\frac{2}{3} * d_{zulässig} \leq d < d_{zulässig}$ darf nur in Ausnahmefällen in Anspruch genommen werden!	
b) Diese Regelung gilt analog für die Schleifenwidersprüche.	

Linie 1 - von HFP 71 (Brücke Abgabepegel über HPF 50 (Medienbauwerk), HFP 13 und HFP 56 bis HP 9301 (am Beobachtungspfeiler 9300) und zurück

Hinmessung

Messungsdurchführende:	M. Ustermann, B. Eispieler	Auswertung:	Z. Ucker
Datum (Adresse):	29.10.2010, Beginn 09:55, Ende 11:10 Uhr (Messdatei: ab Adresse 58 bis 157)		
Messbedingungen:	wolkenlos, Mssg. im Schatten; T <sub>Beginn</sub> = +4,1°C, T <sub>Ende</sub> = +5,6°C		
Prüfung Ziellinie nach Förstner:	29.10.2010, 09:25 Uhr, Prüfstrecke Mauerkrone; mit 3-Meter-Latte Nr. 19.432 T = +7,4°C, c = 11,1" / Δc = +3,9"		
verwendete Latten:	3-Meter-Latte Nr. 19.432 für alle Aufstellungen		
Bemerkungen:	a) im Bereich von HFP 12-3 bis HFP 20-6 enorme Refraktion, Mehrfachmessungen durchgeführt b) Grundablässe während der Messung geschlossen		

Streckenendpunkte	Rückblick	Vorblick	Δh <sub>hin</sub>	Kontrolle 2-Meter-Kriterium		
				r <sub>rück</sub> in m	r <sub>vor</sub> in m	Δr =   r <sub>rück</sub> - r <sub>vor</sub>   in m
HFP 71	1,88421			8,698		
HFP 50	0,12042	0,30312	1,58109	16,762	7,523	1,175
WP 1 (Nagel im Asphalt)	1,24631	1,70419	-1,58377	17,189	16,711	0,051
WP 2 (Nagel im Asphalt)	1,16614	1,72680	-0,48049	17,556	17,221	0,032
WP 3 (Nagel im Asphalt)	1,11807	1,82973	-0,66359	17,349	17,526	0,030
HP 9901	1,50237	1,80200	-0,68393	7,065	17,388	0,039
HP 9902 (digit. Zwischenblick)	1,49948	1,49949	0,00288	6,529	6,528	0,537
HP 9903 (digit. Zwischenblick)	1,57398	1,57398	-0,07450	6,916	6,917	0,388
HP 9904 (digit. Zwischenblick)	1,58867	1,58869	-0,01471	7,365	7,364	0,448
HP 9908 (digit. Zwischenblick)	1,45837	1,45837	0,13030	7,207	7,208	0,157
HP 9907 (digit. Zwischenblick)	1,46274	1,46274	-0,00437	6,509	6,508	0,699
HP 9906 (digit. Zwischenblick)	1,57481	1,57480	-0,11206	6,812	6,804	0,295
HP 9905	1,99508	1,58764	-0,01283	13,073	7,242	0,177
WP 4 (KB auf Leitplanke)	1,97597	2,27933	-0,28425	19,017	13,908	0,835
HFP 12-3	0,65581	0,65585	1,32012	16,509	16,508	2,509
WP 5 (KB bei KWBR 14)	0,62759	1,97602	-1,32021	12,339	19,048	2,539
WP 6 (Nagel in Bord)	1,52308	2,20450	-1,57691	12,072	11,675	0,664
HFP 20-6	1,79406	1,79406	-0,27098	12,112	12,113	0,041
WP 7 (HP im Fels)	2,23398	1,52309	0,27097	11,826	12,067	0,045
WP 8 (KB bei KWBR 19)	1,67831	0,65711	1,57687	6,874	12,237	0,411
WP 9 (Nagel im Asphalt)	2,31276	0,76072	0,91759	7,572	8,259	1,385
WP 10 (Nagel im Asphalt)	2,43460	0,77172	1,54104	10,918	7,933	0,361
WP 11 (Nagel im Asphalt)	2,78113	0,45501	1,97959	10,357	10,763	0,155
WP 12 (Nagel im Asphalt)	2,82460	0,37820	2,40293	10,321	10,49	0,133
WP 13 (Nagel im Asphalt)	2,85022	0,41513	2,40947	11,279	10,558	0,237
WP 14 (Nagel im Asphalt)	2,77629	0,48659	2,36363	11,208	11,491	0,212
WP 15 (Nagel im Asphalt)	2,44784	0,56632	2,20997	8,041	11,244	0,036
WP 16 (Nagel im Asphalt)	2,69844	0,81863	1,62921	10,036	8,146	0,105
WP 17 (Nagel im Asphalt)	2,26884	0,56575	2,13269	6,595	10,389	0,353
HP 9301 (am Pfeiler 9300)		0,38475	1,88409		6,911	0,316

2 Verstöße

Summe aller Höhenunterschiede Hinmessung [m]	17,26984
Summe R <sub>rück</sub> Hinmessung (ohne ZB's) [m]	274,77
Summe R <sub>vor</sub> Hinmessung (ohne ZB's) [m]	277,35
Differenz zw. ΣR <sub>rück</sub> und ΣR <sub>vor</sub> der Hinmessung [m]	2,58
Anzahl der Instrumentenstandpunkte	29
Anzahl der Zwischenblicke	6

### Kontrolle Streckenwidersprüche Linie 1

### 1) zulässiger Streckenwiderspruch $s_{\text{zulässig}}$

$$d_{\text{zulässig}} = 0,4 \cdot \sqrt{n}$$

(bei  $\sigma_{1\text{km}} = 0,5 \text{ mm}$ )

**n** = Anzahl der Instr.-standpunkte der Strecke

Beispiel für  $n = 10$ :

$$d_{\text{zulässig}} = 0,4 \text{ mm} * \sqrt{10} = 1,26 \text{ mm}$$

Anwendung des  $\frac{1}{3}$ -Kriteriums: 0,42 mm

## 2) erreichte Genauigkeit d

$$d = \Delta h_{\text{hin}} + \Delta h_{\text{rück}} \text{ (streckenbezogen)}$$

**d** = Summe eines Höhenunterschiedes aus Hin- und Rückmessung in mm

**R** = Summe aller Zielweiten des einfachen Messweges ohne Zwischenblicke in km

11

08.11.2010, Beginn 07:50, Ende 09:00 Uhr (in Messdatei: ab Adresse 2097 bis 2191)

bedeckt, windstill;  $T_{\text{Beginn}} = +2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{Ende}} = +4,9^{\circ}\text{C}$ 

08.11.2010, 07:30 Uhr, Prüfstrecke Mauerkrone; mit 3-Meter-Latte Nr. 19.432

3-Meter-Latte Nr. 19.432 für alle Aufstellungen

a) deutlich erhöhte Refraktion im Bereich **HFP 20** und **HFP 21** und bei allen Aufstellungen

b) LKW-Verkehr während der Messung

# Anlage 1 - Blatt 2

## VVM FM 19 (November 2010) - Prüfung der Schleifenwidersprüche (Widersprüche vor Ausgleichung)

Widerspruch in der Schleife XX: HFP 71 / Talaue bis Brücke / Straße rechter Hang/ Pfeiler 9300 /  
HKG rechter Hang bis HFP 14 / Mauerkrone bis HFP 15.2 / HKG linker Hang / MZG Feld 18 bis HFP 91)

Abschnitt der Schleife	$\Delta h$ in m (Mittelwert aus Hin- und Rückmessung)	n	zulässiger Widerspruch in mm $w_{zul} = 0,2 \cdot \sqrt{n}$ ( $\frac{1}{3} \times w_{zul} = 0,93 \text{ mm}$ )
von <b>HFP 71</b> nach <b>HP 9301</b> (Linie 12b)	17,26987	29	
von <b>HP 0221</b> nach <b>HP HKG 24.2</b> (Linie 3a)	18,93730	24	
von <b>HP HKG 24.2</b> nach <b>HP HKG 30.3</b> (Linie 200)	39,13016	19	
von <b>HP HKG 30.3</b> nach <b>HFP 14</b> (Linie 19)	25,83275	14	
von <b>HFP 14</b> über MK nach <b>HFP 25</b> (Linie 2c)	-4,92140	45	
von <b>HFP 25</b> nach <b>HP HKG 5.1</b> (Linie 132)	-21,78731	11	
von <b>HP HKG 5.1</b> nach <b>HP HKG 11.2</b> (Linie 9)	-34,01603	13	
von <b>HP HKG 11.2</b> nach <b>HP MZG 18.1</b> (Linie 25)	-35,74953	15	
von <b>HP MZG 18.1</b> nach <b>HFP 71</b> (Linie 27)	-4,69525	26	
<hr/>			
<b>w<sub>SchleifeXX</sub></b> - Widerspruch am <b>HFP 71</b> [mm]:	<b>0,58</b>	<b>&lt;&lt;</b>	<b>2,80</b>
$\Sigma$ aller Instrumentenstandpunkte:		<b>196</b>	

**Genauigkeitsbetrachtung Schleife XX: Genauigkeitsforderung eingehalten!**

## Zusammenstellung der Widersprüche in der Schleife XX seit VVM FM 9

Schleife XX (HFP 6 später HFP 17 / Talaue bis Brücke / Straße rechter Hang / HKG rechter Hang bis HFP 14 / Mauerkrone bis HFP 15.2 / HKG linker Hang / MZG Feld 18 bis HFP 6 bzw. HFP 17)

	$w_{\text{SchleifeXX}}$	$w_{\text{zul}}$	$\frac{1}{3} \times w_{\text{zul}}$		n	<u>von FM 9 bis FM 18:</u>		
VVM FM 9 (März 2006)	-0,24	2,72	0,91	mm	185	Mittelwert (I):	-0,11	mm
VVM FM 10 (August 2006)	0,32	2,61	0,87	mm	170	(Mittel der $w_{\text{SchleifeXX}}$ )		
VVM FM 11 (November 2006)	0,65	2,71	0,90	mm	184	Stabw:	0,56	mm
VVM FM 12 (Juni 2007)	0,06	2,72	0,91	mm	185			
VVM FM 13 (Januar 2008)	0,42	2,71	0,90	mm	184	Mittelwert (II):	0,44	mm
VVM FM 14 (Juni 2008)	0,17	2,71	0,90	mm	184	(Mittel der Absolutwerte von $w_{\text{SchleifeXX}}$ )		
VVM FM 15 (November 2008)	-0,83	2,73	0,91	mm	186			
VVM FM 16 (Mai 2009)	-1,15	2,66	0,89	mm	177			
VVM FM 17 (Dezember 2009)	-0,20	2,68	0,89	mm	179			
VVM FM 18 (April 2010)	-0,31	2,80	0,93	mm	196			
VVM FM 19 (November 2010)	0,58	2,80	0,93	mm	196			

Bemerkung: -1,15 Widerspruch größer als  $\frac{1}{3} \times w_{\text{zul}}$

## Ergebnis der Prüfung der Schleifenwidersprüche VVM FM 19 (VVM während der Vollstauphase)

- Der Schleifenwiderspruch fällt geringer aus als  $\frac{1}{3} \times w_{\text{zul}}$ !
- Die Messwerte der VMM FM 19 können zur Ausgleichung freigegeben werden!

gez. Z. Ucker (15. November 2010)

## Vereinfachte Kontrolle der Stabilität von HFP 71 (Werte vor Ausgleichung)

<u>Übersicht zu den Messungsterminen</u>		<u>Beckenpegel</u>	<u>Bemerkungen</u>
VVM FM 9	März 2006	~ 196,60 mHN	halbjährliche Messung, KMv
VVM FM 10	August 2006	~ 211,60 mHN	halbjährliche Messung, KMv
VVM FM 11	November 2006	~ 212,50 mHN	VH 2, KMv
VVM FM 12	Juni 2007	~ 226,90 mHN	VH 3, KMv
VVM FM 13	Januar 2008	~ 230,10 mHN	halbjährliche Messung, KMv
VVM FM 14	Juni 2008	~ 234,50 mHN	halbjährliche Messung, KMv
VVM FM 15	Nov./Dez. 2008	~ 233,45 mHN	halbjährliche Messung, KMv
VVM FM 16	Mai 2009	~ 236,01 mHN	VH 4 - Betriebstauphase, KMv
VVM FM 17	Nov./Dez. 2009	~ 236,01 mHN	halbjährliche Messung, KMv
VVM FM 18	April 2010	~ 241,01 mHN	VH 5 - Vollstauphase, KMv
VVM FM 19	November 2010	~ 234,80 mHN	halbjährliche Messung, KMv

<u>Übersicht zu den Genauigkeitsparameter nach der Ausgleichung</u>				
	Standardabweichung $S_{BEO}$	punktbezogene Genauigkeit (mit $p = 68,3 \%$ )		
		Mittelwert	Maximum aller Einzelabweichungen	
VVM FM 5	1,29 mm/km	0,23 mm	0,55 mm	
VVM FM 6	0,94 mm/km	0,34 mm	0,51 mm	
VVM FM 7	0,83 mm/km	0,30 mm	0,34 mm	
VVM FM 8	0,84 mm/km	0,30 mm	0,34 mm	
VVM FM 9	0,42 mm/km	0,17 mm	0,24 mm	ab FM 9 - Einbeziehung des Invarstabes
VVM FM 10	0,38 mm/km	0,13 mm	0,21 mm	
VVM FM 11	0,38 mm/km	0,14 mm	0,27 mm	
VVM FM 12	0,41 mm/km	0,15 mm	0,31 mm	
VVM FM 13	0,40 mm/km	0,15 mm	0,29 mm	
VVM FM 14	0,43 mm/km	0,16 mm	0,25 mm	
VVM FM 15	0,43 mm/km	0,16 mm	0,31 mm	
VVM FM 16	0,60 mm/km	0,22 mm	0,45 mm	
VVM FM 17	0,50 mm/km	0,18 mm	0,37 mm	
VVM FM 18	0,42 mm/km	0,15 mm	0,32 mm	
VVM FM 19	0,43 mm/km	0,16 mm	0,33 mm	

# 1) Sicherungspunkte für HFP 71 (Konfidenzniveau = 99,7 %!)

## 1.1 HFP 71 zu HP S71 (KB in Sohlschwelle)

Kontrolle von HFP 71 über $\Delta h_{\text{HFP71/HP S71}}$				Mittel $\Delta h$ [m]:	-0,15494
Hinweise:		+ HFP 71 liegt 0,15m tiefer als HP S71		Mittelwert $\Delta z$ [mm]:	0,22
		+ 1 Aufstellung		Stabw $\Delta z$ [mm]:	0,12
	HIN [m]	RÜCK [m]	Mittel $\Delta h$ [m]	$\Delta z$ [mm]	d [mm]
FM 9	-0,15497	-0,15536	-0,15517	0,00	0,39
FM 10	-0,15502	-0,15513	-0,15508	0,09	0,11
FM 11	-0,15500	-0,15496	-0,15498	0,18	0,04
FM 12 (NM)	-0,15503	-0,15495	-0,15499	0,17	0,08
FM 13	-0,15467	-0,15481	-0,15474	0,43	0,14
FM 14	-0,15503	-0,15481	-0,15492	0,25	0,22
FM 15	-0,15486	-0,15491	-0,15489	0,28	0,05
FM 16	-0,15494	-0,15467	-0,15481	0,36	0,27
FM 17	-0,15491	-0,15493	-0,15492	0,24	0,02
FM 18	-0,15488	-0,15497	-0,15493	0,24	0,09
FM 19	-0,15508	-0,15502	-0,15505	0,12	0,06
$F_{\Delta h_{\text{zul}}} = 0,4 \text{ mm} \times \sqrt{n} = 0,4 \text{ mm} \times \sqrt{1} =$				0,40	mm

Bezug

**Bewertung:**  
Stabilität von HFP 71 gegeben!

## 1.2 HFP 71 zu HFP 32

Kontrolle HFP 71 über $\Delta h_{\text{HFP71/HFP32}}$				Mittel $\Delta h$ [m]:	-2,46407
Hinweise:		+ HFP 71 liegt 2,46 m tiefer als HFP 32		Mittelwert $\Delta z$ [mm]:	-0,08
		+ 3 Aufstellungen		Stabw $\Delta z$ [mm]:	0,12
		+ $F_{\Delta h_{\text{zul}}} = 0,39 \text{ mm} \times \sqrt{n} = 0,68 \text{ mm}$			
	HIN [m]	RÜCK [m]	Mittel $\Delta h$ [m]	$\Delta z$ [mm]	d [mm]
FM 13 (Mssg. 1)	-2,46400	-2,46393	-2,46397	0,03	0,07
FM 13 (Mssg. 2)	-2,46408	-2,46397	-2,46403	-0,03	0,11
FM 14 (Mssg. 1)	-2,46395	-2,46373	-2,46384	0,15	0,22
FM 14 (Mssg. 2)	-2,46407	-2,46378	-2,46393	0,07	0,29
FM 15 (Mssg. 1)	-2,46420	-2,46413	-2,46417	-0,17	0,07
FM 15 (Mssg. 2)	-2,46404	-2,46402	-2,46403	-0,04	0,02
FM 16 (Mssg. 1)	-2,46442	-2,46398	-2,46420	-0,21	0,44
FM 16 (Mssg. 2)	-2,46407	-2,46416	-2,46412	-0,12	0,09
FM 17 (Mssg. 1)	-2,46416	-2,46443	-2,46430	-0,30	0,27
FM 17 (Mssg. 2)	-2,46414	-2,46412	-2,46413	-0,14	0,02
FM 18 (Mssg. 1)	-2,46406	-2,46403	-2,46405	-0,05	0,03
FM 18 (Mssg. 2)	-2,46398	-2,46407	-2,46403	-0,03	0,09
FM 18.1	-2,46409	-2,46425	-2,46417	-0,18	0,16
FM 19 (Mssg. 1)	-2,46419	-2,46421	-2,46420	-0,21	0,02
FM 19 (Mssg. 2)	-2,46424	-2,46430	-2,46427	-0,28	0,06
$F_{\Delta h_{\text{zul}}} = 0,4 \text{ mm} \times \sqrt{n} = 0,4 \text{ mm} \times \sqrt{3} =$				0,69	mm

HFP 32 kann als konsolidiert gelten!

Bezug  
Bezug

**Bewertung:**  
Stabilität von HFP 71 gegeben!



### 1.3 HFP 71 zu HFP 3b

Kontrolle von HFP 71 über $\Delta h_{\text{HFP71/HFP3b}}$					
Hinweise:			Mittel $\Delta h$ [m]: -30,26399		
+ HFP 71 liegt 30,26 m tiefer			Mittelwert $\Delta z$ [mm]: 0,01		
als HFP 3b			Stabw $\Delta z$ [mm]: 0,35		
+ 15 Aufstellungen					
	HIN [m]	RÜCK [m]	Mittel $\Delta h$ [m]	$\Delta z$ [mm]	d [mm]
FM 9	-30,26268	-30,26284	-30,26276	1,24	0,16
FM 10	-30,26364	-30,26436	-30,26400	0,00	0,72
FM 11	-30,26444	-30,26450	-30,26447	-0,47	0,06
FM 12	-30,26415	-30,26290	-30,26353	0,47	1,25
FM 13	-30,26369	-30,26442	-30,26406	-0,05	0,73
FM 14	-30,26362	-30,26361	-30,26362	0,38	0,01
FM 15	-30,26405	-30,26482	-30,26444	-0,44	0,77
FM 16	-30,26305	-30,26417	-30,26361	0,39	1,12
FM 17	-30,26415	-30,26432	-30,26424	-0,23	0,17
FM 18	-30,26399	-30,26401	-30,26400	0,00	0,02
FM 19	-30,26427	-30,26383	-30,26405	-0,05	0,44
$F_{\Delta h_{\text{zul}}} = 0,4 \text{ mm} \times \sqrt{n} = 0,4 \text{ mm} \times \sqrt{15} =$				1,55	mm

Bezug nicht angenommen

Bezug

Bewertung:

Stabilität von HFP 71 gegeben!

### 1.4 HFP 71 zu Festpunktpfeiler 9300 mit HP 9301

Kontrolle HFP 71 über $\Delta h_{\text{HFP71/HP9301}}$					
Hinweise:			Mittel $\Delta h$ [m]: -17,26834		
+ HFP 71 liegt 17,27 m tiefer			Mittelwert $\Delta z$ [mm]: -0,67		
als HP 9301			Stabw $\Delta z$ [mm]: 0,51		
+ 27 Aufstellungen					
	HIN [m]	RÜCK [m]	Mittel $\Delta h$ [m]	$\Delta z$ [mm]	d [mm]
FM 9 = Bezug	-17,26779	-17,26755	-17,26767	0,00	0,24
FM 10	-17,26755	-17,26823	-17,26789	-0,22	0,68
FM 11	-17,26787	-17,26850	-17,26819	-0,52	0,63
FM 12	-17,26852	-17,26755	-17,26804	-0,37	0,97
FM 13	-17,26833	-17,26800	-17,26817	-0,50	0,33
FM 14	-17,26843	-17,26816	-17,26830	-0,63	0,27
FM 15	-17,26799	-17,26897	-17,26848	-0,81	0,98
FM 16	-17,26840	-17,26815	-17,26828	-0,61	0,25
FM 17	-17,26924	-17,26911	-17,26918	-1,51	0,13
FM 18	-17,26904	-17,26946	-17,26925	-1,58	0,42
FM19	-17,26984	-17,26990	-17,26987	-2,20	0,06
$F_{\Delta h_{\text{zul}}} = 0,4 \text{ mm} \times \sqrt{n} = 0,4 \text{ mm} \times \sqrt{27} =$				2,08	mm

Bestätigung des Trends

(Ursache der Bewegung:  
AKR/SEB im Pfeiler 9300)

Bewertung: Über Pfeiler 9300 keine  
Einschätzung der Stabilität von  
HFP 71 möglich, da Pfeiler 9300 von  
AKR-/SEB-Bildung betroffen ist und  
deswegen Bewegungen unterliegt!

## 2) Bewertung der Stabilität von HFP 71

a) Ungeachtet der Instabilität von HP 9301 ist die Stabilität von HFP 71 gegeben!

b) HFP 71 kann als alleiniger Höhenbezugspunkt zur Ausgleichung  
der VVM FM 19 mit 148,34926 mHN genutzt werden!

gez. Z. Ucker (12.11.2010)



## Nivellement-Linien im Außenbereich

### t-Linien im Außenbereich

#### Lageplan

The map shows a topographic area with contour lines ranging from 360 to 520 meters. A river flows through the center. Several buildings and structures are marked, including 'Mauerzugang 1' through 'Mauerzugang 4' and 'Invarstab oben'. A network of leveling lines (Linie 1 to 15) is plotted, connecting various points. The points are categorized as follows:

- Höhenfestpunkt, Sicherungspunkt:** Represented by a circle with a cross (⊗).
- Festpunktpfeiler:** Represented by a circle with a dot (⊙).
- Objektpunkt:** Represented by an open circle (○).

Key points and lines include:

- Points:** HFP 1, 3, 5, 6, 9, 12.1, 14, 15.1, 15.2, 15.3, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 2900, 2400, 2600, 2700, 2800, 3000, 3100, 3200, 4100, 0901, 0902, 0801, 0281, 0081, 0098, 0099, 0097, 0096, 0095, 0094, 0093, 0092, 0091, 0090, 0089, 0088, 0087, 0086, 0085, 0084, 0083, 0082, 0081, 0080, 0079, 0078, 0077, 0076, 0075, 0074, 0073, 0072, 0071, 0070, 0069, 0068, 0067, 0066, 0065, 0064, 0063, 0062, 0061, 0060, 0059, 0058, 0057, 0056, 0055, 0054, 0053, 0052, 0051, 0050, 0049, 0048, 0047, 0046, 0045, 0044, 0043, 0042, 0041, 0040, 0039, 0038, 0037, 0036, 0035, 0034, 0033, 0032, 0031, 0030, 0029, 0028, 0027, 0026, 0025, 0024, 0023, 0022, 0021, 0020, 0019, 0018, 0017, 0016, 0015, 0014, 0013, 0012, 0011, 0010, 0009, 0008, 0007, 0006, 0005, 0004, 0003, 0002, 0001.
- Lines:** Linie 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.
- Other:** Mauerzugang 1, 2, 3, 4, Invarstab oben, Straße von Unterweißbach.

**Legende:**

- ⊗ Höhenfestpunkt, Sicherungspunkt
- ⊙ Festpunktpfeiler
- Objektpunkt

Die Linien 8 und 9 werden nur bei einer Folge-messung zur Beobachtung des geodätischen Sondernetzes gemessen.

Anlage C.1-2 Blatt 1

Knotenpunkt Linie 6/Linie 8/  
Linie 15: HFP 14

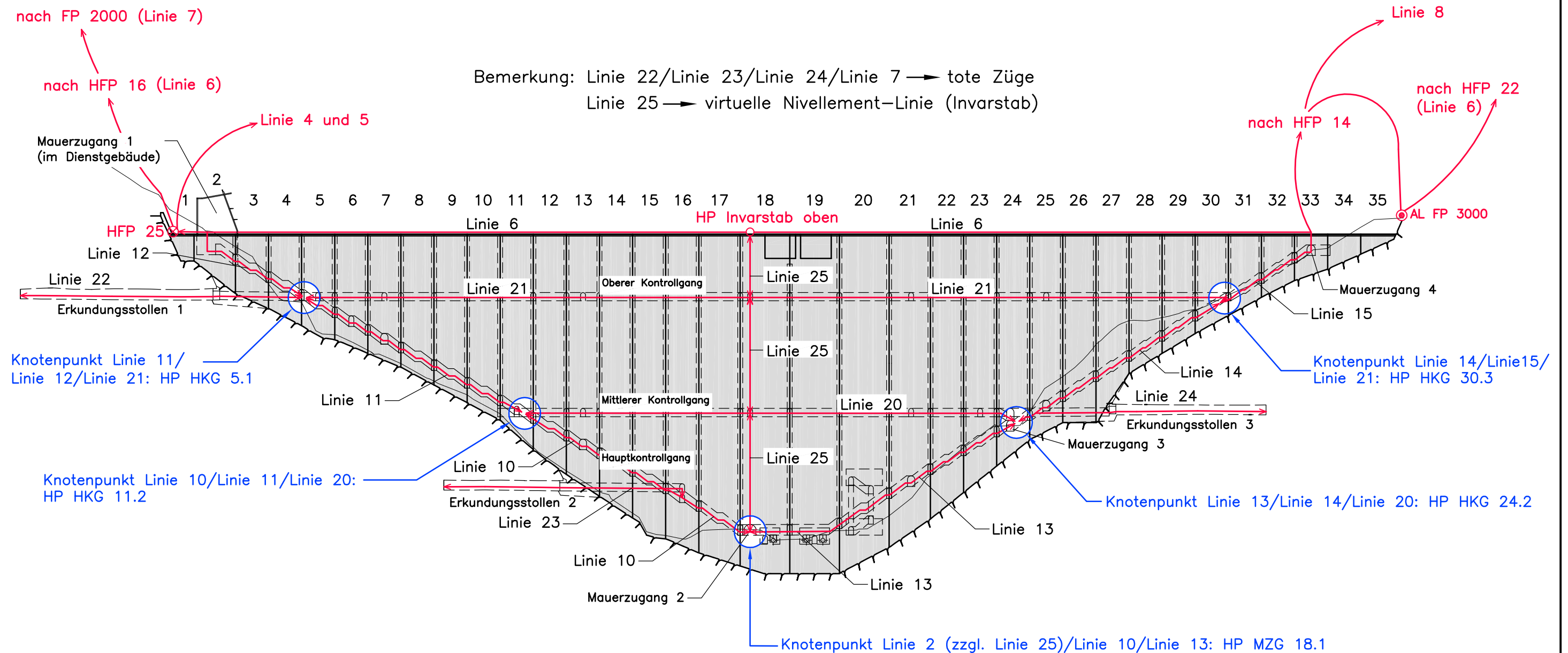
Stützpunkt VVM: HFP 26

- Objektpunkt

Die Linien 8 und 9 werden nur bei einer Folgemessung zur Beobachtung des geodätischen Sondernetzes gemessen.

# TS Leibis/Lichte, Nivellement-Linien in der Mauer

## Ansicht Wasserseite/Längsschnitt



**Offizielle Bezeichnungen und DINI12-Abkürzungen der Höhenpunkte**  
**sowie deren Reihenfolge in der Nivellementlinie (VVM FM .....**

Linie 1 - vom HFP 26 über HFP 17 (Pegelbrücke), HPF 5 + 6 (Talbauwerk der Medientrasse),  
HFP 20 und HFP 21, Pfeiler 2200 mit HP 0221 und 0222 bis HP 0281 (am Beobachtungspfeiler 2800) und zurück

**Hinweise:**

- 1) Sehr lange Linie mit einigen Refraktionsanfälligen Zielungen - nur bei guten äußeren Bedingungen messen!  
2) Angaben zum Betrieb der Grundablässe in die Übersicht zu den Sekundärdaten aufnehmen.

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DINI12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
HFP 26			HFP-26		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 1 / WP 19 (MB im Fels)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HFP 23			HFP23		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 2 / WP 18 (Nagel im Bord)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HFP 6			HFP6		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HFP 17			HFP17		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HFP 5			HFP5		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 3 / WP 17 (Nagel im Bord)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 4 / WP 16 (Nagel im Bord)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 5 / WP 15 (Nagel im Bord)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0801			0801		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0802	V / R		0802		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0803	V / R		0803		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0804			0804		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0808			0808		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0807	V / R		0807		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0806	V / R		0806		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0805			0805		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 6 / WP 14 (HB bei KWBR 13)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HFP 21	V / R		HFP21		der 'oberere' der beiden HFP's; 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 7 / WP 13 (HB bei KWBR 13)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 8 / WP 12 (Nagel im Bord)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HFP 20	V / R		HFP20		der 'untere' bzw. 'hintere' der beiden HFP's; 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 9 / WP 11 (Nagel im Bord)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 10 / WP 10 (HB bei KWBR 13)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 11 / WP 9 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 12 / WP 8 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 13 / WP 7 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 14 / WP 6 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 15 / WP 5 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 16 / WP 4 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 17 / WP 3 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 18 / WP 2 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 19 / WP 1 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0221 (am Pfeiler 2200)			0221		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0222 (am Pfeiler 2200)			0222		vorn links, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0283 (am Pfeiler 2800)	V / R		0283		hinten links, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0281 (am Pfeiler 2800)			0281		vorn links, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
Anzahl der Aufstellungen:	37		(ca. 1½ h)		

## Linie 2 - vom HFP 26 über Mauerzugang Feld 18 zum Invarstab (HP Kolu) und zurück

### Hinweise

- 1) Linie wird zweimal gemessen (an unterschiedlichen Tagen, zu unterschiedlichen Uhrzeiten)
- 2) Lampe mitnehmen!
- 3) Trittpodest oder Stuhl mitnehmen - hohe Aufstellungen!
- 4) UK Konsole Invarstab unten von links sowie über und zwischen den beiden Konsolen hindurch anzielen ca. -0,135 m!
- 5) Angaben zum Betrieb der Grundablässe in die Übersicht zu den Sekundärdaten aufnehmen.

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN+RÜCK		Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)	Bemerkungen
	1. Msg.	2. Msg.		
			Mssg. 2.1	Mssg. 2.2
HFP 26			HFP-26	3-Meter-Latte Nr. 14.423
WP 1 (HB im Fels)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 2 (MB im Fels)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 3 (KB Ecke Schieberhaus)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 4 (KB im Schieberhaus)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP MZG 18.3			MZG18.3	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP MZG 18.2			MZG18.2	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HN 18.1	V / R		HN18.1	<b>1-Meter-Latte Nr. 14.066</b>
HP MZG 18.1			MZG18.1	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 5 (HP HKG 18.1)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
UK Konsole Invarstab unten			Kolu	<b>1-Meter-Latte Nr. 14.066, invers</b>
WP 6 (HP HKG 18.1)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP MZG 18.1			MZG18.1	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HN 18.1	V / R		HN18.1	<b>1-Meter-Latte Nr. 14.066</b>
HP MZG 18.2			MZG18.2	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP MZG 18.3			MZG18.3	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 7 (KB im Schieberhaus)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 8 (KB Ecke Schieberhaus)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 9 (MB im Fels)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 10 (HB im Fels)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HFP 26			HFP-26	3-Meter-Latte Nr. 14.423

Anzahl der Aufstellungen:

20

(min. 1 h)

## Linie 3 - vom HP 0281 (am Pfeiler 2800) über Pfeiler 2900 (mit HP 0291 bis 0294), Pfeiler 2400 (mit HP 0241 und HP 0242), HFP 12.1 zum HP HKG 24.2 (im HKG Feld 24) und zurück

### Hinweise:

- 1) Linie mit einigen refraktionsanfälligen Zielungen - nur bei guten äußeren Bedingungen messen!

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)	Bemerkungen
			HIN	RÜCK
HP 0281 (HFP 2800)			0281	
HP 0282 (HFP 2800)			0282	
HP 0284 (HFP 2800)	V / R		0284	
WP 1 / WP 7 (KB in Palisade)			(keine)	vorn links, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 2 / WP 6 (KB in Palisade)			(keine)	vorn rechts, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 3 / WP 5 (KB in Palisade)			(keine)	hinten rechts, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 4 / WP 4 (KB in Palisade)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 5 / WP 3 (KB bei KWBR 15)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0293 (HFP 2900)	V / R		0293	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0291 (HFP 2900)			0291	hinten links, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0292 (HFP 2900)			0292	vorn links, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0294 (HFP 2900)	V / R		0294	vorn rechts, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0241 (HFP 2400)			0241	hinten rechts, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0242 (HFP 2400)			0242	vorn links, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 6 / WP 2 (KB in Palisade)			(keine)	vorn rechts, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HFP 12.1 (MB im Fels)			HFP12.1	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 7 / WP 1 (KB auf OK Stützmauer)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP MZG 24.3			MZG24.3	<b>2-Meter-Latte Nr. 14.469</b>
HP HN 24.3	V / R		HN24.3	<b>1-Meter-Latte Nr. 14.066</b>
HP MZG 24.2			MZG24.2	<b>2-Meter-Latte Nr. 14.469</b>
HP MZG 24.1	V / R		MZG24.1	<b>2-Meter-Latte Nr. 14.469</b>
HP HKG 24.2			HKG24.2	3-Meter-Latte Nr. 14.422

Anzahl der Aufstellungen:

21



(min. ¾ h)



# Linie 4 (Messweg linker Hang) - vom HFP 26 über HFP 23 und HFP 3 zum Pfeiler 2300 (mit HP 0231 und HP 0232) und zurück

## Hinweis zu Linie 4:



- Diese Linie nicht bei sonnigem oder heiteren Wetter messen (Refraktion!).
- Einige Aufstellungen \*) sind wegen des knappen Höhenunterschiedes und der Steilheit des Weges sehr schwierig!
- Die Aufstellungen müssen in jedem Fall vorher gekennzeichnet werden!
- Vor Messung der Linie 4 muss der Randstreifen im Bereich der Wechsellpunkte gemäht sein!

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
<b>HFP 26</b>			<b>HFP-26</b>		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 1 / WP 22 (HB im Fels)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HFP 23</b>			<b>HFP23</b>		3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HP S17</b>			<b>HPS17</b>		<b>Zielung knapp über Zaun, 3-Meter-Latte Nr. 14.422</b>
WP 2 / WP 21 (KB in Palisade) *)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 3 / WP 20 (KB in Palisade) *)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 4 / WP 19 (KB in Palisade) *)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 5 / WP 18 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 6 / WP 17 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 7 / WP 16 (KB in Palisade) *)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 8 / WP 15 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 9 / WP 14 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 10 / WP 13 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 11 / WP 12 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 12 / WP 11 (KB in Palisade) *)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 13 / WP 10 (KB in Palisade) *)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 14 = WP 15 / WP 9 = WP 8 (KB in Palisade)			(keine)		<b>"tiefer" Rückblick auf WP 12 bzw. auf WP 10</b>
<b>HFP 3</b> V / R			<b>HFP3</b>		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 15 = WP 13 / WP 8 = WP 9 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 16 / WP 7 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 17 / WP 6 (KB in Palisade) *)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 18 / WP 5 (KB in Palisade) *)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 19 / WP 4 (KB in Palisade) *)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 20 / WP 3 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 21 / WP 2 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 22 / WP 1 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HP 0232 (HFP 2300)</b> V / R			<b>0232</b>		HP 0232 - hangseitig, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HP 0231 (HFP 2300)</b>			<b>0231</b>		HP 0231 - talseitig, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>Anzahl der Aufstellungen:</b>	<b>28</b>		<b>(min. 1½ h)</b>		

**Linie 5 (Messweg linker Hang - oberer Teil) - vom Pfeiler 2300 (mit HP 0231) über HFP 27, Pfeiler 2500 (mit HP 0251 bis 0254), HFP 28 und HFP 24 zum HFP 15.2 und HFP 15.3 und zurück**

**Hinweise:**

- a) Linie 5 wird zur Beobachtung der Auswirkungen von AKR auf den Pfeiler 2500 ab der VVM FM 15 mitbeobachtet!  
b) Vor Messung der Linie 5 muss der Randstreifen im Bereich der Wechsellpunkte gemäht sein!  
c) Linie nicht bei Sonnenschein und Windstille messen (Refraktion!).  
d) HFP 27 wurde im Mai 2010 vermarktet u. a. zur AKR-Überwachung des Pfeilers 2500

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
<b>HP 0231</b>			<b>0221</b>		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 1 / WP 22 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 2 / WP 21 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 3 / WP 20 (KB im Grenzstein)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422, WP talseitig angeordnet
WP 4 / WP 19 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HFP 27</b>			<b>HFP27</b>		HP 27 im Sept. 2010 vermarktet, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HP 0252</b>			<b>0252</b>		talseitig, luftseitig; 3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HP 0254</b>		V / R	<b>0254</b>		hangseitig, luftseitig; 3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HP 0253</b>		V / R	<b>0253</b>		hangseitig, wasserseitig; 3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HP 0251</b>			<b>0251</b>		talseitig, wasserseitig; 3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HFP 28</b>			<b>HFP 28</b>		horiz. Alubolzen 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 5 / WP 18 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422, WP talseitig angeordnet
WP 6 / WP 17 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 7 / WP 16 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 8 / WP 15 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 9 / WP 14 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 10 / WP 13 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 11 / WP 12 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 12 / WP 11 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 13 / WP 10 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 14 / WP 9 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 15 / WP 8 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HFP 24</b>			<b>HFP24</b>		<b>HFP 24</b> im Juli 2008 vermarktet, 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 16 / WP 7 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 17 / WP 6 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 18 / WP 5 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 19 / WP 4 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 20 / WP 3 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 21 / WP 2 (KB in Palisade)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 22 / WP 1 (Nagel in Borte)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HFP 15.3</b>			<b>HFP15.3</b>		3-Meter-Latte Nr. 14.422
<b>HFP 15.2</b>			<b>HFP15.2</b>		3-Meter-Latte Nr. 14.422
Anzahl der Aufstellungen:	31		(min. 1½ h)		

**Linie 6 - von HFP 16 über HFP 15, Höhenpunkte der Mauerkrone, HFP 14, Pfeiler 3000 (mit HP 0301 bis 0304) zum HFP 22 und zurück**

Hinweis:

Vor Messbeginn der Linie 6 - Deckel der GAL-Messtellen öffnen, refraktionsanfällige Linie - Bereich HFP 16 bis HFP 25 und Bereich HFP 14 bis HFP 22

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)	Bemerkungen	
			HIN      RÜCK		
HFP 16 WP 1 / WP 17 (KB im Fels) WP 2 / WP 16 (Nagel im Bord) WP 3 / WP 15 (Nagel im Bord)	↓		HFP16 (keine) (keine) (keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422	
HFP 15.1 HFP 15.2 HFP 15.3 WP 4 / WP 14 (Nagel im Bord) WP 5 / WP 13 (Nagel im Bord) WP 6 / WP 12 (Nagel im Bord)			HFP15.1 HFP15.2 HFP15.3 (keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422	
HFP 25			(keine) (keine) (keine) HFP25	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422	
HP MK 0 HP MK 1 HP MK 2 HP MK 3 HP MK 4 AL 5 HP MK 6 AL 7 HP MK 8 AL 9			MK0 MK1 MK2 MK3 MK4 AL5 MK6	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422	
HP MK 10 AL 11 HP MK 12 AL 13 HP MK 14 AL 15 HP MK 16 AL 17 AL 18			AL7 MK8 AL9 MK10 AL11 MK12 AL13 MK14 AL15 MK16	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422	
OK Oberer Invarstab		V / R		AL17 AL18 OKIo	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP MK 18.2 HP MK 18.1 HP MK 19.1				MK18.2 MK18.2 MK19.1	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP MK 19.2 AL 20 AL 21 HP MK 22 AL 23 HP MK 24 AL 25				MK19.2 AL20 AL21 MK22 AL23 MK24 AL25	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP MK 26 AL 27 HP MK 28 AL 29 AL 30 AL 31 HP MK 32 HP MK 33 HP MK 34 HP MK 35				MK26 AL27 MK28 AL29 AL30 AL31 MK32 MK33 MK34 MK35	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 7 / WP 11 (Nagel im Bord) WP 8 / WP 10 (Nagel im Bord) WP 9 / WP 9 (KB an Leitplanke) WP 10 / WP 8 (KB an Leitplanke) HFP 14 WP 11 / WP 7 (KB im Beton) HP 0301 HP 0303 HP 0304 HP 0302		V / R V / R		(keine) (keine) (keine) (keine) HFP14 (keine) 0301 0303 0304 0302	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 HP 0301: vorn - links; 3-Meter-Latte Nr. 14.422 HP 0303: hinten - links; 3-Meter-Latte Nr. 14.422 HP 0304: hinten - rechts; 3-Meter-Latte Nr. 14.422 HP 0302: vorn - rechts; 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 12 / WP 6 (KB im Beton) WP 13 / WP 5 (KB Palisade) WP 14 / WP 4 (KB an Leitplanke) WP 15 / WP 3 (Nagel im Bord) WP 16 / WP 2 (Nagel im Bord) WP 17 / WP 1 (Nagel im Bord) HFP 22	↑		(keine) (keine) (keine) (keine) (keine) (keine) HFP22	3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422 3-Meter-Latte Nr. 14.422	

Anzahl der Aufstellungen:

67

(min. 2½ h)

Anlage C.1-3 (Blatt 1.5)






**Linie 8 (Messweg rechter Hang) - beginnend am Pfeiler 2800 (mit HP 0281) über HFP 18 zum HFP 14 und zurück**

**Hinweise:**

a) Linie 8 wird nur im Zusammenhang mit einer Folgemessung des geodätischen Sondernetzes beobachtet!

b) Vor Messung der Linie 8 muss der Randstreifen im Bereich der Wechsellpunkte gemäht sein!

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)	Bemerkungen
			HIN	RÜCK
HP 0281			0281	luftseitig, talseitig; 3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 1 / WP 49		(keine)	wasserseitig, talseitig; 3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 2 / WP 48		(keine)	Nagel im Asphalt, 3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 3 / WP 47		(keine)	KB auf Palisade, 3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 4 / WP 46		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 5 / WP 45		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 6 / WP 44		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 7 / WP 43		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 8 / WP 42		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 9 / WP 41		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 10 / WP 40		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 11 / WP 39		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 12 / WP 38		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 13 / WP 37		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 14 / WP 36		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 15 / WP 35		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 16 / WP 34		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 17 / WP 33		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 18 / WP 32		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 19 / WP 31		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 20 / WP 30		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 21 / WP 29		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
HFP 18		HFP18	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 22 / WP 28		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 23 / WP 27		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 24 / WP 26		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 25 / WP 25		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 26 / WP 24		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 27 / WP 23		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 28 / WP 22		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 29 / WP 21		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 30 / WP 20		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 31 / WP 19		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 32 / WP 18		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 33 / WP 17		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 34 / WP 16		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 35 / WP 15		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 36 / WP 14		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 37 / WP 13		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 38 / WP 12		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 39 / WP 11		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 40 / WP 10		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 41 / WP 9		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 42 / WP 8		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 43 / WP 7		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 44 / WP 6		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 45 / WP 5		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 46 / WP 4		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 47 / WP 3		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 48 / WP 2		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
WP 49 / WP 1		(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422	
HFP 14		HFP14	Vermarkung auf Leitplanke, 3-Meter-Latte Nr. 14.422	
			3-Meter-Latte Nr. 14.422	
Anzahl der Aufstellungen:	51	(ca. 2 h)		

Hinweise:

- a) Linie 9 wird nur im Zusammenhang mit einer Folgemessung des geodätischen Sondernetzes beobachtet!
- b) HP 0701 ist ein in die Zwangszentrierung des Pfeilers 7000 einsetzbarer Kopfbolzen Nr. 1.
- c) Einkerbung am 'einsetzbaren Kopfbolzen Nr. 1' auf das ZwaZe-Auflager mit Kerbe ausrichten!

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 <small>(Groß- und Kleinschreibung beachten)</small>	Bemerkungen
			<div>HIN</div> <div>RÜCK</div>	
HP S5 <sub>FP7000</sub>			HPS5	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP S6 <sub>FP7000</sub>			HPS6	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 1 / WP 4 (KB in Palisade)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP S7 <sub>FP7000</sub>			HPS7	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 2 / WP 3 (KB in Palisade)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP S8 <sub>FP7000</sub>			HPS8	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 3 / WP 2 (KB in Palisade)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 4 / WP 1 (KB in Palisade)			(keine)	3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP 0701 (am Pfeiler 7000)			0701	3-Meter-Latte Nr. 14.422, HP-Einsatz Nr. 1 für ZwaZe
Anzahl der Aufstellungen:	8		(ca. ½ h)	

# Offizielle Bezeichnungen und DIN12-Abkürzungen der Höhenpunkte sowie deren Reihenfolge in der Nivellementlinie (VVM FM .....)

## Linie 10 - von HP MZG 18.1 bis HP HKG 11.2 und zurück (Nivellement HKG unterer, linker Hang)

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
HP MZG 18.1	↓		MZG18.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 17.3			HKG17.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 17.2			HKG17.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 17.1			HKG17.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 16.2			HKG16.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 16.1			HKG16.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 15.2			HKG15.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 15.1			HKG15.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 14.2	↑		HKG14.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 14.1			HKG14.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 13.2			HKG13.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 13.1			HKG13.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 12.2			HKG12.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 12.1			HKG12.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 11.3			HKG11.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 11.2			HKG11.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422

Anzahl der Aufstellungen: 15 (min. ½ h)

## Linie 11 - von HP HKG 11.2 bis HP HKG 5.1 und zurück (Nivellement HKG mittlerer, linker Hang)



Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
HP HKG 11.2	↓		HKG11.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 11.1			HKG11.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 10.2			HKG10.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 10.1			HKG10.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 9.2			HKG9.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 9.1			HKG9.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 8.2	↑		HKG8.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 8.1			HKG8.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 7.2			HKG7.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 7.1			HKG7.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 6.2			HKG6.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 6.1			HKG6.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 5.2			HKG5.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 5.1			HKG5.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422

Anzahl der Aufstellungen: 13 (min. ½ h)




Linie 12 - von HP HKG 5.1 über HKG oberer linker Hang bis HFP 25 und zurück  
(Nivellement HKG oberer, linker Hang)

**Hinweise:**

- a) Die Instrumentenaufstellung WP 3 / WP 4 (HIN) bzw. WP 2 / WP 3 (RÜCK) ist instabil!  
b) Der Rückblick auf WP 4 (HIN) bzw. Vorblick auf WP 2 (RÜCK) ist refraktionsanfällig (vorher Lüften)!  
c) HFP 25 wurde im Dezember 2008 vermarktet.

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
HP HKG 5.1			HKG5.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 4.2			HKG4.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 4.1			HKG4.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 3.2			HKG3.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 3.1			HKG3.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 2a			HKG2a		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 1 / WP 5 (KB i. B.)			(keine)		<b>2-Meter-Latte Nr. 14.468</b>
WP 2 / WP 4 (KB i. B.)			(keine)		<b>2-Meter-Latte Nr. 14.469</b>
<b>WP 3 / WP 3 (HP HN SMDG)</b>			(keine)		<b>3-M-L Nr. 14.422; normal - invers</b>
WP 4 / WP 2 (KB i. B.)			(keine)		<b>2-Meter-Latte Nr. 14.468</b>
WP 5 / WP 1 (KB i. B.)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HFP 25			HFP25		3-Meter-Latte Nr. 14.422
Anzahl der Aufstellungen:	11		(min. ½ h)		

Linie 13 - von HP MZG 18.1 über HKG rechter Hang bis HP HKG 24.2 und zurück  
(Nivellement HKG unterer, rechter Hang)

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge in der Linie	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
HP MZG 18.1			MZG18.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 18.1			HKG18.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 18.2			HKG18.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 18.3			HKG18.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 19.1			HKG19.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 19.2			HKG19.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 19.3			HKG19.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 19.4			HKG19.4		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 20.1			HKG20.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 20.2			HKG20.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 20.3			HKG20.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 20.4			HKG20.4		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 20.5			HKG20.5		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 21.1			HKG21.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 21.2			HKG21.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 21.3			HKG21.3		21.3 = 21.3b - Is HP; 3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 21.4			HKG21.4		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 21.5			HKG21.5		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 22.1			HKG22.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 22.2			HKG22.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 23.1			HKG23.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 23.2			HKG23.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 23.3			HKG23.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 24.1			HKG24.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 24.2			HKG24.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
Anzahl der Aufstellungen:	24		(min. 1 h)		

Linie 14 - von HP HKG 24.2 über HKG rechter Hang bis HP HKG 30.3 und zurück  
(Nivellement HKG mittlerer, rechter Hang)

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
HP HKG 24.2	V / R ↓		HKG24.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 24.3			HKG24.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 25.1			HKG25.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 25.2			HKG25.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 25.3			HKG25.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 26.1			HKG26.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 26.2			HKG26.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 26.3			HKG26.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 27.1			HKG27.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 27.2			HKG27.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 27.3	V / R ↑		HKG27.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 28.1			HKG28.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 28.2			HKG28.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 28.3			HKG28.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 29.1			HKG29.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 29.2			HKG29.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 29.3			HKG29.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 30.1			HKG30.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 30.2			HKG30.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 30.3			HKG30.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
Anzahl der Aufstellungen:	19		(min. 1 h)		

Linie 15 - von HP HKG 30.3 über HKG rechter, oberer Hang aus MZG 4 (Feld 34) bis HFP 14 und zurück  
(Nivellement HKG oberer, rechter hang)



**Hinweise:**

a) Der Vorblick auf HP MZG 34 (HIN) bzw. Rückblick auf HP MZG 34 (RÜCK) ist refraktionsanfällig!



Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
HP HKG 30.3	↓		HKG30.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 31.1			HKG31.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 31.2			HKG31.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 32.1			HKG32.1		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 32.2			HKG32.2		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 32.3			HKG32.3		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP HKG 33			HKG33		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HP MZG 34			MZG34		<b>2-Meter-Latte Nr. 14.469</b>
WP 1 - WP 6 (Nagel im Bord)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 2 - WP 5 (KB an Leitplanke)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 3 - WP 4 (KB bei KWBR 17)	↑		(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 4 - WP 3 (KB an Leitplanke)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 5 - WP 2 (KB an Leitplanke)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
WP 6 - WP 1 (KB an Leitplanke)			(keine)		3-Meter-Latte Nr. 14.422
HFP 14			HFP14		3-Meter-Latte Nr. 14.422
Anzahl der Aufstellungen:	14		(min. ¾ h)		Anlage C.1-3 (Blatt 2.1)

**Offizielle Bezeichnungen und DIN12-Abkürzungen der Höhenpunkte sowie deren Reihenfolge in der Nivellementlinie (VVM FM .....)**



**Linie 20 (Mittlerer Kontrollgang) - vom HP HKG 24.2 durch den MKG bis HP HKG 11.2 und zurück**

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12	Bemerkungen
			(Groß- und Kleinschreibung beachten) HIN                      RÜCK	
HP HKG 24.2			HKG24.2	2-Meter-Latte Nr. 14.469
WP 1 / WP 4 (KB im Beton)			(keine)	2-Meter-Latte Nr. 14.469
WP 2 / WP 3 (KB im Beton)			(keine)	2-Meter-Latte Nr. 14.469
WP 3 / WP 2 (KB im Beton)			(keine)	2-Meter-Latte Nr. 14.469
WP 4 / WP 1 (KB im Beton)			(keine)	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 23			MKG23	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 24			MKG24	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 25			MKG25	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 26			MKG26	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 27			MKG27	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Portal 3			Port3	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 22			MKG22	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 21			MKG21	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 20			MKG20	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 19			MKG19	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 18			MKG18	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 17			MKG17	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 16			MKG16	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 15			MKG15	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 14			MKG14	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 13			MKG13	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 12			MKG12	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 10			MKG10	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP MKG 11			MKG11	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP HKG 11.2			HKG11.2	2-Meter-Latte Nr. 14.469
Anzahl der Aufstellungen:	24		(min. 1 h)	

**Linie 21 (Oberer Kontrollgang) - vom HP HKG 5.1 durch den OKG bis HP HKG 30.3 und zurück**

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DINI12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
HP HKG 5.1			HKG5.1		2-Meter-Latte Nr. 14.469
WP 1 / WP 1 (= ehemals HP OKG 5.1)			(keine)		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 4			OKG4		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 3			OKG3		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 2			OKG2		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Portal 1			Port1		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 5.2			OKG5.2		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 6			OKG6		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 7			OKG7		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 8			OKG8		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 9			OKG9		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 10			OKG10		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 11			OKG11		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 12			OKG12		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 13			OKG13		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 14			OKG14		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 15			OKG15		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 16			OKG16		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 17			OKG17		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 18			OKG18		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 19			OKG19		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 20			OKG20		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 21			OKG21		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 22			OKG22		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 23			OKG23		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 24			OKG24		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 25			OKG25		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 26			OKG26		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 27			OKG27		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 28			OKG28		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 29			OKG29		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP OKG 30			OKG30		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP HKG 30.3			HKG30.3		2-Meter-Latte Nr. 14.469
Anzahl der Aufstellungen:	32		(min. 1 ¼ h)		

**Linie 22 (Erkundungsstollen 1) - vom HP Portal 1 durch den Ekst 1 (Ortsbrust) und zurück**

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DINI12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)		Bemerkungen
			HIN	RÜCK	
HP Portal 1			Port1		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 1 Q1 (Bodenpunkt)			HP1E1		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 1 Q2 (Bodenpunkt)			HP2E1		2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 1 Q3 (Bodenpunkt)			HP3E1		2-Meter-Latte Nr. 14.469
FB Ekst 1 Q3 (Firstbolzen)			FB3E1		2-Meter-Latte Nr. 14.469, invers
FB Ekst 1 Q2 (Firstbolzen)			FB2E1		2-Meter-Latte Nr. 14.469, invers
FB Ekst 1 Q1 (Firstbolzen)			FB1E1		2-Meter-Latte Nr. 14.469, invers
HP Portal 1			Port1		2-Meter-Latte Nr. 14.469
Anzahl der Aufstellungen:	7		(min. ¼ h)		

**Linie 23 (Erkundungsstollen 2) - vom HP MKG 16.2 über Verbindungsgang Feld 16 und Ekst 2 (Ortsbrust) bis HP Portal 2 und zurück**

**Hinweise:**

- a) Es wird der Dreibock benötigt (befindet sich in der SWD-Nische).  
b) Es wird eine Bockleiter zum Abschrauben und Reinigen der Kappen auf den Firstbolzen benötigt.

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)	Bemerkungen
			HIN RÜCK	
HP HKG 16.2	↓		HKG16.2	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP VG 16.1			VG16.1	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP VG 16.2			VG16.2	2-Meter-Latte Nr. 14.469
WP 1 / WP 3 (Dreibock)			(keine)	2-Meter-Latte Nr. 14.469
WP 2 / WP 2 (KB im Beton)			(keine)	2-Meter-Latte Nr. 14.469
WP 3 / WP 1 (KB im Beton)			(keine)	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP VG 16.4			VG16.4	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP VG 15			VG15	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP VG 14			VG14	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP VG 13			VG13	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 2 Q1 (Bodenpunkt)		↑	HPQ1	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 2 Q2 (Bodenpunkt)			HPQ2	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 2 Q3 (Bodenpunkt)			HPQ3	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 2 Q4 (Bodenpunkt)			HPQ4	2-Meter-Latte Nr. 14.469
FB Ekst 2 Q4 (Firstbolzen)			FBQ4	2-Meter-Latte Nr. 14.469, invers
FB Ekst 2 Q3 (Firstbolzen)			FBQ3	2-Meter-Latte Nr. 14.469, invers
FB Ekst 2 Q2 (Firstbolzen)			FBQ2	2-Meter-Latte Nr. 14.469, invers
FB Ekst 2 Q1 (Firstbolzen)			FBQ1	2-Meter-Latte Nr. 14.469, invers
HP Portal 2			Port2	2-Meter-Latte Nr. 14.469
Anzahl der Aufstellungen:	18	(min. 1 h)		

**Linie 24 (Erkundungsstollen 3) - vom HP Portal 3 durch den Ekst 3 (Ortsbrust) und zurück**

**Hinweise:**

- a) Es wird die Lattenbeleuchtung benötigt.  
b) Die Firstbolzen sind vor Messungsbeginn zu reinigen!

Offizielle Bezeichnung und Reihenfolge	HIN	RÜCK	Bezeichnung im DIN12 (Groß- und Kleinschreibung beachten)	Bemerkungen
			HIN RÜCK	
HP Portal 3	↓		Port3	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 3 Q 3.1			HPQ3.1	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 3 Q 3.2			HPQ3.2	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 3 Q 2.2			HPQ2.2	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 3 Q 2.1			HPQ2.1	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 3 Q 1.2			HPQ1.2	2-Meter-Latte Nr. 14.469
HP Ekst 3 Q 1.1			HPQ1.1	2-Meter-Latte Nr. 14.469
FB Ekst 3 Q 1.1		↑	FBQ1.1	1-Meter-Latte Nr. 14.066, invers
FB Ekst 3 Q 1.2			FBQ1.2	1-Meter-Latte Nr. 14.066, invers
FB Ekst 3 Q 2.1			FBQ2.1	2-Meter-Latte Nr. 14.469, invers
FB Ekst 3 Q 2.2			FBQ2.2	2-Meter-Latte Nr. 14.469, invers
FB Ekst 3 Q 3.1			FBQ3.1	2-Meter-Latte Nr. 14.469, invers
HP Portal 3			Port3	2-Meter-Latte Nr. 14.469
Anzahl der Aufstellungen:	12	(min. ¾ h)		Anlage C.1-3 (Blatt 2.4)



# Vertikalverschiebungsmessung - Übersicht Sekundärdaten

Blatt: 1

VVM FM .. (vKM)

Zeitraum vom ..... bis .....

Datum	Beobachter / Messtrupp	Niv.-Linie bzw. Prüfstrecke	Hinmessung / Rückmessung	Uhrzeit Beginn	Lufttemp. Beginn	Uhrzeit Ende	Lufttemp. Ende	Messbedingungen <small>Wind, Sonne, Schatten, Refraktion, ...</small>	VVM FM .. verwendete Latten mit Aufstellungen, sonstige Bemerkungen
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066
									3-M-L Nr. 14'422 / 2-M-L Nr. 14'469 / 1-M-L Nr. 14'066

# **Schulung zur Bauwerksüberwachung am 24.04.2012**

**Die neuen Messanweisungen „Grundlagen“**

**Thema: Generierte Dateien im Prozess  
einer 1D-PANDA-Ausgleichung**

**Dipl.-Ing. Jochen Mehl**

# Inhalt

- **Vorbemerkungen**
- **Notwendige Vorarbeiten**
- **PANDA-Dateien**
- **Ergebnisse der Ausgleichung**

# Inhalt

- **Vorbemerkungen**
- **Notwendige Vorarbeiten**
- **PANDA-Dateien**
- **Ergebnisse der Ausgleichung**

# Definition „Ausgleichung“

## Wikipedia

Die Ausgleichungsrechnung (auch Ausgleichung) ist eine mathematische Optimierungsmethode, um für eine Reihe von Messdaten (*Höhenunterschiede*) die unbekannten Parameter (*Höhen*) ihres geometrisch-physikalischen Modells oder die Parameter einer vorgegebenen Funktion zu bestimmen („zu schätzen“).

Ziel der Ausgleichung ist, dass sich das endgültige Modell beziehungsweise die Funktion den Daten (*Höhen*) und ihren unvermeidlichen kleinen Widersprüchen (*Widersprüche zwischen Hin- und Rückmessung*) „bestmöglich“ anpasst.

# Definition „Methode der kleinsten Quadrate“

Möser, Handbuch Ingenieurgeodäsie, Grundlagen

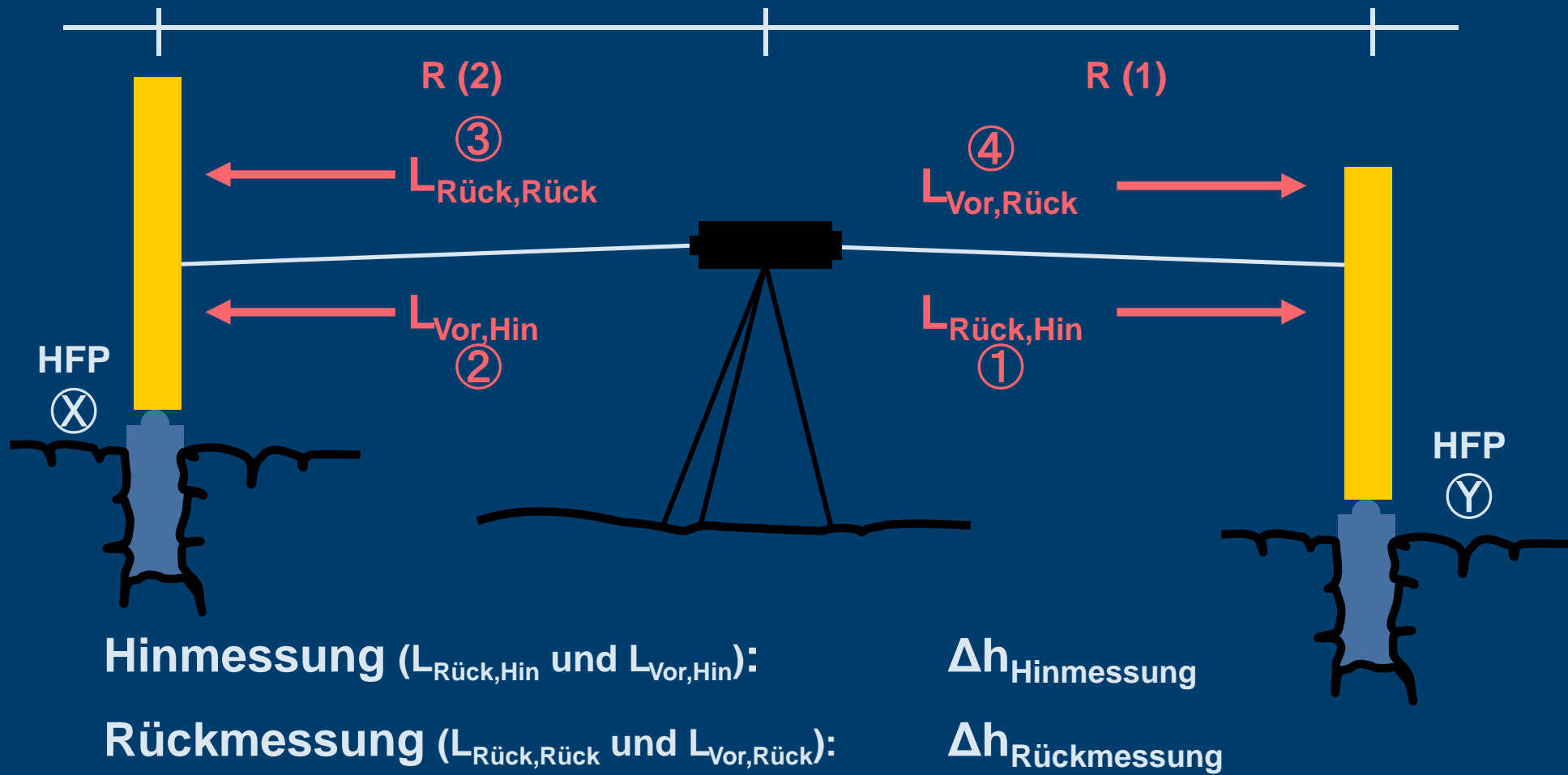
## Definition der Methode der kleinsten Quadrate

„Die Methode der kleinsten Quadrate gehört zum alltäglichen Handwerkszeug eines Geodäten. Deshalb bedarf es an dieser Stelle keiner ausführlichen Beschreibung des Verfahrens.“

## Wikipedia

Im Allgemeinen wird die Berechnung mit der Methode der kleinsten Quadrate durchgeführt. Diese Methodik bedeutet, dass an den *bekannten* Parametern (*Höhenunterschiede*) kleine „Verbesserungen“ angebracht werden, so dass die Summe der Quadrate aller einzelnen Abweichungen zwischen Mess- und Modelldaten minimal werden soll (*Summe aller Verbesserungen gleich NULL*). Bei zufällig verteilten Modell- oder Messunsicherheiten führt dies zum wahrscheinlichsten Wert für die zu berechnenden Unbekannten (*Höhen*). Die verbleibenden kleinen „Reste“ werden Residuen genannt und lassen Aussagen über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Mess- und Datenmodells zu.

# Ausgleichung (I) – symmetrische Mittelwertbildung

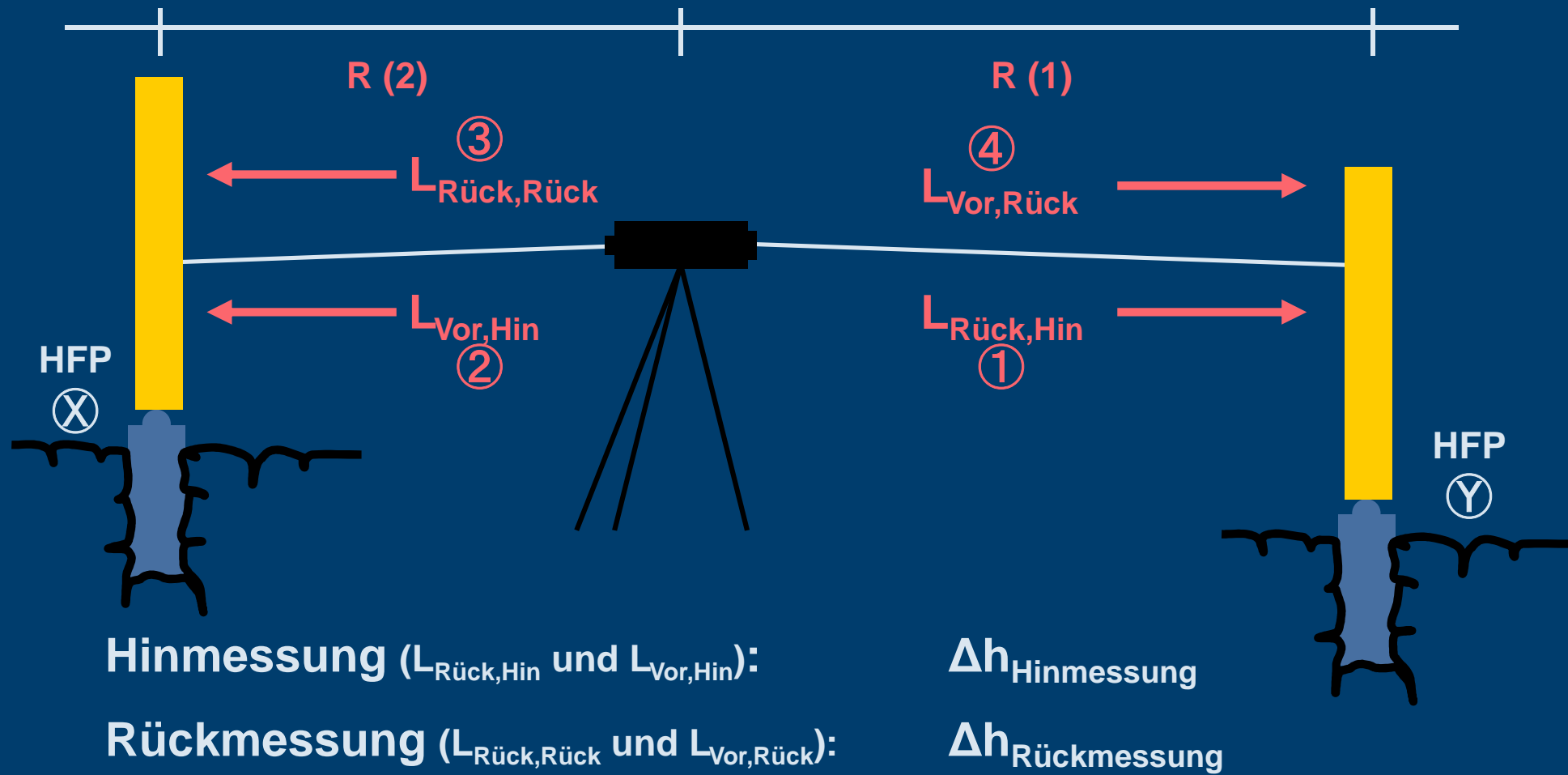


Widerspruch –  $\Delta h_{Hinmessung} \neq \Delta h_{Rückmessung}$

**Ausgleichung des Widerspruches:  $(\Delta h_{Hin} + \Delta h_{Rück})/2 = \Delta h_{wahr}$**

Bedingung:  $R(1) = R(2)$

# Ausgleichung (II) – asymmetrische Mittelwertbildung



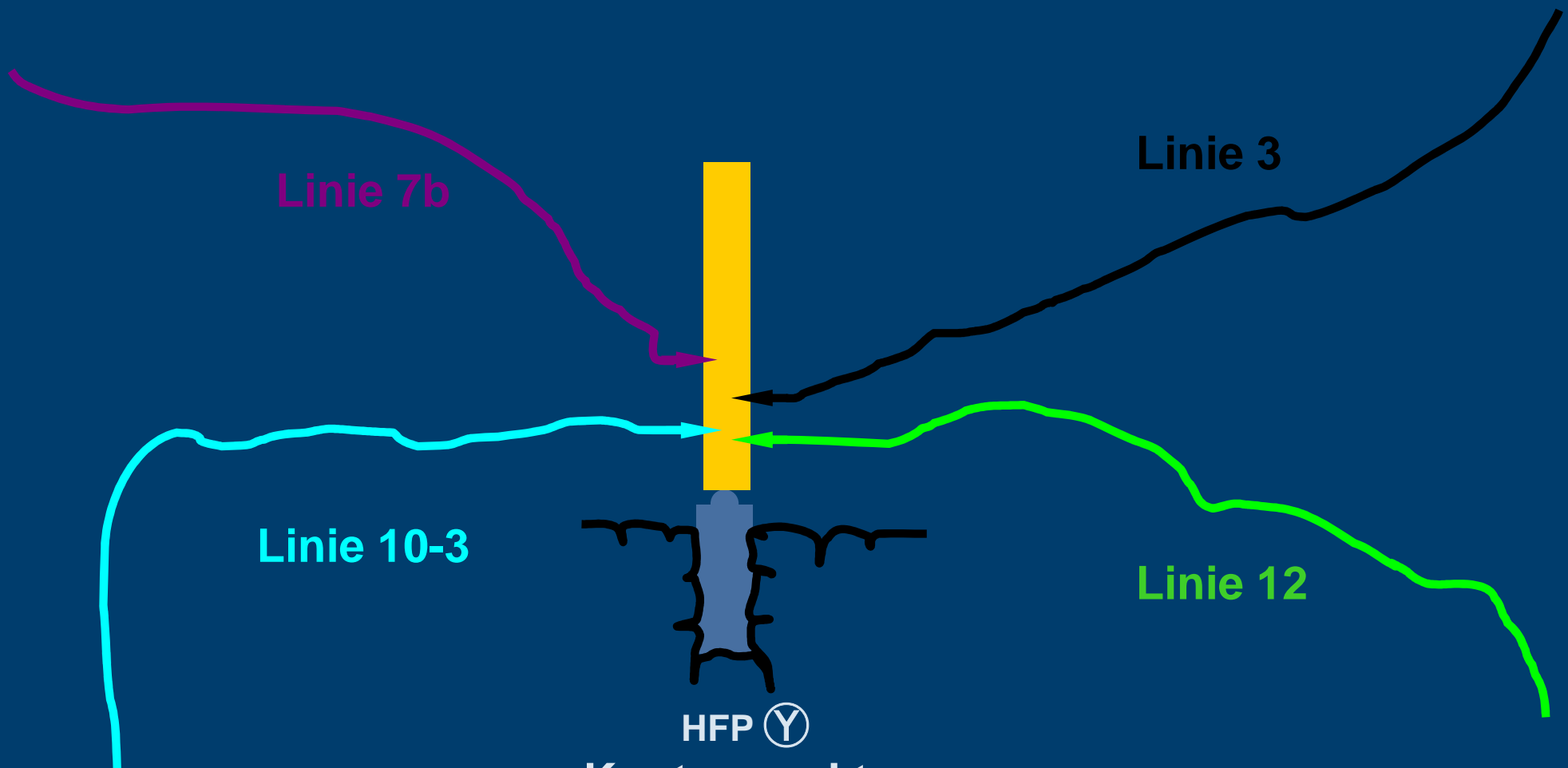
Widerspruch –  $\Delta h_{Hinmessung} \neq \Delta h_{Rückmessung}$

**Ausgleichung des Widerspruches:  $(\Delta h_{Hin} + \Delta h_{Rück})/2 \neq \Delta h_{wahr}$**

Begründung:  $R(1)$  größer  $R(2)$



## Ausgleichung (III) – Knotenpunkte



**Knotenpunkt =**  
mehrere Linien besitzen einen gemeinsamen  
Anfangs- bzw. Endpunkt

# Ausgleichung (IV) – PANDA

Das Software-Paket PANDA (Programm zur Ausgleichung von geodätischen Netzen und zur Deformationsanalyse) bietet folgendes Leistungsspektrum:

- a) Ausgleichung des Datenmaterials bei der Beobachtung von 1D-, 2D- und 3D-Netzen
- b) Durchführung von Deformationsanalysen mit „Rückwärtsstrategie“ und anschließender „Vorwärtsstrategie“
- c) Koordinatentransformation

# Ausgleichung (IV) – PANDA

Das Software-Paket PANDA (Programm zur Ausgleichung von geodätischen Netzen und zur Deformationsanalyse) bietet folgendes Leistungsspektrum:

- a) Ausgleichung des Datenmaterials bei der Beobachtung von 1D-, 2D- und 3D-Netzen
- b) Durchführung von Deformationsanalysen mit „Rückwärtsstrategie“ und anschließender „Vorwärtsstrategie“
- c) Koordinatentransformation

# Inhalt

- Vorbemerkungen
- **Notwendige Vorarbeiten**
- PANDA-Dateien
- Ergebnisse der Ausgleichung

# Notwendige Vorarbeiten (I)

- 1 Nachweis des Datenmaterial auf „Ausgleichungsreife“ – erledigt
- 2 Korrektur der Messdatei
- 3 Überführung der korrigierten Messdatei in eine für das PANDA lesbare Datei (z. B. DINI: .zss-Datei)

**bearbeitete bzw.  
korrigierte  
Messdatei (.txt)**

# Inhalt

- Vorbemerkungen
- Notwendige Vorarbeiten
- **PANDA-Dateien**
- Ergebnisse der Ausgleichung

# PANDA-Dateien und deren Inhalt (I)

Durch das PANDA generierte Dateien (alles Text-Dateien):

- 0 .zss-Datei = Ausgangsbasis (korrigierte Messdatei)
- 1 .fbn-Datei (Feldbuch-Datei)
- 2 .onr-Datei (Linien- oder Reduktionsdatei)
- 3 .onk-Datei (Aufbereitungsdatei)
- 4 .o1a-Datei (Ausgleichungsdatei)
- (5 .o1d-Datei Defo-Analyse-Datei)
- 6 .kls-Datei (Datei mit Ergebniswerten)

Angaben vorbehaltlich von Änderungen hinsichtlich des Versionswechsels innerhalb des PANDA-Softwarepaketes!



# PANDA-Dateien und deren Inhalt (I)

Durch das PANDA generierte Dateien (alles Text-Dateien):

- 0 **.zss-Datei = Ausgangsbasis (korrigierte Messdatei)**
- 1 **.fbn-Datei (Feldbuch-Datei)**
- 2 **.onr-Datei (Linien- oder Reduktionsdatei)**
- 3 **.onk-Datei (Aufbereitungsdatei)**
- 4 **.o1a-Datei (Ausgleichungsdatei)**
- (5 **.o1d-Datei Defo-Analyse-Datei)**
- 6 **.kls-Datei (Datei mit Ergebniswerten)**

Angaben vorbehaltlich von Änderungen hinsichtlich des Versionswechsels innerhalb des PANDA-Softwarepaketes!

# PANDA-Datei und deren Inhalt (I-1) – .zss-Datei

[illegible]

## .zss-Datei

**entspricht der  
korrigierten  
Messdatei,  
besitzt jedoch nicht  
die Dateierweiterung  
.txt oder .dat sondern  
.zss (für Zeiss)**

**hier fm21.zss**

# PANDA-Datei und deren Inhalt (I-2) – .zss-Datei

For M5	Adr	1	TO	VVM_FM21.DAT					
For M5	Adr	5	TO	Zugbeginn	RV	10			
For M5									000 m
For M5									613 m
For M5									608 m
For M5									225 m
For M5									006 m
For M5									163 m
For M5									335 m
For M5									778 m
For M5									197 m
For M5									613 m
For M5									045 m
For M5									308 m
For M5									433 m
For M5									495 m
For M5									544 m
For M5									960 m
For M5									000 m
For M5									960 m
For M5									000 m
For M5									100 m
For M5									633 m
For M5	Adr	66	KD1	2	HIN	09:11:423	6	LP	1.04654 m
For M5	Adr	67	KD1	3	HIN	09:12:513	6	LV	2.48344 m

## .zss-Datei

entspricht der korrigierten Messdatei, besitzt jedoch nicht die Dateierweiterung .txt oder .dat sondern .zss (für Zeiss)

hier fm21.zss

# PANDA-Datei und deren Inhalt (I-3) – .zss-Datei

[illegible]

## .zss-Datei

**entspricht der  
korrigierten  
Messdatei,  
besitzt jedoch nicht  
die Dateierweiterung  
.txt oder .dat sondern  
.zss (für Zeiss)  
hier fm21.zss**

# PANDA-Dateien und deren Inhalt (II)

Durch das PANDA generierte Dateien (alles Text-Dateien):

- 0 .zss-Datei = Ausgangsbasis (korrigierte Messdatei)
- 1 **.fbn-Datei (Feldbuch-Datei)**
- 2 .onr-Datei (Linien- oder Reduktionsdatei)
- 3 .onk-Datei (Aufbereitungsdatei)
- 4 .o1a-Datei (Ausgleichungsdatei)
- (5 .o1d-Datei Defo-Analyse-Datei)
- 6 .kls-Datei (Datei mit Ergebniswerten)

Angaben vorbehaltlich von Änderungen hinsichtlich des Versionswechsels innerhalb des PANDA-Softwarepaketes!

# PANDA-Datei und deren Inhalt (II) – .fbn-Datei

```
*NIV      Höhendifferenzen
-AD       Allgemeine Daten
Ort       :                               , Job       :                               , Datum    :02.01.1970
Proj      :                               , Absch.    :                               , Linie    :
Epoche    :                               , Info     :                               , Aktz.    :
-IN       Instrumentarium
Inst.Niv  :SNI
Latte     :
Latte     :
-MI       Informationen zur Messung
Beob      :                               , Wetter    :
SPkt      :MZG18.1                       , SPktho    :100.000000
EPkt      :HKG11.2                       , EPktho    :135.749600
-IN       Instrumentarium
Inst.Niv  :SNI
-BE H
          MZG18.1           HKG17.3      1.651960      0.465830      9.852000
          HKG17.3           HKG17.2      2.639050      0.179100      4.148000
          HKG17.2           HKG17.1      2.435920      0.139750      4.033000
          HKG17.1           HKG16.2      2.815050      0.187240      4.698000
          HKG16.2           HKG16.1      2.824410      0.142840      5.199000
          HKG16.1           HKG15.2      2.823750      0.162030      4.759000
          HKG15.2           HKG15.1      2.798720      0.144290      5.237000
          HKG15.1           HKG14.2      2.816830      0.152640      4.720000
          HKG14.2           HKG14.1      2.797240      0.143080      5.218000
          HKG14.1           HKG13.2      2.795840      0.141520      4.721000
          HKG13.2           HKG13.1      2.763040      0.100410      5.242000
          HKG13.1           HKG12.2      2.813760      0.142510      4.709000
          HKG12.2           HKG12.1      2.793950      0.133330      5.249000
          HKG12.1           HKG11.3      2.804970      0.154480      4.708000
          HKG11.3           HKG11.2      2.056830      1.492670      4.111000

$
-IN       Instrumentarium
Inst.Niv  :                               SNI
Latte     :
Latte     :
-MI       Informationen zur Messung
Beob      :                               , Wetter    :
SPkt      :                               HFP16, SPktho :       100.000000
EPkt      :                               HFP22, EPktho :       98.965490
-IN       Instrumentarium
Inst.Niv  :                               SNI
-BE H
          HFP16             1           1.417120      2.426120      16.768000
          1                 2           0.905810      1.800480      37.961000
          2                 3           1.046540      2.483440      39.851000
          3                 HFP15.1      0.711540      2.729440      25.696000
          HFP15.1           HFP15.2      1.130770      2.510990      30.872000
          HFP15.2           HFP15.3      1.397940      1.871140      8.223000
          HFP15.3           4           0.773800      2.596810      30.265000
          4                 5           0.619260      2.315340      35.156000
          5                 6           0.894080      1.929820      35.184000
          6                 HFP25       1.278540      1.215420      28.787000
          HFP25             MK0         1.095790      1.546260      12.226000
          MK0               MK1         1.660360      1.664570      7.810000
          MK1               MK2         1.672130      1.668670      10.028000
          MK2               MK3         1.668150      1.671000      9.868000
          MK3               MK4         1.675470      1.675020      9.606000
          MK4               AL5         1.657500      2.106340      16.108000
          AL5               MK6         2.108060      1.791660      17.146000
          MK6               AL7         1.791650      2.133640      15.713000
          AL7               MK8         2.138620      1.792590      15.916000
          AL8               AL9         1.788840      2.085110      15.663000
          MK8               MK10        2.107850      1.815810      16.007000
          AL9               AL11        1.814220      2.107330      16.026000
          MK10              MK12        2.100700      1.806730      16.041000
          AL11              AL13        1.820100      2.135500      16.083000
          MK12              MK14        2.091860      1.785400      15.981000
          AL13              AL15        1.775080      2.057530      15.861000
          MK14              MK16        2.081210      1.796050      15.846000
          AL15              AL17        1.782360      2.076300      16.908000
          MK16              AL18        2.096610      2.161370      12.378000
          AL17              OKT0       2.150760      2.218500      11.156000
          AL18
```

## .fbn-Datei

wandelt die Messdatei  
in eine Datei die nach  
Linien gegliedert ist  
(fb ... Feldbuch?)

Hinweis 1: Punktnummern,  
Lattenablesungen (L),  
Abstand der Punkte =  
Zielweite Rückblick +  
Zielweite Vorblick (R)

Hinweis 2: zur Kontrolle  
geeignet aber wenig  
aussagekräftig,  
L und R müssen mit dem  
Excel-Schema  
übereinstimmen

# PANDA-Datei und deren Inhalt (III)

Durch das PANDA generierte Dateien (alles Text-Dateien):

- 0 .zss-Datei = Ausgangsbasis (korrigierte Messdatei)
- 1 .fbn-Datei (Feldbuch-Datei)
- 2 **.onr-Datei (Linien- oder Reduktionsdatei)**
- 3 .onk-Datei (Aufbereitungsdatei)
- 4 .o1a-Datei (Ausgleichungsdatei)
- (5 .o1d-Datei Defo-Analyse-Datei)
- 6 .kls-Datei (Datei mit Ergebniswerten)

Angaben vorbehaltlich von Änderungen hinsichtlich des Versionswechsels innerhalb des PANDA-Softwarepaketes!

# PANDA-Datei und deren Inhalt (III) – .onr-Datei

```
Opanda 3.12      04.01.2012 06:40:30 Uhr      Seite: 1
Reduktion des Nivellement - Feldbuches: fm21
Ausgabe der Feldbuchdaten
-----
Projektdatei:
  Ort      :
  Job      :
  Proj     :
  Absch.   :
  Epoche   :
  Info     :
  Linie    :
  AktZeichen :
Nivellier:
  Bezeichnung: Unbekannt
  Nummer:     DINI12
  Genauigkeit: 0.50 [mm/km]
Opanda 3.12      04.01.2012 06:40:30 Uhr      Seite: 2
Reduktion einer Nivellementlinie

Liniendaten:
  Datum der Messung: 17.10.2011
  Beobachter:
  Wetter:
  Bemerkung:

  Startpunkt:      MZG18.1  Höhe:      0.00000 [m]
  Endpunkt:        HKG11.2  Höhe:     35.74960 [m]
Opanda 3.12      04.01.2012 06:40:30 Uhr      Seite: 2
Ausgabe der Nivellementbeobachtungen

Lfd.   Rückblick   Vorblick   Abf. Rück   Abf. Vor   Distanz   dH
Nr.                                [m]         [m]         [m]         [m]

  1     MZG18.1     HKG17.3     1.65196     0.46583     9.9       1.18613
  2     HKG17.3     HKG17.2     2.63905     0.17910     4.1       2.45995
  3     HKG17.2     HKG17.1     2.43592     0.13975     4.0       2.29617
  4     HKG17.1     HKG16.2     2.81505     0.18724     4.7       2.62781
  5     HKG16.2     HKG16.1     2.82441     0.14284     5.2       2.68157
  6     HKG16.1     HKG15.2     2.82375     0.16203     4.8       2.66172
  7     HKG15.2     HKG15.1     2.79872     0.14429     5.2       2.65443
  8     HKG15.1     HKG14.2     2.81683     0.15264     4.7       2.66419
  9     HKG14.2     HKG14.1     2.79724     0.14308     5.2       2.65416
 10     HKG14.1     HKG13.2     2.79584     0.14152     4.7       2.65432
 11     HKG13.2     HKG13.1     2.76304     0.10041     5.2       2.66263
 12     HKG13.1     HKG12.2     2.81376     0.14251     4.7       2.67125
 13     HKG12.2     HKG12.1     2.79395     0.13333     5.2       2.66062
 14     HKG12.1     HKG11.3     2.80497     0.15448     4.7       2.65049
 15     HKG11.3     HKG11.2     2.05683     1.49267     4.1       0.56416
Anzahl Aufstellungen:      15
Summe Distanzen:          76.60 [m]
Summe Höhendifferenzen:  35.74960 [m]
Abschlußfehler:           0.00000 [m]
Opanda 3.12      04.01.2012 06:40:30 Uhr      Seite: 3
Reduktion einer Nivellementlinie

Liniendaten:
  Datum der Messung: 17.10.2011
  Beobachter:
  Wetter:
  Bemerkung:
```

## .onr-Datei

reduziert die Nivellement-Linien auf das Wesentliche  
wichtige Angaben:

- Genauigkeit
- Punktnummern
- Lattenablesungen Lr + Lv
- Höhenunterschiede dH
- Distanz zw. den Punkten

Hinweis: zur Kontrolle geeignet und aussagekräftig, L, R und dH müssen mit den adäquaten Werten im Excel-Schema übereinstimmen



# PANDA-Datei und deren Inhalt (IV)

Durch das PANDA generierte Dateien (alles Text-Dateien):

- 0 .zss-Datei = Ausgangsbasis (korrigierte Messdatei)
- 1 .fbn-Datei (Feldbuch-Datei)
- 2 .onr-Datei (Linien- oder Reduktionsdatei)
- 3 **.onk-Datei (Aufbereitungsdatei)**
- 4 .o1a-Datei (Ausgleichungsdatei)
- (5 .o1d-Datei Defo-Analyse-Datei)
- 6 .kls-Datei (Datei mit Ergebniswerten)

Angaben vorbehaltlich von Änderungen hinsichtlich des Versionswechsels innerhalb des PANDA-Softwarepaketes!

# PANDA-Datei und deren Inhalt (IV-1) – .onk-Datei

## .onk-Datei (I)

- Genauigkeiten + Fehlergrenzen
- Ausgabe der Beobachtungen

## .onk-Datei (I)

- Höhenunterschiede dz (Einzelwerte und Mittel)
- Abstand der Punkte

```

Programm KONBEO V2.04
Genauigkeiten (gelesen aus 'panda.ini')
Höhendifferenz : Standardabweichung 0.005 [m] Fehlergrenze: 0.015 [m]
Basislinie : Standardabweichung 0.05 [m] Fehlergrenze: 0.15 [m]
Tachymeterbeobachtung : Standardabweichung 0.00333 [m] Fehlergrenze: 0.00999 [m]

Ausgabe der Beobachtungen:
Beobachtungsarten:
Mittel : E = Einfache Messung M = Mehrfachmessung >> = fehlerhafte Messung
Beob. : H = Hinmessung R = Rueckmessung

```

Art	Standpunkt	Zielpunkt	dx[m]	dy[m]	dz[m]	Länge[m]	Feldbuch Zeile
M	MZG18.1	HKG17.3			1.18610	9.70	Mittel -1
H	MZG18.1	HKG17.3			1.18613	9.85	fm21.FBN 1
R	MZG18.1	HKG17.3			1.18607	9.70	fm21.FBN 122
M	MZG18.1	HN18.1			1.48611	24.99	Mittel -1
R	MZG18.1	HN18.1			1.48614	25.29	fm21.FBN 72
H	MZG18.1	HN18.1			1.48601	25.29	fm21.FBN 75
R	MZG18.1	HN18.1			1.48620	25.05	fm21.FBN 179
H	MZG18.1	HN18.1			1.48610	24.99	fm21.FBN 182
M	MZG18.1	KoIu			1.88232	12.84	Mittel -1
H	MZG18.1	KoIu			1.88224	12.92	fm21.FBN 73
R	MZG18.1	KoIu			1.88240	12.90	fm21.FBN 74
H	MZG18.1	KoIu			1.88240	12.84	fm21.FBN 180
R	MZG18.1	KoIu			1.88222	12.87	fm21.FBN 181
M	MZG18.1	HKG18.1			0.03045	5.99	Mittel -1
H	MZG18.1	HKG18.1			0.03047	6.01	fm21.FBN 203
R	MZG18.1	HKG18.1			0.03044	5.99	fm21.FBN 351
M	HKG17.3	HKG17.2			2.45993	4.14	Mittel -1
H	HKG17.3	HKG17.2			2.45995	4.15	fm21.FBN 2
R	HKG17.3	HKG17.2			2.45991	4.14	fm21.FBN 121
M	HKG17.2	HKG17.1			2.29618	4.03	Mittel -1
H	HKG17.2	HKG17.1			2.29617	4.03	fm21.FBN 3
R	HKG17.2	HKG17.1			2.29619	4.04	fm21.FBN 120
M	HKG17.1	HKG16.2			2.62780	4.70	Mittel -1
H	HKG17.1	HKG16.2			2.62781	4.70	fm21.FBN 4
R	HKG17.1	HKG16.2			2.62779	4.71	fm21.FBN 119
M	HKG16.2	HKG16.1			2.68156	5.20	Mittel -1
H	HKG16.2	HKG16.1			2.68157	5.20	fm21.FBN 5
R	HKG16.2	HKG16.1			2.68155	5.21	fm21.FBN 118
M	HKG16.2	VG16.1			1.36713	5.01	Mittel -1
H	HKG16.2	VG16.1			1.36711	5.01	fm21.FBN 515
R	HKG16.2	VG16.1			1.36714	5.01	fm21.FBN 568
M	HKG16.1	HKG15.2			2.66173	4.75	Mittel -1
H	HKG16.1	HKG15.2			2.66172	4.76	fm21.FBN 6
R	HKG16.1	HKG15.2			2.66173	4.75	fm21.FBN 117

# PANDA-Datei und deren Inhalt (IV-2) – .onk-Datei

## Ausgabe der Züge

Bedeutung der Zugarten:

Mittel: E = einfacher Zug; M = mehrfacher Zug; >> = fehlerhafter Zug  
Zug : N = normaler Zug; T = toter Zug

Art	von	nach	Punkte	Differenzen[m]	Länge[m]	Status
E	MZG18.1	HKG24.2	25	31.51162	105.93	keine
N	MZG18.1	HKG24.2	25	31.51162	105.93	keine
E	MZG18.1	HKG16.2	5	8.57001	22.57	keine
N	MZG18.1	HKG16.2	5	8.57001	22.57	keine
E	MZG18.1	HFP-17	8	-4.69489	354.54	keine
N	MZG18.1	HFP-17	8	-4.69489	354.54	keine
E	MZG18.1	OKIo	3	90.53421	809.16	keine
N	MZG18.1	OKIo	3	90.53421	809.16	keine
E	HKG24.2	Port3	7	5.12698	67.17	keine
N	HKG24.2	Port3	7	5.12698	67.17	keine
E	HKG24.2	HKG30.3	20	39.13029	71.87	keine
N	HKG24.2	HKG30.3	20	39.13029	71.87	keine
E	Port3	Port3	13	-0.00001	99.49	keine
N	Port3	Port3	13	-0.00001	99.49	keine
E	HKG11.2	Port3	15	0.88900	195.96	keine
N	HKG11.2	Port3	15	0.88900	195.96	keine
E	HKG11.2	HKG5.1	14	33.98629	63.30	keine
N	HKG11.2	HKG5.1	14	33.98629	63.30	keine
E	HKG16.2	HKG11.2	12	27.17949	53.85	keine
N	HKG16.2	HKG11.2	12	27.17949	53.85	keine
E	HKG16.2	Port2	16	5.04072	142.05	keine
T	HKG16.2	Port2	16	5.04072	142.05	keine
E	HKG5.1	Port1	5	1.62385	30.42	keine
N	HKG5.1	Port1	5	1.62385	30.42	keine
E	Port1	Port1	8	0.00013	128.12	keine
N	Port1	Port1	8	0.00013	128.12	keine
E	HKG30.3	Port1	28	0.71811	308.39	keine
N	HKG30.3	Port1	28	0.71811	308.39	keine
E	HFP14	HKG30.3	9	-25.83323	151.00	keine
N	HFP14	HKG30.3	9	-25.83323	151.00	keine
E	HFP14	HFP22	6	5.74753	277.21	keine
T	HFP14	HFP22	6	5.74753	277.21	keine
E	MK19.1	HFP14	19	5.49672	327.73	keine
N	MK19.1	HFP14	19	5.49672	327.73	keine
E	MK19.1	MKB4	3	0.10982	16.62	keine
T	MK19.1	MKB4	3	0.10982	16.62	keine
E	MK18.1	MK19.1	2	0.00940	23.03	keine
N	MK18.1	MK19.1	2	0.00940	23.03	keine
E	MK18.1	MKB2	3	0.12203	16.39	keine
T	MK18.1	MKB2	3	0.12203	16.39	keine
E	OKIo	MK18.1	3	0.43431	20.11	keine
N	OKIo	MK18.1	3	0.43431	20.11	keine

## .onk-Datei (II)

- Ausgabe der Züge (Züge werden durch das PANDA gebildet; sind nicht mit die Linien zu verwechseln, Anfangs- und Endpunkte entsprechen Knoten)
- Kennzeichnung eventueller fehlerhafter Züge

# PANDA-Datei und deren Inhalt (IV-3) – .onk-Datei

Residuen der Züge nach der L1-Ausgleichung  
Standpunkt      Zielpunkt      ddH[m]

MZG18.1	HKG24.2	-0.000293
HKG24.2	Port3	0.000191
HKG11.2	Port3	0.000000
HKG16.2	HKG11.2	0.000000
MZG18.1	HKG16.2	0.000000
HKG16.2	Port2	0.000000
HKG11.2	HKG5.1	0.000000
HKG5.1	Port1	0.000000
HKG30.3	Port1	0.000000
HKG24.2	HKG30.3	-0.000092
HFP14	HKG30.3	0.000000
MK19.1	HFP14	0.000000
MK18.1	MK19.1	0.000000
OKIo	MK18.1	0.000121
HFP25	OKIo	0.000069
HFP25	0201	0.000000
HFP25	HKG5.1	0.000000
MK18.1	MKB2	0.000000
MK19.1	MKB4	0.000000
HFP14	HFP22	0.000000
HFP-17	HKG24.2	0.000000
HFP-17	0231	0.000000
MZG18.1	HFP-17	0.000000
MZG18.1	OKIo	0.000000

1D HelmertTransformation  
Translation[m]:455.266435

Punkt	Höhe[m]	Restklaffung[m]
HFP-17	348.34926	0.00000

Ausgabe der berechneten Koordinaten  
System: Abbildungssystem

Punkt	Rechts [m]	Hoch [m]	Höhe [m]
0201	0.00000	0.00000	471.20600
0202	0.00000	0.00000	471.21013
0203	0.00000	0.00000	471.20154
0204	0.00000	0.00000	471.20797
0221	0.00000	0.00000	365.61946
0222	0.00000	0.00000	365.61505
0231	0.00000	0.00000	393.95962
0232	0.00000	0.00000	393.94812
0241	0.00000	0.00000	380.61148
0242	0.00000	0.00000	380.60228
0281	0.00000	0.00000	367.65190
0282	0.00000	0.00000	367.65190
0283	0.00000	0.00000	367.84704
0284	0.00000	0.00000	367.82251
0291	0.00000	0.00000	379.98938
0292	0.00000	0.00000	380.00279
0293	0.00000	0.00000	380.12060

## .onk-Datei (IV)

- Residuen nach der L1-Ausgleichung (robuste AGL wshl. nicht nach der Methode der kleinsten Quadrate für Grob-fehlersuche)

Problem 1:

26 Züge und 24 Residuen

Problem 2:

Zuordnung der Residuen

- Ausgabe berechneter Koordinaten

Problem 3:

Status und Art der Koordinaten

Hinweis: Die gewählten Festpunkte (= PANDA-Syntax - nach MA = Stützpunkte) müssen mit Ihrer unveränderten Höhe in dieser Liste vorhanden sein.

# PANDA-Datei und deren Inhalt (V)

Durch das PANDA generierte Dateien (alles Text-Dateien):

- 0 .zss-Datei = Ausgangsbasis (korrigierte Messdatei)
- 1 .fbn-Datei (Feldbuch-Datei)
- 2 .onr-Datei (Linien- oder Reduktionsdatei)
- 3 .onk-Datei (Aufbereitungsdatei)
- 4 **.o1a-Datei (Ausgleichungsdatei)**
- (5 .o1d-Datei Defo-Analyse-Datei)
- 6 .kls-Datei (Datei mit Ergebniswerten)

Angaben vorbehaltlich von Änderungen hinsichtlich des Versionswechsels innerhalb des PANDA-Softwarepaketes!

# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-1) – .o1a-Datei

COPYRIGHT GeoTec GmbH Laatzen 1986-2003 3. Januar 2012 14.45 Uhr Thüringer Fernwasserversorgung				Seite : 1
Ausgabe der gewählten Optionen				
option	Bezeichnung	Wert		
*SYSTEM	Einheit der Messgrößen Längeneinheit Winkelseinheit	METER GON		
*DIMEN	Recheneinheit	MM MGON		
*MZF	Mittlerer Zentrierfehler	.00000		
*GROBFS	Irrtumswahrscheinlichkeit Ausreissertest	.050		
*SQ	apriori Standardabweichung	1.000		
*PRINT	Druckausgabe Beobachtungen vor der Ausgleichung Verbesserungen und Grobfehlersuche Beobachtungen nach der Ausgleichung Erweiterte PANLOG Datei	T T T F		
*SAVE	Speicherung der Ausgleichsergebnisse	DIA		
PAN V2.7 3. Januar 2012 14.45 Uhr Thüringer Fernwasserversorgung				Seite : 2
Koordinatenverzeichnis				
Art der Höhen :				
Lfd.Nr.	Pkt.Nr.	Höhe H [m]		
1	HFP-17 +	348.3493		
2	0201	471.2047		
3	0202	471.2088		
4	0203	471.2002		
5	0204	471.2066		
6	0221	365.6175		
7	0222	365.6130		
8	0231	393.9588		
9	0232	393.9473		
10	0241	380.6104		
11	0242	380.6015		
12	0243	367.6510		

## .o1a-Datei (I)

- allgemeine Angaben  
(Einheiten, Irrtumswahrscheinlichkeit, apriori-Standardabweichung, Datum + Uhrzeit der AGL...)
- Verzeichnis der Nährungs-  
koordinaten

(a ... Ausgleichung)

# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-2) – .o1a-Datei

Beobachtungen vor der Ausgleichung						
Gruppe : 1:    Hoehendifferenzen		SHD = .50 [MM/km]				
Bemerkung : DIN112						
Masstab :						
Lfd. Nr.	standpunkt	Zielpunkt	H-Diff. (gemessen) [m]	H-Diff. (berechnet) [m]	Abs. Glied [MM]	Standard-abw. [MM]
1	MZG18.1	HKG17.3	1.18613	1.18605	.08	.05
2	HKG17.3	HKG17.2	2.45995	2.45999	-.04	.03
3	HKG17.2	HKG17.1	2.29617	2.29629	-.12	.03
4	HKG17.1	HKG16.2	2.62781	2.62788	-.07	.03
5	HKG16.2	HKG16.1	2.68157	2.68155	.02	.04
6	HKG16.1	HKG15.2	2.66172	2.66171	.01	.03
7	HKG15.2	HKG15.1	2.65443	2.65445	-.02	.04
8	HKG15.1	HKG14.2	2.66419	2.66419	.00	.03
9	HKG14.2	HKG14.1	2.65416	2.65411	.05	.04
10	HKG14.1	HKG13.2	2.65432	2.65432	.00	.03
11	HKG13.2	HKG13.1	2.66263	2.66275	-.12	.04
12	HKG13.1	HKG12.2	2.67125	2.67091	.34	.03
13	HKG12.2	HKG12.1	2.66062	2.66073	-.11	.04
14	HKG12.1	HKG11.3	2.65049	2.65030	.19	.03
15	HKG11.3	HKG11.2	.56416	.56413	.03	.03
16	HFP16	HFP15.1	-5.35847	-5.35825	-.22	.17
17	HFP15.1	HFP15.2	-1.38022	-1.38029	.07	.09
18	HFP15.2	HFP15.3	-.47320	-.47300	-.20	.05
19	HFP15.3	HFP25	-4.49171	-4.49160	-.11	.18
20	HFP25	MK0	-.45047	-.45047	.00	.06
21	MK0	MK1	-.00421	-.00437	.16	.04
22	MK1	MK2	.00346	.00378	-.32	.05
23	MK2	MK3	-.00285	-.00269	-.16	.05
24	MK3	MK4	.00045	.00003	.42	.05
25	MK4	AL5	-.44884	-.44953	.69	.06
26	AL5	MK6	.31640	.31592	.48	.07
27	MK6	AL7	-.34199	-.34166	-.33	.06
28	AL7	MK8	.34603	.34562	.41	.06
29	MK8	AL9	-.29627	-.29597	-.30	.06
30	AL9	MK10	.29204	.29160	.44	.06
31	MK10	AL11	-.29311	-.29234	-.77	.06
32	AL11	MK12	.29397	.29383	.14	.06
33	MK12	AL13	-.31540	-.31492	-.48	.06
34	AL13	MK14	.30646	.30589	.57	.06
35	MK14	AL15	-.28245	-.28207	-.38	.06
36	AL15	MK16	.28516	.28454	.62	.06
37	MK16	AL17	-.29394	-.29368	-.26	.07
38	AL17	AL18	-.06476	-.06466	-.10	.06
39	AL18	OKI0	-.06874	-.06877	.03	.05
40	OKI0	MK18.2	.55301	.55358	-.57	.06
41	MK18.2	MK18.1	-.11874	-.12002	1.28	.04
42	MK18.1	MK19.1	.00942	.00908	.34	.08

PAN V2.7

3. Januar 2012 14.45 Uhr  
Thüringer Fernwasserversorgung

Seite : 10

Beobachtungen vor der Ausgleichung						
Lfd. Nr.	standpunkt	Zielpunkt	H-Diff. (gemessen) [m]	H-Diff. (berechnet) [m]	Abs. Glied [MM]	Standard-abw. [MM]
43	MK19.1	MK19.2	.10221	.10364	-1.43	.04
44	MK19.2	AL20	-.42250	-.42370	1.20	.05
45	AL20	AL21	-.05232	-.05209	-.23	.06

## .o1a-Datei (II)

- Standardabweichung der Grundgesamtheit (Genauigkeitsvorgabe)  
SHD entspricht  $\sigma_{1\text{km}} = 0,5 \text{ mm}$
- Beobachtungen vor der AGL  
H-Diff. (gemessen) = alle einzelnen tatsächlich gemessenen Höhenunterschiede,  
H-Diff. (berechnet) = aus den Näherungskoordinaten berechneter Höhenunterschied

# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-3) – .o1a-Datei

## .o1a-Datei (III-1)

### • wichtiger Kontrollabschnitt!

• Beobachtungen vor der AGL  
H-Diff. = alle einzelnen  
tatsächlich gemessenen Höhen-  
unterschiede

• Verb. = Verbesserung =  
Verbesserung durch die AGL

• Norm. Verb. = Normierte  
Verbesserung (Betrag der Verb./  
Stabw. der GE × Stabw. vor AGL  
×  
Red. Ant.) -  
Ziel dieses Parameters: Vergleich-  
barkeit der Verbesserungen  
untereinander sowie mit dem  
Parameter der Tau-Verteilung

Beobachtungen und Grobfehlersuche								
Lfd. Nr.	Standpunkt	Zielpunkt	H-Diff. [m]	Verb. [MM]	Norm. Verb.	Red. Ant.	Nabla L [MM]	EP [MM]
513	S2	S1	-2.06753	-.04	.70	.50	.61	.04
514	S1	HFP16	-1.52144	.05	.75	.50	.72	-.05
515	HKG16.2	VG16.1	1.36711	.01	.78	.50	.21	-.01
516	VG16.1	VG16.2	.06109	.00	.18	.50	.31	.01
517	VG16.2	VG16.4	3.26451	-.04	1.11	.50	.44	.05
518	VG16.4	VG15	.03574	-.01	.42	.50	.26	.01
519	VG15	VG14	.03722	.01	.18	.50	.29	.00
520	VG14	VG13	.05373	-.02	.54	.50	.30	.01
521	VG13	HPQ1	.26851	.00	.00	.50	.36	.00
522	HPQ1	HPQ2	.08895	-.02	.74	.50	.29	.02
523	HPQ2	HPQ3	.03857	.02	.87	.50	.19	.01
524	HPQ3	HPQ4	.07261	-.03	1.25	.50	.26	.03
525	HPQ4	FBQ4	2.86626	.09	3.94	.50	.26	-.10
526	FBQ4	FBQ3	-.10003	-.09	3.65	.50	.25	.08
527	FBQ3	FBQ2	-.17633	-.01	.36	.50	.19	.01
528	FBQ2	FBQ1	-.15784	-.06	2.04	.50	.29	.05
529	FBQ1	Port2	-2.67919	-.01	.37	.50	.29	.01
530	Port3	HPQ3.1	.03838	-.03	1.19	.53	.22	.02
531	HPQ3.1	HPQ3.2	-.00089	.00	.04	.47	.23	.00
532	HPQ3.2	HPQ2.2	.01717	.02	.76	.54	.25	-.02
533	HPQ2.2	HPQ2.1	.04204	-.02	1.03	.53	.20	.02
534	HPQ2.1	HPQ1.2	.11129	.01	.18	.60	.38	-.01
535	HPQ1.2	HPQ1.1	.01089	-.03	1.41	.52	.19	.02
536	HPQ1.1	FBQ1.1	2.46253	.02	1.64	.52	.16	-.02
537	FBQ1.1	FBQ1.2	-.00377	-.05	2.66	.51	.19	.05
538	FBQ1.2	FBQ2.1	-.36799	.08	1.85	.61	.39	-.05
539	FBQ2.1	FBQ2.2	.01808	.02	1.42	.52	.18	-.02
540	FBQ2.2	FBQ3.1	-.11802	-.06	2.16	.55	.28	.05
541	FBQ3.1	Port3	-2.20963	-.06	2.59	.53	.22	.05
542	Port3	FBQ3.1	2.20974	-.05	2.53	.53	.22	.05
543	FBQ3.1	FBQ2.2	.11814	-.06	2.08	.55	.28	.05
544	FBQ2.2	FBQ2.1	-.01813	.03	1.46	.52	.18	-.02
545	FBQ2.1	FBQ1.2	.36782	.09	1.96	.61	.39	-.06
546	FBQ1.2	FBQ1.1	.00387	-.05	2.61	.53	.19	.04
547	FBQ1.1	HPQ1.1	-2.46258	.03	1.68	.51	.16	-.02
548	HPQ1.1	HPQ1.2	-.01084	-.02	1.36	.52	.19	.02
549	HPQ1.2	HPQ2.1	-.11131	.01	.28	.60	.38	-.01
550	HPQ2.1	HPQ2.2	-.04200	-.02	.97	.52	.20	.02
551	HPQ2.2	HPQ3.2	-.01721	.02	.82	.54	.25	-.02
552	HPQ3.2	HPQ3.1	.00089	.00	.03	.60	.24	.00
553	HPQ3.1	Port3	-.03833	-.02	1.13	.53	.22	.02
554	Port2	FBQ1	2.67921	-.01	.37	.50	.29	.01
555	FBQ1	FBQ2	.15795	-.06	2.04	.50	.29	.05
556	FBQ2	FBQ3	.17635	-.01	.56	.50	.19	.01
557	FBQ3	FBQ4	.10020	-.08	3.65	.50	.25	.09
558	FBQ4	HPQ4	-2.86645	.10	3.94	.50	.26	-.09
559	HPQ4	HPQ3	-.07255	-.03	1.25	.50	.26	.03



# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-3) – .o1a-Datei

## .o1a-Datei (III-2)

- **wichtiger Kontrollabschnitt!**
- **Ziel: Detektion von groben Fehlern mittels eines „robusten“ statistischen Schätzverfahrens (hier L1–Ausgleichung genannt); Robustes Schätzverfahren = Verfahren reagiert nicht sensibel auf grobe Fehler**
- **Anhand von „Verb.“ und „Norm. Verb.“ und „Grenze der Tau-Verteilung“ Entscheidung möglich, ob ein grober Fehler vorliegt!**

Beobachtungen und Grobfehlersuche								
Lfd. Nr.	Standpunkt	Zielpunkt	H-Diff. [m]	Verb. [MM]	Norm. Verb.	Red. Ant.	Nabla L [MM]	EP [MM]
513	S2	S1	-2.06753	-.04	.70	.50	.61	.04
514	S1	HFP16	-1.52144	.05	.75	.50	.72	-.05
515	HKG16.2	VG16.1	1.36711	.01	.78	.50	.21	-.01
516	VG16.1	VG16.2	.06109	.00	.18	.50	.31	.01
517	VG16.2	VG16.4	3.26451	-.04	1.11	.50	.44	.05
518	VG16.4	VG15	.03574	-.01	.42	.50	.26	.01
519	VG15	VG14	.03722	.01	.18	.50	.29	.00
520	VG14	VG13	.05373	-.02	.54	.50	.30	.01
521	VG13	HPQ1	.26851	.00	.00	.50	.36	.00
522	HPQ1	HPQ2	.08895	-.02	.74	.50	.29	.02
523	HPQ2	HPQ3	.03857	-.02	.07	.50	.19	.01
524	HPQ3	HPQ4	.07261	-.03	1.25	.50	.26	.03
525	HPQ4	FBQ4	2.86626	.09	3.94	.50	.26	-.10
526	FBQ4	FBQ3	-.10003	-.09	3.65	.50	.25	.08
527	FBQ3	FBQ2	-.17633	-.01	.36	.50	.19	.01
528	FBQ2	FBQ1	-.15784	-.06	2.04	.50	.29	.05
529	FBQ1	Port2	-2.67919	-.01	.37	.50	.29	.01
530	Port3	HPQ3.1	.03838	-.03	1.19	.53	.22	.02
531	HPQ3.1	HPQ3.2	-.00089	.00	.04	.47	.23	.00
532	HPQ3.2	HPQ2.2	.01717	.02	.76	.54	.25	-.02
533	HPQ2.2	HPQ2.1	.04204	-.02	1.03	.53	.20	.02
534	HPQ2.1	HPQ1.2	.11129	.01	.18	.60	.38	-.01
535	HPQ1.2	HPQ1.1	.01089	-.03	1.41	.52	.19	.02
536	HPQ1.1	FBQ1.1	2.46253	.02	1.64	.52	.16	-.02
537	FBQ1.1	FBQ1.2	-.00377	-.05	2.66	.51	.19	.05
538	FBQ1.2	FBQ2.1	-.36799	.08	1.85	.61	.39	-.05
539	FBQ2.1	FBQ2.2	.01808	.02	1.42	.52	.18	-.02
540	FBQ2.2	FBQ3.1	-.11802	-.06	2.16	.55	.28	.05
541	FBQ3.1	Port3	-2.20963	-.06	2.59	.53	.22	.05
542	Port3	FBQ3.1	2.20974	-.05	2.53	.53	.22	.05
543	FBQ3.1	FBQ2.2	.11814	-.06	2.08	.55	.28	.05
544	FBQ2.2	FBQ2.1	-.01813	.03	1.46	.52	.18	-.02
545	FBQ2.1	FBQ1.2	.36782	.09	1.96	.61	.39	-.06
546	FBQ1.2	FBQ1.1	.00387	-.05	2.61	.53	.19	.04
547	FBQ1.1	HPQ1.1	-2.46258	.03	1.68	.51	.16	-.02
548	HPQ1.1	HPQ1.2	-.01084	-.02	1.36	.52	.19	.02
549	HPQ1.2	HPQ2.1	-.11131	.01	.28	.60	.38	-.01
550	HPQ2.1	HPQ2.2	-.04200	-.02	.97	.52	.20	.02
551	HPQ2.2	HPQ3.2	-.01721	.02	.82	.54	.25	-.02
552	HPQ3.2	HPQ3.1	.00089	.00	.03	.60	.24	.00
553	HPQ3.1	Port3	-.03833	-.02	1.13	.53	.22	.02
554	Port2	FBQ1	2.67921	-.01	.37	.50	.29	.01
555	FBQ1	FBQ2	.15795	-.06	2.04	.50	.29	.05
556	FBQ2	FBQ3	.17635	-.01	.56	.50	.19	.01
557	FBQ3	FBQ4	.10020	-.08	3.65	.50	.25	.09
558	FBQ4	HPQ4	-2.86645	.10	3.94	.50	.26	-.09
559	HPQ4	HPQ3	-.07255	-.03	1.25	.50	.26	.03

# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-3) – .o1a-Datei

## .o1a-Datei (III-3)

- Red. Ant. = Redundanzanteil;  
Parameter der inneren  
Zuverlässigkeit

Red. Ant. =

$$1 - \frac{[(\text{Stabw. aposteriori})^2]}{(\text{Stabw. apriori})^2}$$

siehe auch Abschnitt Varianz-  
komponentenschätzung

Red. Ant. < 0,3: schlecht kontrollierbare  
Beobachtung, Aufdeckung von groben  
Fehlern kaum möglich

0,3 < Red. Ant. < 0,7: gut gegenseitige  
kontrollierbare Beobachtung

Red. Ant. > 0,7: sehr gut durch andere  
Beobachtungen kontrolliert

Red. Ant. ~ 1,0: vollständig durch andere  
Beobachtungen kontrolliert

**Nachbemerkung: Alle Red. Ant. besitzen  
einen Betrag zwischen 0,45 und 0,86, d. h.,  
die Beobachtungen sind gut kontrolliert;  
es gibt kaum unnötig häufig beobachtete  
Punkte**

Beobachtungen und Grobfehlersuche								
Lfd. Nr.	Standpunkt	Zielpunkt	H-Diff. [m]	Verb. [mm]	Norm. Verb.	Red. Ant.	Nabla L [mm]	EP [mm]
513	S2	S1	-2.06753	-.04	.70	.50	.61	.04
514	S1	HFP16	-1.52144	.05	.75	.50	.72	-.05
515	HKG16.2	VG16.1	1.36711	.01	.78	.50	.21	-.01
516	VG16.1	VG16.2	.06109	.00	.18	.50	.31	.01
517	VG16.2	VG16.4	3.26451	-.04	1.11	.50	.44	.05
518	VG16.4	VG15	.03574	-.01	.42	.50	.26	.01
519	VG15	VG14	.03722	.01	.18	.50	.29	.00
520	VG14	VG13	.05373	-.02	.54	.50	.30	.01
521	VG13	HPQ1	.26851	.00	.00	.50	.36	.00
522	HPQ1	HPQ2	.08895	-.02	.74	.50	.29	.02
523	HPQ2	HPQ3	.03857	-.02	.87	.50	.19	.01
524	HPQ3	HPQ4	.07261	-.03	1.25	.50	.26	.03
525	HPQ4	FBQ4	2.86626	.09	3.94	.50	.26	-.10
526	FBQ4	FBQ3	-.10003	-.09	3.65	.50	.25	.08
527	FBQ3	FBQ2	-.17633	-.01	.56	.50	.19	.01
528	FBQ2	FBQ1	-.15784	-.06	2.04	.50	.29	.05
529	FBQ1	Port2	-2.67919	-.01	.37	.50	.29	.01
530	Port3	HPQ3.1	.03838	-.03	1.19	.53	.22	.02
531	HPQ3.1	HPQ3.2	-.00089	.00	.04	.47	.23	.00
532	HPQ3.2	HPQ2.2	.01717	.02	.76	.54	.25	-.02
533	HPQ2.2	HPQ2.1	.04204	-.02	1.03	.53	.20	.02
534	HPQ2.1	HPQ1.2	.11129	.01	.18	.60	.38	-.01
535	HPQ1.2	HPQ1.1	.01089	-.03	1.41	.52	.19	.02
536	HPQ1.1	FBQ1.1	2.46253	.02	1.64	.52	.16	-.02
537	FBQ1.1	FBQ1.2	-.00377	-.05	2.66	.51	.19	.05
538	FBQ1.2	FBQ2.1	-.36799	.08	1.85	.61	.39	-.05
539	FBQ2.1	FBQ2.2	.01808	.02	1.42	.52	.18	-.02
540	FBQ2.2	FBQ3.1	-.11802	-.06	2.16	.55	.28	.05
541	FBQ3.1	Port3	-2.20963	-.06	2.59	.53	.22	.05
542	Port3	FBQ3.1	2.20974	-.05	2.53	.53	.22	.05
543	FBQ3.1	FBQ2.2	.11814	-.06	2.08	.55	.28	.05
544	FBQ2.2	FBQ2.1	-.01813	.03	1.46	.52	.18	-.02
545	FBQ2.1	FBQ1.2	.36782	.09	1.96	.61	.39	-.06
546	FBQ1.2	FBQ1.1	.00387	-.05	2.61	.53	.19	.04
547	FBQ1.1	HPQ1.1	-2.46258	.03	1.68	.51	.16	-.02
548	HPQ1.1	HPQ1.2	-.01084	-.02	1.36	.52	.19	.02
549	HPQ1.2	HPQ2.1	-.11131	.01	.28	.60	.38	-.01
550	HPQ2.1	HPQ2.2	-.04200	-.02	.97	.52	.20	.02
551	HPQ2.2	HPQ3.2	-.01721	.02	.82	.54	.25	-.02
552	HPQ3.2	HPQ3.1	.00089	.00	.03	.60	.24	.00
553	HPQ3.1	Port3	-.03833	-.02	1.13	.53	.22	.02
554	Port2	FBQ1	2.67921	-.01	.37	.50	.29	.01
555	FBQ1	FBQ2	.15795	-.06	2.04	.50	.29	.05
556	FBQ2	FBQ3	.17635	-.01	.56	.50	.19	.01
557	FBQ3	FBQ4	.10020	-.08	3.65	.50	.25	.09
558	FBQ4	HPQ4	-2.86645	.10	3.94	.50	.26	-.09
559	HPQ4	HPQ3	-.07255	-.03	1.25	.50	.26	.03

# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-3) – .o1a-Datei

## .o1a-Datei (III-4)

Beobachtungen und Grobfehlersuche								
Lfd. Nr.	Standpunkt	Zielpunkt	H-Diff. [m]	Verb. [MM]	Norm. Verb.	Red. Ant.	Nabla L [MM]	EP [MM]
513	S2	S1	-2.06753	-.04	.70	.50	.61	.04
514	S1	HFP16	-1.52144	.05	.75	.50	.72	-.05
515	HKG16.2	VG16.1	1.36711	.01	.78	.50	.21	-.01
516	VG16.1	VG16.2	.06109	.00	.18	.50	.31	.01
517	VG16.2	VG16.4	3.26451	-.04	1.11	.50	.44	.05
518	VG16.4	VG15	.03574	-.01	.42	.50	.26	.01
519	VG15	VG14	.03722	.01	.18	.50	.29	.00
520	VG14	VG13	.05373	-.02	.54	.50	.30	.01
521	VG13	HPQ1	.26851	.00	.00	.50	.36	.00
522	HPQ1	HPQ2	.08895	-.02	.74	.50	.29	.02
523	HPQ2	HPQ3	.03857	-.02	.87	.50	.19	.01
524	HPQ3	HPQ4	.07261	-.03	1.25	.50	.26	.03
525	HPQ4	FBQ4	2.86626	.09	3.94	.50	.26	-.10
526	FBQ4	FBQ3	-.10003	-.09	3.65	.50	.25	.08
527	FBQ3	FBQ2	-.17633	-.01	.56	.50	.19	.01
528	FBQ2	FBQ1	-.15784	-.06	2.04	.50	.29	.05
529	FBQ1	Port2	-2.67919	-.01	.37	.50	.29	.01
530	Port3	HPQ3.1	.03838	-.03	1.19	.53	.22	.02
531	HPQ3.1	HPQ3.2	-.00089	.00	.04	.47	.23	.00
532	HPQ3.2	HPQ2.2	.01717	.02	.76	.54	.25	-.02
533	HPQ2.2	HPQ2.1	.04204	-.02	1.03	.53	.20	.02
534	HPQ2.1	HPQ1.2	.11129	.01	.18	.60	.38	-.01
535	HPQ1.2	HPQ1.1	.01089	-.03	1.41	.52	.19	.02
536	HPQ1.1	FBQ1.1	2.46253	.02	1.64	.52	.16	-.02
537	FBQ1.1	FBQ1.2	-.00377	-.05	2.66	.51	.19	.05
538	FBQ1.2	FBQ2.1	-.36799	.08	1.85	.61	.39	-.05
539	FBQ2.1	FBQ2.2	.01808	.02	1.42	.52	.18	-.02
540	FBQ2.2	FBQ3.1	-.11802	-.06	2.16	.55	.28	.05
541	FBQ3.1	Port3	-2.20963	-.06	2.59	.53	.22	.05
542	Port3	FBQ3.1	2.20974	-.05	2.53	.53	.22	.05
543	FBQ3.1	FBQ2.2	.11814	-.06	2.08	.55	.28	.05
544	FBQ2.2	FBQ2.1	-.01813	.03	1.46	.52	.18	-.02
545	FBQ2.1	FBQ1.2	.36782	.09	1.96	.61	.39	-.06
546	FBQ1.2	FBQ1.1	.00387	-.05	2.61	.53	.19	.04
547	FBQ1.1	HPQ1.1	-2.46258	.03	1.68	.51	.16	-.02
548	HPQ1.1	HPQ1.2	-.01084	-.02	1.36	.52	.19	.02
549	HPQ1.2	HPQ2.1	-.11131	.01	.28	.60	.38	-.01
550	HPQ2.1	HPQ2.2	-.04200	-.02	.97	.52	.20	.02
551	HPQ2.2	HPQ3.2	-.01721	.02	.82	.54	.25	-.02
552	HPQ3.2	HPQ3.1	.00089	.00	.03	.60	.24	.00
553	HPQ3.1	Port3	-.03833	-.02	1.13	.53	.22	.02
554	Port2	FBQ1	2.67921	-.01	.37	.50	.29	.01
555	FBQ1	FBQ2	.15795	-.06	2.04	.50	.29	.05
556	FBQ2	FBQ3	.17635	-.01	.56	.50	.19	.01
557	FBQ3	FBQ4	.10020	-.08	3.65	.50	.25	.09
558	FBQ4	HPQ4	-2.86645	.10	3.94	.50	.26	-.09
559	HPQ4	HPQ3	-.07255	-.03	1.25	.50	.26	.03

- **Nabla L**  
Betrag der Unsicherheit einer Beobachtung, damit er im Globaltest für die theoretische Varianz (apriori) zur Ablehnung der Nullhypothese führt
- **EP**  
Parameter der äußeren Zuverlässigkeit = Betrag der Relativverschiebung, wenn die Beobachtung nicht an der Ausgleichung teilnehmen würde

## .o1a-Datei (III-5)

- Grenzwert der Tau-Verteilung

Beobachtungen und Grobfehlersuche								
Lfd. Nr.	Standpunkt	Zielpunkt	H-Diff.  [m]	Verb.  [MM]	Norm. Verb.	Red. Ant.	Nabla L [MM]	EP  [MM]
560	HPQ3	HPQ2	- .03854	- .01	.87	.50	.19	.02
561	HPQ2	HPQ1	-.08891	-.02	.74	.50	.29	.02
562	HPQ1	VG13	-.26851	.00	.00	.50	.36	.00
563	VG13	VG14	-.05370	-.01	.54	.50	.30	.02
564	VG14	VG15	-.03723	.00	.18	.50	.29	-.01
565	VG15	VG16.4	-.03572	-.01	.42	.50	.26	.01
566	VG16.4	VG16.2	-3.26442	-.05	1.11	.50	.44	.04
567	VG16.2	VG16.1	-.06108	-.01	.18	.50	.31	.00
568	VG16.1	HKG16.2	-1.36714	.01	.78	.50	.21	-.01
569	KoIU	OkiO	88.65189	.13	.39	.86	1.98	-.02
570	OkiO	KoIU	-88.65189	-.13	.39	.86	1.98	.02

Die Beobachtung Nr. 525 hat die groeszte normierte verbesserung : 3.94  
Grenzwert der TAU-Verteilung ( ALPHA = .050 ) : 4.00

PAN V2.7
3. Januar 2012 14.45 Uhr  
Thüringer Fernwasserversorgung
Seite : 35

# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-4) – .o1a-Datei

```
-----
Varianzkomponentenschätzung
-----
Globaltest fuer die theoretische Varianz:
-----
Varianz der Gewichtseinheit ( a priori )      :      1.000
Varianz der Gewichtseinheit ( a posteriori )   :      .592

Testgroesse :      1.690
Quantil der F-Verteilung :      1.170
Freiheitsgrade im Zaehler :      999
Freiheitsgrade im Nenner :      300

Die empirische Varianz stimmt mit .950 Sicherheitswahrscheinlichkeit
nicht mit der theoretischen Varianz ueberein.

Eine Aenderung der a-priori Standardabweichung wird empfohlen !
-----

Varianzkomponentenschätzung
-----
Varianzkomponenten-Schätzung:
-----
Nr.  Art          Bemerkung          VPV      RED      (S0)2      Angepasstes SBeo
1    HD  DINI12          177.512    300.000    .592    .38 MM/KM

Summenprobe :
-----
          Art          VPV      RED
          HD          177.5121    300.0000
          GESAMT      177.5121    300.0000
          PROBE       -177.5121     300
          Summe 1Pv   bzw. Summe Freiheitsgrade

-----
Netzspezifische Groessen
-----

Anzahl der Beobachtungen:      570
Anzahl der Richtungen:         0
Anzahl der Azimute:             0
Anzahl der Zenitwinkel:         0
Anzahl der Strecken:            0
Anzahl der Hoehendifferenzen:   570
Anzahl der gem. Koordinaten:     0
Anzahl der gem. Koordinatendifferenzen: 0

Anzahl der Netzkpunkte:         271
Anzahl der Festpunkte:          1
Anzahl der Datumpunkte:         0

Anzahl der Punkunbekannten:     270
Anzahl der Zusatzparameter:      0
Anzahl der eliminierten Orientierungsunbekannten: 0

Freie Netzparameter ( Rangdefekt ):      0
Freiheitsgrade der Ausgleichung:         300
Standardabw. der Gewichtseinheit ( apri ): 1.000
Standardabw. der Gewichtseinheit ( apost ): .769
```

## .o1a-Datei (IV-1)

- Varianzkomponentenschätzung (Hinweis: Beide Varianzen sollten nur geringfügig voneinander abweichen. Eine erneute AGL mit angepasster Varianz (z. B. 0,6) ergibt keine Veränderung der ausgeglichenen Höhen

**Empfehlung:** Auf eine Änderung der a-priori Standardabweichung mit erneuter Ausgleichung kann bei eindimensionalen Problemen verzichtet werden.

# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-4) – .o1a-Datei

```

-----
Varianzkomponentenschätzung
-----
Globaltest fuer die theoretische Varianz:
-----
Varianz der Gewichtseinheit ( a priori )      :      1.000
Varianz der Gewichtseinheit ( a posteriori )   :      .592

Testgroesse :                      1.690
Quantil der F-Verteilung :          1.170
Freiheitsgrade im Zaehler :          999
Freiheitsgrade im Nenner :           300

Die empirische Varianz stimmt mit .950 Sicherheitswahrscheinlichkeit
nicht mit der theoretischen Varianz ueberein.

Eine Aenderung der a-priori Standardabweichung wird empfohlen !

-----
Varianzkomponentenschätzung
-----
Varianzkomponenten-Schätzung:
-----
Nr.  Art      Bemerkung      VPV      RED      (S0)2      Angepasstes SBeo
-----
  1   HD   DINI12      177.512   300.000   .592   .38 MM/KM

Summenprobe :
-----
      Art      VPV      RED
-----
      HD      177.5121   300.0000
      GESAMT  177.5121   300.0000
      PROBE   -177.5121    300
-----
Summe 1Pv bzw. Summe Freiheitsgrade

-----
Netzspezifische Groessen
-----

Anzahl der Beobachtungen:      570
Anzahl der Richtungen:         0
Anzahl der Azimute:            0
Anzahl der Zenitwinkel:        0
Anzahl der Strecken:           0
Anzahl der Hoehendifferenzen:  570
Anzahl der gem. Koordinaten:    0
Anzahl der gem. Koordinatendifferenzen: 0

Anzahl der Netzpunkte:      271
Anzahl der Festpunkte:       1
Anzahl der Datumpunkte:      0

Anzahl der Punkunbekannten:   270
Anzahl der Zusatzparameter:   0
Anzahl der eliminierten Orientierungsunbekannten: 0

Freie Netzparameter ( Rangdefekt ):      0
Freiheitsgrade der Ausgleichung:          300
Standardabw. der Gewichtseinheit ( apri ): 1.000
Standardabw. der Gewichtseinheit ( apost ): .769

```

## .o1a-Datei (IV-2)

- **VPV ... Quadratsumme aller Verbesserungen**
- **RED ... Redundanzanteile (Überbestimmungen = Freiheitsgrade in der Ausgleichung)**
- **(S0)2 ... Varianz der Gewichtseinheit aposteriori**  
(s0)2 = VPV/RED
- **angepasstes SBeo ... entspricht dem  $S_{1km}$  der Messanweisung**
- **Bedingung prüfen:**  
 $|VPV_{gesamt}| = |VPV_{Probe}|$
- **(S0)2 = Quadrat der 'Standardabweichung der Gewichtseinheit (aposteriori)'**

# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-5) – .o1a-Datei

Koordinaten nach der Ausgleichung				
Lfd. NR.	Punkt	Höhe [m]	dz [MM]	sz [MM]
1	HFP-17 +	348.34926		
2	0201	471.20609	1.39	.29
3	0202	471.20609	1.45	.29
4	0203	471.20163	1.45	.29
5	0204	471.20807	1.50	.28
6	0221	365.61956	2.03	.15
7	0222	365.61514	2.16	.15
8	0231	393.95962	.78	.17
9	0232	393.94812	.77	.17
10	0241	380.61163	1.23	.14
11	0242	380.60243	.93	.14
12	0281	367.65200	.23	.15
13	0282	367.65202	.10	.15
14	0283	367.84714	.27	.15
15	0284	367.82264	-.02	.15
16	0291	379.98952	.39	.15
17	0292	380.00294	.40	.14
18	0293	380.12074	.44	.15
19	0294	380.02575	.36	.14
20	0301	450.02130	.83	.18
21	0302	450.01679	.77	.18
PAN V2.7      3. Januar 2012 14.45 Uhr      Seite : 39 Thüringer Fernwasserversorgung				
Koordinaten nach der Ausgleichung				
Lfd. NR.	Punkt	Höhe [m]	dz [MM]	sz [MM]
22	0303	450.01922	.82	.18
23	0304	450.01853	.80	.18
24	0311	470.67402	1.43	.27
25	0801	346.51881	.34	.10
26	0802	346.52175	.46	.10
27	0803	346.44719	.31	.11
28	0804	346.43253	.35	.11
29	0805	346.43351	.46	.12
30	0806	346.44635	.47	.12
31	0807	346.55845	.47	.12
32	0808	346.56281	.56	.12
33	AL11	443.71813	1.23	.16
34	AL13	443.69671	.90	.17
35	AL15	443.72071	1.08	.17
36	AL17	443.71188	1.39	.16
37	AL18	443.64719	1.36	.16
38	AL20	443.70189	2.25	.17
39	AL21	443.64958	2.03	.17
40	AL23	443.71751	1.71	.17
41	AL25	443.68963	1.86	.17
42	AL27	443.70614	1.86	.17

## .o1a-Datei (V)

- Koordinaten nach der Ausgleichung (Höhen)
- unveränderte Punkte erkennbar (Plus-Zeichen hinter der Punktbezeichnung)
- dz ... Abweichung zur Näherungskordinate (siehe vor)
- sz ... Standardabweichung der Einzelbestimmung
- HP 0203 ... große Entfernung zum HFP 17 (ca. 90 Instr.-st.-pkte. und R = ca. 1500 m) → hohe Stabw. → relativ ungenaue Bestimmung
- HP 0801 ... kleine Entfernung zum HFP 17 (5 Instrumenstandpunkte und R ca. 154 m) → relativ genaue Bestimmung



# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-6) – .o1a-Datei

Punktbezogene Genauigkeitsmasze

Vertrauensbereich innerhalb einer Standardabweichung

Lfd. Nr.	Punkt	U [m]	O [m]
2	0201	471.20580	471.20639
3	0202	471.20996	471.21050
4	0203	471.20135	471.20192
5	0204	471.20779	471.20835
6	0221	365.61941	365.61971
7	0222	365.61499	365.61530
8	0231	393.95945	393.95979
9	0232	393.94795	393.94828
10	0241	380.61149	380.61178
11	0242	380.60229	380.60257
12	0281	367.65185	367.65215
13	0282	367.65187	367.65218
14	0283	367.84699	367.84729
15	0284	367.82248	367.82279
16	0291	379.98937	379.98967
17	0292	380.00280	380.00308
18	0293	380.12059	380.12088
19	0294	380.02560	380.02589
20	0301	450.02113	450.02148
21	0302	450.01661	450.01697
22	0303	450.01904	450.01939
23	0304	450.01835	450.01871
24	0311	470.67455	470.67509
25	0801	346.51871	346.51891
26	0802	346.52165	346.52185
27	0803	346.44708	346.44730
28	0804	346.43242	346.43264
29	0805	346.43338	346.43363
30	0806	346.44622	346.44647
31	0807	346.55833	346.55857
32	0808	346.56270	346.56293
33	AL11	443.71796	443.71829
34	AL13	443.69654	443.69687
35	AL15	443.72054	443.72087
36	AL17	443.71171	443.71204
37	AL18	443.64702	443.64735
38	AL20	443.70172	443.70206
39	AL21	443.64941	443.64975
40	AL23	443.71734	443.71768
41	AL25	443.68946	443.68980
42	AL27	443.70597	443.70631
43	AL29	443.70579	443.70613
44	AL30	443.69845	443.69879
45	AL31	443.72255	443.72288

## .o1a-Datei (VI)

- punktbezogene Genauigkeitsmasze für eine Stabw (**P = 68,3%**)
- Angabe der oberen und unteren Grenze für eine Stabw (**P = 68,3%**)
- HP 0203 = 471,20163 mHN mit sz = 0,29 mm
- HP 0203 + sz = 471,20192 mHN (471,20163 + 0,00029)
- HP 0203 – sz = 471,20135 mHN (471,20163 - 0,00029)



# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-6) – .o1a-Datei

## Punktbezogene Genauigkeitsmasze

Vertrauensbereich innerhalb einer Standardabweichung

Lfd. Nr.	Punkt	U [m]	O [m]
2	0201	471.20580	471.20639
3	0202	471.20996	471.21050
4	0203	471.20135	471.20192
5	0204	471.20779	471.20835
6	0221	365.61941	365.61971
7	0222	365.61499	365.61530
8	0231	393.95945	393.95979
9	0232	393.94795	393.94828
10	0241	380.61149	380.61178
11	0242	380.60229	380.60257
12	0281	367.65185	367.65215
13	0282	367.65187	367.65218
14	0283	367.84699	367.84729
15	0284	367.82248	367.82279
16	0291	379.98937	379.98967
17	0292	380.00280	380.00308
18	0293	380.12050	380.12088

## .o1a-Datei (VI)

- punktbezogene Genauigkeitsmasze für eine Stabw (**P = 68,3%**)
- Angabe der oberen und unteren Grenze für eine Stabw (**P = 68,3%**)
- HP 0203 = 471,20163 mHN mit sz = 0,29 mm
- HP 0203 + sz = 471,20192 mHN (471,20163 + 0,00029)

## TS Leibis/Liche. Vertikalverschiebungsmessung - Übersicht zu den erreichten Genauigkeiten (Geometrisches Nivellement)

Numme der Folgemessung	Mittelwert	mit Invarstab			ohne Invarstab			5. VH			4. VH			3. VH			2. VH		
		FM 21	FM 20	FM 20	FM 19	FM 18	FM 17	FM 16	FM 15	FM 14	FM 13	FM 12	FM 11	FM 10	FM 9	FM 10	FM 9	FM 10	FM 9
Zeitraum	von FM 9	Oktober 2011	April 2011	April 2011	Nov. 2010	April 2010	Dez. 2009	Mai 2009	Nov. 2008	Juni 2008	Jan. 2008	Juni 2007	Nov. 2006	Aug. 2006	März 2006				
Ø Beckenpegel im Zeitraum der Messung	bis FM 20	433,80 mHN	435,92 mHN	435,92 mHN	434,80 mHN	441,00 mHN	436,00 mHN	436,01 mHN	433,45 mHN	434,50 mHN	430,10 mHN	426,90 mHN	412,50 mHN	411,40 mHN	396,90 mHN				
Standardabweichung der Gewichtseinheit a posteriori																			
angepasstes $S_{\text{Beo,PANDA}}$ [mm/km]	0,43	0,38	0,34	0,34	0,43	0,42	0,49	0,60	0,43	0,43	0,40	0,41	0,38	0,38	0,42				
$S_{\text{o}}^2$ für $S_{\text{HD}} = 0,5$ mm/km		0,592	0,462	0,465	0,725	0,697	0,955	1,436	0,727	0,757	0,634								
Punktbezogene Genauigkeit (Vertrauensbereich eine Standardabweichung: P = 68,3%)																			
Mittelwert der Spannweiten [mm]		0,29	0,25	0,26	0,32	0,31	0,36	0,44	0,32	0,30	0,30	0,31	0,28	0,27	0,35				
Maximum Spannweite [mm]		0,59	0,51	0,52	0,65	0,63	0,74	0,90	0,62	0,49	0,58	0,61	0,54	0,42	0,47				
Mittelwert aller Abweichungen nach oben bzw. nach unten für $P = 1 \times \sigma = 68,3\%$ von den Höhen nach der Ausgleichung [mm]	0,16	0,14	0,13	0,13	0,16	0,15	0,18	0,22	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,13	0,17				
Standardabweichung aller Abweichungen von der Höhe nach Ausgleichung [mm]		0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03				
Maximum der Einzelabweichung [mm]		0,30	0,26	0,26	0,33	0,32	0,37	0,45	0,31	0,25	0,29	0,31	0,27	0,21	0,24				
Minimum Einzelabweichung [mm]		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03				

# PANDA-Datei und deren Inhalt (V-7) – .o1a-Datei

## .o1a-Datei (VII)

- Beobachtungen nach der Ausgleichung (Höhenunterschiede)

- Hinweis: Alle Restfehler (Residuen) müssen sehr klein ausfallen.  
Bedingung: Summe aller Verbesserungen gleich NULL

Beobachtungen nach der Ausgleichung						
-----						
Gruppe : 1: Höhendifferenzen SHD = .50 [MM/km]						
Bemerkung : DINI12						
Masstab :						
Lfd. Nr.	Standpunkt	Zielpunkt	H-Diff. (ausgeglt.) [m]	Stand. Abw. [MM]	H-Diff. (berechnet) [m]	Restfehler [m]
1	MZG18.1	HKG17.3	1.18611	.03	1.18611	-.73E-12
2	HKG17.3	HKG17.2	2.45993	.02	2.45993	.41E-12
3	HKG17.2	HKG17.1	2.29618	.02	2.29618	.27E-12
4	HKG17.1	HKG16.2	2.62780	.02	2.62780	-.18E-12
5	HKG16.2	HKG16.1	2.68156	.02	2.68156	.15E-12
6	HKG16.1	HKG15.2	2.66173	.02	2.66173	.45E-12
7	HKG15.2	HKG15.1	2.65443	.02	2.65443	-.48E-13
8	HKG15.1	HKG14.2	2.66421	.02	2.66421	.61E-12
9	HKG14.2	HKG14.1	2.65416	.02	2.65416	-.10E-12
10	HKG14.1	HKG13.2	2.65431	.02	2.65431	-.41E-13
11	HKG13.2	HKG13.1	2.66262	.02	2.66262	-.26E-12
12	HKG13.1	HKG12.2	2.67124	.02	2.67124	.18E-12
13	HKG12.2	HKG12.1	2.66061	.02	2.66061	.18E-12
14	HKG12.1	HKG11.3	2.65049	.02	2.65049	.66E-13
15	HKG11.3	HKG11.2	.56417	.02	.56417	.21E-12
16	HFP16	HFP15.1	-5.35844	.09	-5.35844	.18E-12
17	HFP15.1	HFP15.2	-1.38018	.05	-1.38018	.14E-11
18	HFP15.2	HFP15.3	-.47314	.02	-.47314	.70E-12
19	HFP15.3	HFP25	-4.49177	.10	-4.49177	.68E-13
20	HFP25	MK0	-.45046	.03	-.45046	-.43E-14
21	MK0	MK1	-.00423	.02	-.00423	-.51E-12
22	MK1	MK2	.00344	.03	.00344	-.42E-12
23	MK2	MK3	-.00284	.03	-.00284	.24E-13
24	MK3	MK4	.00044	.03	.00044	.17E-12
25	MK4	AL5	-.44892	.03	-.44892	.25E-12
26	AL5	MK6	.31640	.04	.31640	.13E-13
27	MK6	AL7	-.34203	.03	-.34203	.12E-12
28	AL7	MK8	.34602	.03	.34602	-.21E-12
29	MK8	AL9	-.29627	.03	-.29627	-.73E-14
30	AL9	MK10	.29204	.03	.29204	-.10E-12
31	MK10	AL11	-.29313	.03	-.29313	-.90E-12
32	AL11	MK12	.29400	.03	.29400	.79E-12
33	MK12	AL13	-.31542	.03	-.31542	-.33E-12
34	AL13	MK14	.30652	.03	.30652	-.75E-12
35	MK14	AL15	-.28252	.03	-.28252	.20E-11
36	AL15	MK16	.28515	.03	.28515	.44E-12
37	MK16	AL17	-.29398	.04	-.29398	-.43E-12
38	AL17	AL18	-.06469	.03	-.06469	.83E-12
39	AL18	OKI0	-.06873	.03	-.06873	-.89E-14
40	OKI0	MK18.2	.55308	.03	.55308	-.30E-11
41	MK18.2	MK18.1	-.11876	.02	-.11876	.80E-12
42	MK18.1	MK19.1	.00941	.04	.00941	.23E-13

# PANDA-Datei und deren Inhalt (VI)

Durch das PANDA generierte Dateien (alles Text-Dateien):

- 0 .zss-Datei = Ausgangsbasis (korrigierte Messdatei)
- 1 .fbn-Datei (Feldbuch-Datei)
- 2 .onr-Datei (Linien- oder Reduktionsdatei)
- 3 .onk-Datei (Aufbereitungsdatei)
- 4 .o1a-Datei (Ausgleichungsdatei)
- (5 .o1d-Datei Defo-Analyse-Datei)
- 6 .kls-Datei (Datei mit Ergebniswerten)

Angaben vorbehaltlich von Änderungen hinsichtlich des Versionswechsels innerhalb des PANDA-Softwarepaketes!

# PANDA-Datei und deren Inhalt (VII)

Durch das PANDA generierte Dateien (alles Text-Dateien):

- 0 .zss-Datei = Ausgangsbasis (korrigierte Messdatei)
- 1 .fbn-Datei (Feldbuch-Datei)
- 2 .onr-Datei (Linien- oder Reduktionsdatei)
- 3 .onk-Datei (Aufbereitungsdatei)
- 4 .o1a-Datei (Ausgleichungsdatei)
- (5 .o1d-Datei Defo-Analyse-Datei)
- 6 **.kls-Datei (Datei mit Ergebniswerten)**

Angaben vorbehaltlich von Änderungen hinsichtlich des Versionswechsels innerhalb des PANDA-Softwarepaketes!

# PANDA-Datei und deren Inhalt (VIII) – .kls-Datei

```

KLR
( A1, 3X, A16, 2X, A1, 2X, 3F15.5, 3F8.2, A1 )
HFP-17 + .00000 348.34926
HKG17.3 .00000 .00000 353.04412
HKG17.2 .00000 .00000 354.23023
HKG17.1 .00000 .00000 356.69016
HKG16.2 .00000 .00000 358.98634
HKG16.1 .00000 .00000 361.61415
HKG15.2 .00000 .00000 364.29571
HKG15.1 .00000 .00000 366.95744
HKG14.2 .00000 .00000 369.61186
HKG14.1 .00000 .00000 372.27607
HKG13.2 .00000 .00000 374.93023
HKG13.1 .00000 .00000 377.58454
HKG12.2 .00000 .00000 380.24716
HKG12.1 .00000 .00000 382.91840
HKG11.3 .00000 .00000 385.57901
HKG11.2 .00000 .00000 388.22950
HFP16 .00000 .00000 388.79367
HFP15.1 .00000 .00000 456.30119
HFP15.2 .00000 .00000 450.94274
HFP15.3 .00000 .00000 449.56256
HFP25 .00000 .00000 449.08942
MK0 .00000 .00000 444.59766
MK1 .00000 .00000 444.14719
MK2 .00000 .00000 444.14297
MK3 .00000 .00000 444.14640
MK4 .00000 .00000 444.14356
AL5 .00000 .00000 444.14400
MK6 .00000 .00000 443.69509
AL7 .00000 .00000 444.01149
MK8 .00000 .00000 443.66946
AL9 .00000 .00000 444.01548
MK10 .00000 .00000 443.71921
AL11 .00000 .00000 443.71125
MK12 .00000 .00000 444.01125
AL13 .00000 .00000 443.71813
MK14 .00000 .00000 444.01213
AL15 .00000 .00000 443.69671
MK16 .00000 .00000 444.00323
AL17 .00000 .00000 443.72071
AL18 .00000 .00000 443.00586
OKID .00000 .00000 443.71188
MK18.2 .00000 .00000 443.64719
MK18.1 .00000 .00000 443.57846
MK19.1 .00000 .00000 444.13153
MK19.2 .00000 .00000 444.01277
AL20 .00000 .00000 444.02218
AL21 .00000 .00000 444.12439
MK22 .00000 .00000 443.70189
AL23 .00000 .00000 443.64958
MK24 .00000 .00000 444.00912
AL25 .00000 .00000 443.71751
MK26 .00000 .00000 444.00956
AL27 .00000 .00000 443.68963
MK28 .00000 .00000 444.00719
AL29 .00000 .00000 443.70614
AL30 .00000 .00000 444.00253

```

## .kls-Datei

- zusammenfassende Listung der Höhen nach der Ausgleichung
- Hinweis: Alle unveränderlichen Punkte (Stützpunkte nach MA = Festpunkte nach PANDA) sind mit einem Plus-Zeichen nach der Punktbezeichnung gekennzeichnet.

# Inhalt

- Vorbemerkungen
- Notwendige Vorarbeiten
- PANDA-Dateien
- **Ergebnisse der Ausgleichung**

# Ergebnisse der Ausgleichung

- ausgeglichene Höhen
- punktbezogene Genauigkeiten für das Maß einer Standardabweichung  $P = 68,3 \%$  (Abweichung in mm, obere und untere Grenze als Höhe)
- Genauigkeitsangabe zur Folgemessung (angepasstes SBeo)
- Ableitung Genauigkeiten mit höherer statistischer Aussagekraft (z. B.  $P = 98,8\%$  entspricht  $2,5 \times \sigma$ )



**Thüringer  
Fernwasserversorgung**  
Mehr als reines Wasser

**Auf zur Festpunktkontrolle!**

**Bis dahin Danke für  
Eure Aufmerksamkeit!**



## TS Leibis/Lichte, Vertikalverschiebungsmessung - Historische Maxima/Minima und Erwartungswerte

Bezeichnung alt	Bezeichnung neu	Maximum seit der Vollstauphase (FM 18 bis VVM FM 27)	Minimum	FM	Erwartungswerte (= Minimum + 10%)
<b>1) Hauptkontrollgang</b>					
	HP HKG 2a		+1,56 mm	FM 26	+1,7 mm
kein Übertrag	HP HGK 3.1		+0,63 mm	FM 26	+0,7 mm
kein Übertrag	HP HGK 3.2		+0,51 mm	FM 26	+0,6 mm
kein Übertrag	HP HKG 4.1		+0,50 mm	FM 26	+0,6 mm
kein Übertrag	HP HKG 4.2		+0,18 mm	FM 26	+0,2 mm
kein Übertrag	HP HKG 5.1		-0,08 mm	FM 26	-0,1 mm
kein Übertrag	HP HKG 5.2		-0,20 mm	FM 26	-0,2 mm
kein Übertrag	HP HKG 6.1		-0,36 mm	FM 18	-0,3 mm
kein Übertrag	HP HKG 6.2		-0,61 mm	FM 18	-0,5 mm
kein Übertrag	HP HKG 7.1		-0,82 mm	FM 18	-0,7 mm
kein Übertrag	HP HKG 7.2		-1,11 mm	FM 18	-1,0 mm
FB 8 mittig provis	HP HKG 8.1		-4,15 mm	FM 18	-3,7 mm
FB 8 mittig rechts provis	HP HKG 8.2		-3,82 mm	FM 18	-3,4 mm
FB 9 mittig links provis	HP HKG 9.1		-3,57 mm	FM 18	-3,2 mm
FB 9 mittig rechts provis	HP HKG 9.2		-3,41 mm	FM 18	-3,1 mm
FB 10 mittig links provis	HP HKG 10.1		-2,53 mm	FM 18	-2,3 mm
FB 10 mittig rechts provis	HP HKG 10.2		-2,38 mm	FM 18	-2,1 mm
FB 11 links provis	HP HKG 11.1		-1,66 mm	FM 18	-1,5 mm
FB 11 mittig links provis	HP HKG 11.2		-3,98 mm	FM 18	-3,6 mm
FB 11 mittig rechts provis	HP HKG 11.3		-3,66 mm	FM 18	-3,3 mm
FB 12 mittig links provis	HP HKG 12.1		-3,66 mm	FM 18	-3,3 mm
FB 12 mittig rechts provis	HP HKG 12.2		-3,53 mm	FM 18	-3,2 mm
FB 13 mittig links provis	HP HKG 13.1		-5,71 mm	FM 18	-5,1 mm
FB 13 mittig rechts provis	HP HKG 13.2		-4,20 mm	FM 18	-3,8 mm
FB 14 mittig links provis	HP HKG 14.1		-3,82 mm	FM 18	-3,4 mm
FB 14 rechts provis	HP HKG 14.2		-5,82 mm	FM 18	-5,2 mm
FB 15 mittig links provis	HP HKG 15.1		-5,96 mm	FM 18	-5,4 mm
FB 15 mittig rechts provis	HP HKG 15.2		-5,61 mm	FM 18	-5,0 mm
FB 16 mittig links provis	HP HKG 16.1		-7,39 mm	FM 18	-6,7 mm
FB 16 mittig rechts provis	HP HKG 16.2		-6,61 mm	FM 18	-5,9 mm
FB 17 links provis	HP HKG 17.1		-8,94 mm	FM 18	-8,0 mm
FB 17 mittig provis	HP HKG 17.2		-7,28 mm	FM 18	-6,6 mm
FB 17 mittig provis	HP HKG 17.3		-7,25 mm	FM 18	-6,5 mm
HP HKG 18 links provis	HP HKG 18.1		-4,04 mm	FM 18	-3,7 mm
HP HKG 18 mittig provis	HP HKG 18.2		-5,46 mm	FM 18	-4,9 mm
HP HKG 18 rechts provis	HP HKG 18.3		-4,98 mm	FM 18	-4,5 mm
kein Übertrag	HP HN 18.1		-3,81 mm	FM 18	-3,4 mm
HP HKG 19 links provis	HP HKG 19.1		-5,07 mm	FM 18	-4,6 mm
HP HKG 19 mittig provis	HP HKG 19.2		-4,77 mm	FM 18	-4,3 mm
HP HKG 19 rechts provis	HP HKG 19.3		-4,64 mm	FM 18	-4,2 mm
HP HKG 19 Podest provis	HP HKG 19.4		-3,33 mm	FM 18	-3,0 mm
HP HKG 20 Podest provis	HP HKG 20.1		-3,79 mm	FM 18	-3,4 mm
FB 20 links provis	HP HKG 20.2		-4,51 mm	FM 18	-4,1 mm
FB 20 mittig links provis	HP HKG 20.3		-4,45 mm	FM 18	-4,0 mm
FB 20 mittig rechts 1 provis	HP HKG 20.4		-4,85 mm	FM 18	-4,4 mm
FB 20 rechts provis	HP HKG 20.5		-3,45 mm	FM 18	-3,1 mm
FB 21 links provis	HP HKG 21.1		-3,45 mm	FM 18	-3,1 mm
FB 21 mittig links provis	HP HKG 21.2		-3,61 mm	FM 18	-3,2 mm
kein Übertrag	HP HKG 21.3		-3,68 mm	FM 18	-3,3 mm
FB 21 mittig provis	HP HKG 21.4		-3,84 mm	FM 18	-3,45 mm
FB 21 rechts provis	HP HKG 21.5		-2,20 mm	FM 18	-2,0 mm
FB 22 mittig links provis	HP HKG 22.1		-2,63 mm	FM 18	-2,4 mm
FB 22 mittig rechts provis	HP HKG 22.2		-2,80 mm	FM 18	-2,5 mm
FB 23 links provis	HP HKG 23.1		-2,60 mm	FM 18	-2,3 mm
FB 23 mittig links provis	HP HKG 23.2		-2,64 mm	FM 18	-2,4 mm
FB 23 mittig rechts provis	HP HKG 23.3		-0,45 mm	FM 18	-0,4 mm

## TS Leibis/Lichte, Vertikalverschiebungsmessung - Historische Maxima/Minima und Erwartungswerte

Bezeichnung alt	Bezeichnung neu	Maximum seit der Vollstauphase (FM 18 bis VVM FM 27)	Minimum	FM	Erwartungswerte (= Minimum + 10%)
kein Übertrag	HP HKG 24.1		-0,31 mm	FM 18	-0,3 mm
FB 24 mittig links provis	HP HKG 24.2		+0,10 mm	FM 18	+0,1 mm
FB 24 mittig rechts provis	HP HKG 24.3		+0,64 mm	FM 18	+0,7 mm
FB 25 mittig links provis	HP HKG 25.1		+0,87 mm	FM 18	+1,0 mm
FB 25 mittig rechts provis	HP HKG 25.2		+2,01 mm	FM 18	+2,2 mm
kein Übertrag	HP HKG 25.3		+1,93 mm	FM 18	+2,1 mm
FB 26 links provis	HP HKG 26.1		+1,61 mm	FM 18	+1,8 mm
FB 26 mittig links provis	HP HKG 26.2		+1,74 mm	FM 18	+1,9 mm
FB 26 mittig rechts provis	HP HKG 26.3		+1,88 mm	FM 18	+2,1 mm
FB 27 mittig links provis	HP HKG 27.1		+1,58 mm	FM 18	+1,7 mm
kein Übertrag	HP HKG 27.2		+1,59 mm	FM 18	+1,7 mm
FB 27 mittig rechts provis	HP HKG 27.3		+1,46 mm	FM 18	+1,6 mm
kein Übertrag	HP HKG 28.1		+1,51 mm	FM 18	+1,7 mm
kein Übertrag	HP HKG 28.2		+1,54 mm	FM 18	+1,7 mm
kein Übertrag	HP HKG 28.3		+1,55 mm	FM 18	+1,7 mm
kein Übertrag	HP HKG 29.1		+0,70 mm	FM 18	+0,8 mm
kein Übertrag	HP HKG 29.2		+0,63 mm	FM 18	+0,7 mm
kein Übertrag	HP HKG 29.3		+0,48 mm	FM 18	+0,5 mm
kein Übertrag	HP HKG 30.1		-0,13 mm	FM 18	-0,1 mm
kein Übertrag	HP HKG 30.2		-0,25 mm	FM 18	-0,2 mm
kein Übertrag	HP HKG 30.3		-0,35 mm	FM 18	-0,3 mm
kein Übertrag	HP HKG 31.1		-0,46 mm	FM 18	-0,4 mm
kein Übertrag	HP HKG 31.2		-0,40 mm	FM 18	-0,4 mm
kein Übertrag	HP HKG 32.1		-0,50 mm	FM 18	-0,5 mm
kein Übertrag	HP HKG 32.2		-0,33 mm	FM 18	-0,3 mm
kein Übertrag	HP HKG 32.3		-0,12 mm	FM 18	-0,1 mm
kein Übertrag	HP HKG 33		-0,12 mm	FM 18	-0,1 mm

### 2) Erkundungsstollen

#### a) Erkundungsstollen 1

FB 1 Ekst 1 / HP 1 Ekst 1	$\Delta I_{\text{vert}}$	0,20 FM20	0,01 FM 22
FB 2 Ekst 1 / HP 2 Ekst 1	$\Delta I_{\text{vert}}$	0,36 FM 20	0,06 FM 27
FB 3 Ekst 1 / HP 3 Ekst 1	$\Delta I_{\text{vert}}$	0,21 FM 20	0,02 FM 27

#### b) Erkundungsstollen 2

FB Q1 Ekst 2 / HP Q1 Ekst 2	$\Delta I_{\text{vert}}$	-0,60 FM 19	-1,10 FM 22
FB Q2 Ekst 2 / HP Q2 Ekst 2	$\Delta I_{\text{vert}}$	-0,63 FM 19	-1,02 FM 18
FB Q3 Ekst 2 / HP Q3 Ekst 2	$\Delta I_{\text{vert}}$	-0,63 FM 19	-0,83 FM 22
FB Q4 Ekst 2 / HP Q4 Ekst 2	$\Delta I_{\text{vert}}$	-1,07 FM 19	-1,23 FM 24

#### c) Erkundungsstollen 3

FB Q3.1 Ekst 3 / HP Q3.2 Ekst 3	$\Delta I_{\text{vert}}$	0,07 FM 22	-0,01 FM 27
FB Q2.2 Ekst 3 / HP Q2.2 Ekst 3	$\Delta I_{\text{vert}}$	-0,19 FM 24	-0,57 FM 22
FB Q2.1 Ekst 3 / HP Q2.1 Ekst 3	$\Delta I_{\text{vert}}$	0,09 FM 18	-0,33 FM 22
FB Q1.2 Ekst 3 / HP Q1.2 Ekst 3	$\Delta I_{\text{vert}}$	0,24 FM 24	-0,06 FM 25
FB Q1.1 Ekst 3 / HP Q1.1 Ekst 3	$\Delta I_{\text{vert}}$	0,22 FM 19	-0,03 FM 18

# **Mess- und Kontrollprogramm Kapitel C Bauwerksreaktionen (Messgrößen)**

## **Abschnitt 9 Richtungs- und Streckenmessung Mauerzielzeichen**

**bestehend aus folgender Einzelmessung:**

**Geodätische Messung der Mauerzielzeichen**

**Version vom 22. Mai 2017**

- Messziele
- Messstellenübersicht
- Messinstrumente und Messhilfsmittel
- Angaben zur Durchführung der Messung
- Genauigkeitsanforderungen
- Angaben zur Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse
- Angaben zu Erwartungsbereichen und Meldewerten (Grenzwerte)
- Festlegung zur Sofortinformation des zuständigen Verantwortlichen, Hinweise zum Alarmplan

---

## **Dokumentenänderungsblatt**

**Dieses Dokument unterliegt einer ständigen Kontrolle seiner Aktualität und bedarf dementsprechend der Korrektur, Ergänzung oder anderem mehr. Auf dieser Seite sind alle vorgenommenen Änderungen ab dem 22.05.2017 zu dokumentieren.**

- 1 22.05.2017: Fertigstellung der „vorläufigen“ Endfassung
- 2 01.08.2019: Unternehmensstruktur hat sich geändert. Alle benannten Funktions- und Organisationsbezeichnungen gelten sinngemäß für die aktuelle Struktur in der TFW.

## Inhaltsverzeichnis

## Seite

9.1	Vorbemerkungen .....	4
9.2	Anwendungsbereich .....	4
9.3	Bautechnische und sonstige Zielstellungen (Messziele).....	4
9.4	Messstellenübersichten .....	5
9.5	Bestandteile des Messverfahrens bzw. des Messsystems .....	5
9.5.1	Messeinrichtungen.....	5
9.5.2	Messinstrumente (fest und beweglich) und Messhilfsmittel .....	6
9.5.3	Wartungs- und Pflegemaßnahmen .....	7
9.6	Angaben zur Durchführung der Messung (Messanweisungen) .....	7
9.6.1	Allgemeines .....	7
9.6.2	Messungsdurchführung .....	7
9.7	Genauigkeitsforderungen, Messwertauflösung.....	8
9.8	Angaben zur Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse.....	9
9.9	Angaben zu Erwartungsbereichen, Meldewerten im PLS und Nachmessungen .....	11
9.9.1	Erwartungsbereiche .....	11
9.9.2	Meldewerte (Grenzwerte im PLS).....	11
9.10	Festlegungen zur Sofortinformation des zuständigen Verantwortlichen, Hinweise zum Alarmplan .....	11

## **9.1 Vorbemerkungen**

Mit Hilfe der Richtungs- und Streckenmessungen zur Beobachtung der luftseitig an der Staumauer angebrachten Mauerzielzeichen werden hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit qualitativ sehr hochwertige und aussagekräftige Messreihen gewonnen, die den Anforderungen der generellen bautechnischen Zielstellung sehr nahe kommen.

Zum Messverfahren wurde eine Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 erarbeitet (siehe Anlage C.9-1). Sie beinhaltet grundsätzliche Merkmale und Anforderungen an das Messverfahren. In weiteren Punkten wird speziell auf diese Grundlagenmessanweisung verwiesen. Objektspezifische Eigenarten und Anforderungen zur Beobachtung der Mauerzielzeichen werden in diesem Abschnitt 9 erläutert.

Die unter DWA-M 514, Punkt 2.4.2 Teil c), d), e) und f) geforderten Angaben (Messhäufigkeit, Sondermessungen, visuelle Kontrollen, Messpersonal) werden gesondert in einem Messprogramm tabellarisch erfasst (siehe Anlage A.9-1 im Kapitel A – Allgemeines).

## **9.2 Anwendungsbereich**

Der Abschnitt 9 gilt für die Ausführung der Messungen, die Plausibilitäts- und die bautechnische Sofortbewertung der Mess- und Ergebniswerte aller zugehörigen Bestandteile der Richtungs- und Streckenmessung – Mauerzielzeichen. Für das Messverfahren selbst wurden Zielobjektpunkte (Mauerzielzeichen) luftseitig außen an die Staumauer, im mittleren bis unteren Mauersegmentbereich, als feste Messeinrichtungen angebracht (siehe Anlage C.9-2).

Das Messverfahren schließt die luftseitig mauernahen, inneren Beobachtungspfeiler FP 2500 und FP 2900 als Beobachtungspunkte direkt als Bezugsbasis mit ein. Die Beobachtungspfeiler FP 2000, AP 3100, ASP KK2, FP 2300, FP 2800 und FP 3000 dienen der weiteren Kontrolle und eigentlichen Netzstabilität.

Weitere allgemeine Angaben stehen in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 unter Punkt 1.1 „Anwendungsbereich“.

## **9.3 Bautechnische und sonstige Zielstellungen (Messziele)**

Das übergeordnete Messziel liegt grundsätzlich in der bautechnischen Überwachung von möglich auftretenden horizontalen Verschiebungen des Absperrbauwerkes im Bereich der luftseitigen Mauerkontur. Durch Veränderungen der Krafteinwirkung auf das Absperrbauwerk können diese Verschiebungen hervorgerufen werden (Veränderungen durch Staubelastung oder Betontemperatur).

### Sonstige Messziele:

#### **a) Kontrolle der Stabilität des Diagonalvierecks und der Alignment-Ebene (Lagenetzstabilität)**

Die inneren Beobachtungspfeiler FP 2500 und FP 2900, die zur direkten Beobachtung der Mauerzielzeichen (Objektpunkte) verwendet werden, sind über weitere Festpunktpfeiler in ihrer Lage abgesichert. Das zugehörige „Lagenetz“ dient allgemein der Kontrolle der Festpunktpfeiler. Der Nachweis der Stabilität des Lagenetzes ist zu jeder Folgemessung zu erbringen.

#### **b) Kontrolle der Pfeilerneigungen**

Durch Setzkegelneigungsmessungen an den Zwangszentrierungen der Beobachtungspfeiler ist über die Beobachtung der Pfeilerneigung ebenfalls ein weiterer Nachweis der Stabilität der Pfeiler zu erbringen (siehe auch Kapitel C – Abschnitt 11 Neigungsmessungen).

Weiter wird auf den Punkt 1.2 „Bautechnische Zielstellungen“ in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 verwiesen.

### **9.4 Messstellenübersichten**

Messstellenübersichten über die Lage und Bezeichnung der Einzelmessstellen gehen aus den Anlagen C.9-2 und C.9-3 hervor.

### **9.5 Bestandteile des Messverfahrens bzw. des Messsystems**

#### **9.5.1 Messeinrichtungen**

Auf den Punkt 3.2 „Messeinrichtungen“ in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 wird verwiesen.

#### **a) Beobachtungspfeiler/Festpunktpfeiler**

Die Beobachtungspfeiler (FP) sind an der Talsperre Leibis/Lichte als thermisch gedämmte Doppelrohrpfeiler ausgebildet. Zur Gründung dient ein Fundamentblock aus Beton. Auf den Pfeilerköpfen befinden sich Freiburger Zwangszentrierungen (siehe auch d) zur Aufnahme von Messgerät (Tachymeter) oder Reflektoren.

#### **b) Mauerzielzeichen**

Als Mauerzielzeichen werden Doppelzielzeichen mit Miniprismen der Firma Richter verwendet. Diese sind fest mit der luftseitigen Mauerkontur verbunden. Über jedem Zielzeichen befindet sich ein Schutzdach aus Edelstahlblech.

### **c) Achssicherungspfeiler/Achssicherungspunkte**

Zwei Achssicherungspunkte befinden sich am „Kübelkai“ auf der linken Hangseite. Sie werden als ASP KK 2 und AP 3100 bezeichnet (Funktion wie unter a) beschrieben).

### **d) Untersatz für Zwangszentrierung**

Zum Zwecke einer hochpräzisen, reproduzierbaren, zwangszentrierten Aufstellung eines Aligniergerätes, eines Theodoliten oder eines Tachymeters sowie für feste Zielzeichen, ein Tripelprisma oder einen Setzkegel auf Dreifuss wurden außerhalb des zu überwachenden Bauwerkes entsprechende Beobachtungspunkte mit einem Zentrierungssystem versehen. Als Zentrierungssystem wird das Prinzip der „Freiberger Kugel“ angewandt.

Diese Untersätze zur zwangszentrierten Aufstellung werden in Granit-, Beton- oder Rohrpfeiler einbetoniert. Eine aufschraubbare Metallkappe mit Gummidichtung schützt diesen Untersatz vor Umwelt- und mechanischen Einflüssen.

## **9.5.2 Messinstrumente (fest und beweglich) und Messhilfsmittel**

Auf den Punkt 3.1 „Messinstrument und Messhilfsmittel“ in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 wird verwiesen.

### **a) Tachymeter**

Es kommen ausschließlich Präzisionstachymeter zum Einsatz. Das Tachymeter muss vom beauftragten Vermessungsbüro zur Verfügung gestellt werden.

Folgende Genauigkeitsanforderungen sind zu erfüllen:

- Genauigkeit Streckenmessung: 1 mm + 1 ppm
- Genauigkeit Richtungsmessung: 0,20 mgon

### **b) Reflektoren**

Die benötigten Reflektoren sind an der Talsperre Leibis/Lichte vorhanden und werden für die Messungen zur Verfügung gestellt. Insgesamt kommen 14 Reflektoraufsätze zur Anwendung. Sie befinden sich paarweise in sieben Instrumentenkoffern. Sie sind ausnahmslos zu verwenden.

### **c) Barometer**

Das Barometer dient der Bestimmung des Luftdruckes.

### **c) Thermometer**

Das Thermometer dient der Bestimmung der Temperatur.



## **d) Messhilfsmittel**

Weiterhin werden benötigt:

- bei Bedarf: Regen oder Sonnenschirm
- Sprechfunkgeräte zur Kommunikation
- Dreikantschlüssel zum Öffnen der Pfeilerhauben
- Reinigungslappen
- Feldrissformulare

### **9.5.3 Wartungs- und Pflegemaßnahmen**

Auf den Punkt 5 „Sicherung und Instandhaltung des Messsystems“ in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 wird verwiesen.

Der objektbezogene Schwerpunkt bei diesem Messverfahren liegt im ständigen Freihalten der benötigten Sichtschneisen (starker Birkenaufwuchs).

## **9.6 Angaben zur Durchführung der Messung (Messanweisungen)**

### **9.6.1 Allgemeines**

Die Messhäufigkeit zur Richtungs- und Streckenmessung der Mauerzielzeichen und aller zugehörigen Messungen richtet sich nach dem aktuell gültigen Messprogramm der Talsperre Leibis/Lichte (siehe Anlage A.9-1 im Kapitel A – Allgemeines).

### **9.6.2 Messungsdurchführung**

Auf den Punkt 4 „Messungsdurchführung“ in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 wird verwiesen.

Die Grundlagenmessanweisung beinhaltet festgesetzte Messprinzipien, die es einzuhalten gilt. Sie nimmt Bezug auf:

- Allgemeines unter Punkt 4.1
- Prüfungen vor Messungsbeginn unter Punkt 4.2
- Messverfahren unter Punkt 4.3 und Unterpunkte

Die objektspezifischen Angaben und Arbeitsabläufe zur Messungsdurchführung werden nachfolgend aufgeführt.

Zur Messung selbst sind stets zwei Mitarbeiter notwendig, ein Beobachter am Instrument und ein Messgehilfe, der für die Reflektoren zuständig ist.

## Messablauf

**Beachte:** Die meteorologischen äußeren Bedingungen müssen am jeweiligen Messtag zur Durchführung dieser Beobachtungsmessung einwandfrei sein, um gute und aussagekräftige Messdaten sowie eine Minimierung des Refraktionseinflusses zu erhalten. Das Risiko der Einflussnahme ist laufend gegeben.

**Beachte:** Bei manueller Anzielung sind mindestens drei Vollsätze notwendig, bei automatischer Anzielung (ATR) mindestens vier Vollsätze.

Vor Beginn der Messungen werden die aktuellen Achsfehler sowie die Abweichungen der automatischen Zielerfassung ATR bestimmt. Die Protokollierung erfolgt in einem Feldrissformular.

Besonderes Augenmerk muss auf die genaue Erfassung der atmosphärischen Bedingungen wie Luftdruck und Temperatur gelegt werden, da diese die Streckenmessung maßgeblich beeinflussen. Generell wird am jeweiligen Instrumentenstandort zu Beginn und Ende der Aufstellung die Temperatur und der Luftdruck bestimmt. Über die internationale barometrische Formel erfolgt dann eine Interpolation bezogen auf die Höhen der Zielpunkte. Ergänzend werden diese Messparameter an den anzuzielenden Beobachtungspunkten bei Aufbau und Neuausrichtung sowie Abbau der Reflektoren erfasst. Die Parameter Luftdruck und Temperatur werden nicht im Tachymeter zur Messwertkorrektur eingegeben, sondern im Nachgang bei der Auswertung mittels PANDA an die Messwerte angebracht.

Es wird jeweils in zwei Fernrohrlagen beobachtet. Zur Anzielung der Festpunktpfeiler kann die automatische Zielerfassung ATR verwendet werden. **Dagegen werden die Mauerzielzeichen vom Beobachtungspfeiler FP 2900 (rechter Hang) immer manuell aus angezielt.** Der Grund liegt im Ersatzneubau des betreffenden Messpfeilers. Die fest angebrachten Mauerzielzeichen sind noch auf den ehemaligen Beobachtungspfeiler FP 2400 ausgerichtet. Ebenfalls ist es sinnvoll, vom Beobachtungspfeiler FP 2500 (am linken Hang) die Anzielung auf das Mauerzielzeichen Z-13-1 manuell durchzuführen (praktische Erfahrung).

Bei etwas ungünstigen Witterungseinflüssen ist es zweckmäßig, die Anzahl der zu messenden Vollsätze zu erhöhen.

**Hinweis:** In der Praxis hat es sich bewährt, dass der Standpunktwechsel von den Beobachtungspfeilern 2500 und 2900, die zur eigentlichen Messung der Objektpunkte (Mauerzielzeichen) dienen, möglichst hintereinander und unmittelbar erfolgt, um die atmosphärischen Einflüsse zu minimieren.

## 9.7 Genauigkeitsforderungen, Messwertauflösung

Zu Angaben der Genauigkeitsforderungen und Messwertauflösungen wird auf die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 verwiesen.

Zu den Kontroll- und Genauigkeitsmaßen sind für die einzelnen Betrachtungsschritte die größten aufgetretenen Fehler mit den zulässigen Werten gegenüberzustellen.

Zugehörig zu den Genauigkeitsmaßen:

- Standardabweichung Hz-Richtungsmessung
- Standardabweichung Zenitwinkelmessung
- Spannweite Satzmittel Hz-Richtungen
- Spannweite Satzmittel Zenitwinkel
- Dreieckswiderspruch
- Streckenwiderspruch
- Streckenwiderspruch  $< \frac{1}{2}$  zulässig

## **9.8 Angaben zur Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse**

Allgemeine Angaben zur Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse sind in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 unter Punkt 6 „Aufbereitung und Auswertung der Messung“ genau beschrieben.

### Aufbereitung

Zur Aufbereitung und Kontrolle der Messdaten werden die vorhandenen Routinen und Auswerteformulare verwendet, die das in der Grundlagenmessanweisung festgelegte Vorgehen abbilden. Die Ergebnisdokumentation und deren Fortschreibung erfolgt in entsprechenden Ergebnisformularen. Sämtliche Auswertungsschritte sind zu protokollieren.

In einer ersten Bewertung werden die Einzelsätze mit den größten Abweichungen von den Satzmitteln aufgefunden und bei Bedarf und ausreichender Überbestimmung aus der weiteren Verarbeitung ausgenommen.

Das Datenmaterial (Rohdaten) wird zu Beginn auf eine ausreichende innere Genauigkeit hin geprüft. Dazu werden die resultierenden Messdaten hinsichtlich Winkel- und Streckengenauigkeit unter Einbeziehung instrumententechnischer Parameter aus der aktuellen Kalibrierung, netzgeometrischen (Additionskonstanten der MZZ, Reduktion auf Bezugshorizont sowie Festpunkthöhen) und atmosphärischen Korrekturparametern bewertet.

In den standpunktbezogenen Tabellen der Streckenmessungen werden die Rohmessdaten mit den ermittelten atmosphärischen Koeffizienten ppm aus Temperatur und Luftdruck (jeweils über die Linie Stand- und Zielpunkt über den Messzeitraum gemittelt) und den instrumententechnischen Parametern korrigiert ( $k_0$  und  $k_M$ ), die Additionskonstante der Mauerzielzeichen (+78,5 mm) angebracht sowie die Reduktion auf den örtlichen Bezugshorizont (390 mHN) vorgenommen.

**Hinweis:** Eine Temperaturdifferenz von 1 Kelvin bedeutet schon 1 mm/km, dies entspricht 1 ppm.

Nun können auch die Genauigkeitsforderungen (siehe Punkt 9.7) hinsichtlich der erreichten Messgenauigkeiten überprüft werden. Diese Kontrolle ist tabellarisch festzuhalten.

### Grundlage Netzausgleichung

Die Ausgleichung erfolgt mit dem Softwarepaket „Programmsystem zur Ausgleichung von geodätischen Netzen zur Deformationsanalyse PANDA“ der Firma GEOTEC GmbH.

Als Eingangsdaten für die freie Ausgleichung sowie der Bezug zur Berechnung der Mauerzielzeichen sind die Koordinaten der Festpunkte aus der FM 8 (8. Folgemessung) des geodätischen Sondernetzes zu verwenden, entnommen aus den Eingangsdaten der freien Netzausgleichung der 25. Folgemessung Mauerzielzeichen.

### Überprüfung der Alignementsachse – freie Ausgleichung

Es wird eine freie Ausgleichung über die Datumspunkte (Festpunkte) 2000, 2300, 2500, 2800, 2900, 3000, 3100 und ASP KK 2 gerechnet. Hierbei werden die Beobachtungen zu den Objektpunkten nicht berücksichtigt. Die Ergebniskordinaten der freien Ausgleichung dienen als Ausgangswerte für die nachfolgende Deformationsanalyse.

### Deformationsanalyse

Zur Auffindung möglicher Veränderungen der Datumspunkte (Festpunktpfeiler) wird nun eine Deformationsanalyse durchgeführt. Als Bezugsepoche (Epoche 1) werden die Ergebnisse der 8. Folgemessung des geodätischen Sondernetzes angesetzt. Ergeben sich dabei keine Veränderungen an den Datumspunkten, so ist die Netzstabilität nachgewiesen und die Auswertung kann fortgesetzt werden.

### Mauerzielzeichen – Ausgleichung unter Zwang

Nach Bestätigung der Datumspunkte (Festpunkte) werden nun die Festpunkte 2300, 2500, 2800 und 2900 mit ihren Koordinaten aus der 8. Folgemessung des geodätischen Sondernetzes als Zwangspunkte in die Ausgleichung der Objektpunkte eingeführt. Hier werden sämtliche Beobachtungen, auch die zwischen den vier Datumspunkten, berücksichtigt, jedoch nicht die zu den weiteren Punkten der Alignementsachse.

### Mauerzielzeichen – Ergebnisse der Messung

Die ausgeglichenen Koordinaten werden nun in Ergebnistabellen übernommen und die Differenzen zur Bezugsepoche (Nullmessung Mauerzielzeichen Jahr 2005) berechnet. In Richtungsdiagrammen (x- und y-Richtung) können nun die Ergebniswerte grafisch dargestellt und mit vorherigen Ergebniswerten verglichen werden.

Zum Abschluss folgt eine Bewertung der Messergebnisse im Messbericht.

## **9.9 Angaben zu Erwartungsbereichen, Meldewerten im PLS und Nachmessungen**

**Hinweis:** Bei Auffälligkeiten oder ungewöhnlichen Messwertsprüngen soll immer erst eine Nachmessung durchgeführt werden, um den Nachweis bzw. eine Bestätigung der gewonnenen Messdaten zu erhalten.

### **9.9.1 Erwartungsbereiche**

Die gemessenen Horizontalverschiebungen an der luftseitigen Mauerkontur weisen in der Praxis allgemein geringe Beträge auf. Die historisch maximale Bewegung in Richtung Luftseite wurde im Mauerfeld 21 am 14. April 2010 mit einem Wert von 13,7 mm beobachtet. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die Talsperre im Vollstaubetrieb (Probestau).

Es ist davon auszugehen, dass zukünftig die Bewegungen in Richtung Luftseite auch aufgrund geringerer Staubelastungen (Betriebstauziele)  $< 13,7$  mm ausfallen werden. Im wiederholten Vollstaumodus können sich neue Maximalverschiebungen ergeben, die in diesem Falle neu bewertet werden müssen. Bei Vollstau wird zukünftig ein Erwartungswert in Richtung Luftseite von circa 15 mm angenommen.

### **9.9.2 Meldewerte (Grenzwerte im PLS)**

Das Messverfahren der Richtungs- und Streckenmessung (Mauerzielzeichen) ist kein automatisiertes Messsystem. Aus diesem Grund können keine Meldewerte im Prozessleitsystem hinterlegt werden.

## **9.10 Festlegungen zur Sofortinformation des zuständigen Verantwortlichen, Hinweise zum Alarmplan**

**Hinweis:** Die Richtungs- und Streckenmessung der Mauerzielzeichen wird in der Regel von einem beauftragten Vermessungsbüro durchgeführt. Die nachfolgenden Schritte erfordern im Bedarfsfall eine enge Abstimmung und Zusammenarbeit mit dem zuständigen Vermessungsbüro.

Werden bei der Auswertung einer Messung ungewöhnliche markante Messwertveränderungen (betrifft auch Trends) oder ein Überschreiten der unter Punkt 9.9.1 genannten Erwartungswerte festgestellt, sind unverzüglich folgende Maßnahmen durchzuführen.

1. Nachrechnung und Plausibilitätsprüfung der Ermittlung des Ergebniswertes aus dem Messwert
2. Überprüfung der Messinstrumente auf systematische Fehler
3. Sofortinformation des Technikers für Bauwerksüberwachung
4. sofortige gemeinsame Wiederholung der Messung an der/den betroffenen Messstelle/n (hier im reduzierten Umfang möglich)

## 5. gemeinsame Wiederholung der Sofortauswertung

### Bei Bestätigung der Überschreitung der Erwartungswerte durch den Techniker für Bauwerksüberwachung:

6. Durchführung von Messungen an weiteren Messstellen eines redundanten Verfahrens, die ebenfalls betroffen sein könnten oder in der Lage sind, die Werte zu verifizieren.
7. Sofortinformation an den Staumeister, den Leiter des Meisterbereiches Zeigerheim, den Fachingenieur Talsperren des Betriebes Ost sowie den Sachgebietsleiter Talsperrenbetrieb/-sicherheit (vorzugsweise in Verbindung mit Übergabe einer grafischen Aufbereitung der Ergebniswerte per E-Mail)
8. Unter Leitung des Leiters des Meisterbereiches Zeigerheim entscheidet das unter Nummer 7 genannte Gremium gemeinsam mit dem Techniker für Bauwerksüberwachung über weitere, nachfolgend aufgeführte mögliche Maßnahmen und Handlungen:
  - Organisation zusätzlicher Messungen und verdichteter visueller Kontrollen
  - Erarbeitung einer Sofortauswertung
  - Information an die Stauanlagenaufsicht
  - im begründeten Einzelfall: Neufestlegung der Erwartungswerte/-bereiche

Welche Maßnahmen in Einzelnen eingeleitet werden, ist vom Leiter des Meisterbereiches Zeigerheim ereignisabhängig festzulegen.

Bearbeiter:

Andreas Gebhardt (Techniker Bauwerksüberwachung, Betrieb Ost)

## Anlagen

- C.9-1 – Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung  
„Grundlagen Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“**
- C.9-2 – Übersichtsskizze – Einbaulage der Zielzeichen**
- C.9-3 – Netzskizze Mauerzielzeichen**

## **Anlage C.9-1**

**Messanweisung „Grundlagen – Dreidimensionale  
Koordinatenbestimmung“**

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

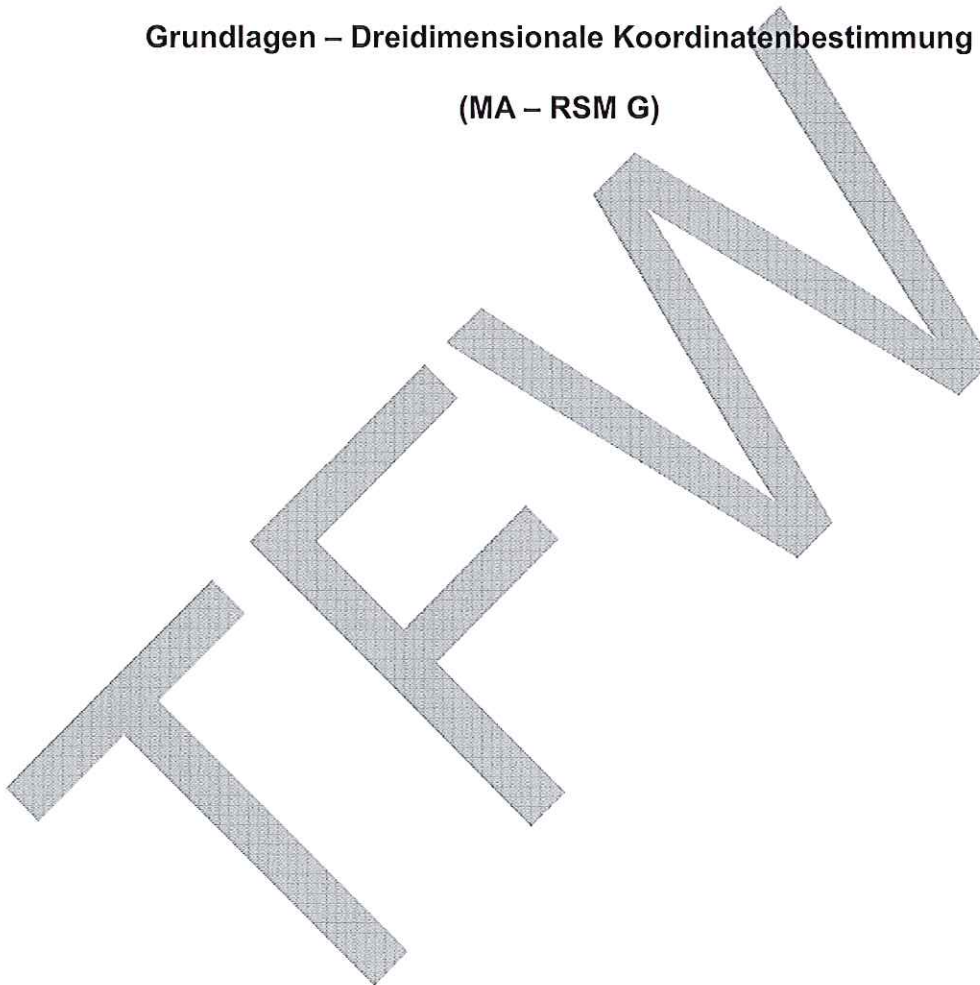


## **Richtungs- und Streckenmessung (RSM)**

### **Messanweisung (MA)**

#### **Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung**

##### **(MA – RSM G)**



Erstellt von:

Herrn Prof. Dr. H.-P. Otto

Herrn Dipl.-Ing. M. Friedrich

Herrn A. Gebhardt

Herrn Dipl.-Ing. R. Hill

Herrn B. Eng. N. Stetter

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

Herrn Dipl.-Ing. J. Mehl

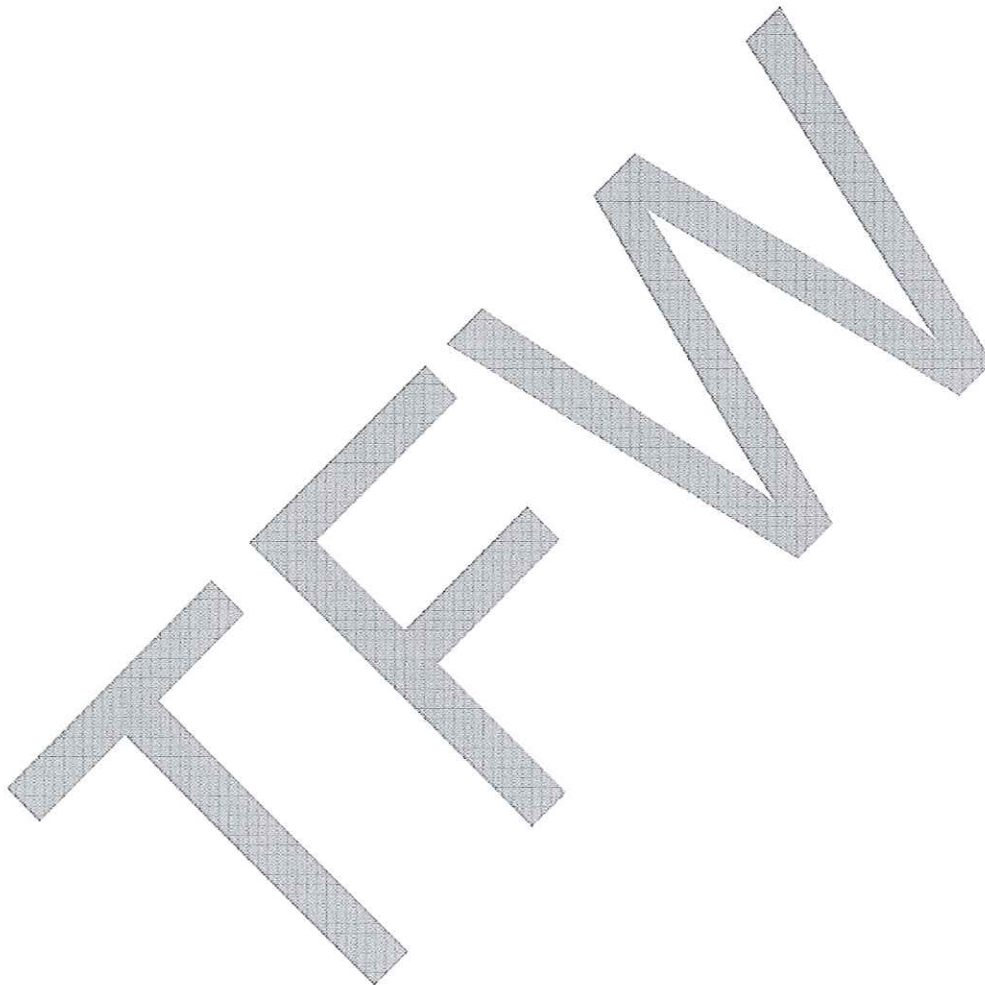
## Inhalt

	Seite
<b>1 Allgemeines</b>	<b>6</b>
1.1 Anwendungsbereich	6
1.2 Bautechnische Zielstellungen	6
1.3 Begriffe für die Überwachungsvermessung	7
<b>2 Genauigkeitsforderungen, Begriffe und Symbole</b>	<b>9</b>
2.1 Das Grundprinzip	9
2.2 Qualitätsdefinition	9
2.3 Symbole und Begriffe für Genauigkeitsangaben	9
2.4 Genauigkeitsforderungen	10
<b>3 Messsystem</b>	<b>11</b>
3.1 Messinstrument und Messhilfsmittel	11
3.2 Messeinrichtungen	11
3.3 Prüfung von Messinstrument und Messhilfsmitteln	12
<b>4 Messungsdurchführung</b>	<b>13</b>
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
<b>5 Sicherung und Instandhaltung des Messsystems</b>	<b>17</b>
<b>6 Aufbereitung und Auswertung der Messung</b>	<b>18</b>
6.1 Aufbereitung	18
6.1.1 Richtungsmessung	18
6.1.2 Zenitwinkelmessung	18
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
<b>7</b>	<b>Dokumentation der Messepoche im Messbericht</b>	<b>32</b>

### **Dokumentenänderungsblatt**

**Messanweisungen sind nicht für alle Zeiten festgeschrieben. Sie bedürfen einer ständigen Kontrolle ihrer Aktualität und gegebenenfalls der Korrektur, Ergänzung oder anderes mehr. Auf dieser Seite der Messanweisung sind alle vorgenommenen Änderungen ab dem 01.01.2012 zu dokumentieren.**





## **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 zugrunde liegende Normen und Richtlinien, in denen sich die allgemein anerkannten Regeln der Technik dokumentieren:

- DIN 18709 – Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen im Vermessungswesen  
Teil 1 – Allgemeines, 1995-10  
Teil 2 – Ingenieurvermessung, 1986-04  
Teil 4 – Ausgleichsrechnung 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 nahe liegender 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  $\sigma$  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  $2,5\sigma$ -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:

$\sigma$	Standardabweichung einer Grundgesamtheit
$s$	Standardabweichung einer Stichprobe
$\sigma_0$	Standardabweichung einer Beobachtung vom Gewicht 1
$\sigma_x, s_x, \sigma_y, s_y$	Koordinaten-Standardabweichung
$\sigma_L, s_L$	Lage-Standardabweichung
$\sigma_r, s_r$	Standardabweichung einer einmal in zwei Fernrohrlagen (FRL) gemessenen horizontalen Richtung



$\sigma_w, s_w$	Standardabweichung eines einmal in zwei FRL gemessenen horizontalen Winkels
$\sigma_z, s_z$	Standardabweichung eines einmal in zwei FRL gemessenen Zenitwinkels
$\sigma_d, s_d$	Standardabweichung einer Distanz (Strecke), beobachtet als Hin- und Rückmessung
$\sigma_{dr}, s_{dr}$	Standardabweichung einer Raumstrecke (Schrägstrecke), beobachtet als Hin- und Rückmessung
$\sigma_{\Delta h}, s_{\Delta h}$	Standardabweichung eines trigonometrisch gemessenen Höhenunterschiedes
$\sigma_H, s_H$	Standardabweichung einer trigonometrisch bestimmten Höhe
$R = x_{\max} - x_{\min}$	Spannweite der Messwerte zum Beispiel einer Messreihe oder innerhalb einer Messung
<b>S</b>	statistische Sicherheit (Sicherheitswahrscheinlichkeit)
$\alpha$	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 „Objektspezifik“ 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 gewonnen Datenmaterial die Stabilität der Festpunkte nachgewiesen werden soll. Da beide Messungen (Beobachtung Objektpunkte, Beobachtung Festpunkte) innerhalb einer Messfolge durchgeführt

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  $\pm 5$  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  $75^\circ$  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 vorstehender 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 zielpunktbezogen 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 **Beobachtungsspinnen** 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  $\Delta h$ -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  $\text{Meter} * 10^{-5}$  beziehungsweise  $\text{Gon} * 10^{-5}$  einzuhalten. Die Ergebniswerte sind auf  $\text{Meter} * 10^{-4}$  beziehungsweise  $\text{Gon} * 10^{-5}$  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  $w_{\text{zul}} = 1,8 \text{ mgon}$  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 Zenitwinkel-messung 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 Richtungssätzen, also mit  $m = 2$  wegen Differenz Richtung minus Bezugsrichtung

und

$$R_{\text{zul}}^{(n)} = \sigma_z \cdot k$$

bei Zenitwinkel-messungen.



Hierbei bedeuten:

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

$\sigma_r$  = Standardabweichung einer einmal in zwei FRL gemessenen Richtung (geforderte Genauigkeit)

$\sigma_z$  = 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,  $n = 3$ ,  $m = 2$

$$R_{zul} = 0,20 \text{ mgon} * 3,2 * \sqrt{2} = 0,91 \text{ mgon}$$

Zenitwinkel:  $\sigma_z = 0,35$  mgon,  $n = 3$

$$R_{zul} = 0,35 \text{ mgon} * 3,2 = 1,12 \text{ mgon}$$

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  $\sum[vv]$  mit

$v = d - \sum[d]/m$  ( $\sum[v]$  ergibt satzweise Null)

$d$  = Differenz zwischen den Richtungsmitteln und den reduzierten gemessenen Richtungen

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

$\sum[vv]$  = 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

$\sum[vv]$  = 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<sub>r</sub>** 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<sub>z</sub>** höchstens die nachfolgend berechneten größten zulässigen Beträge erreichen.

In Abhängigkeit von den Freiheitsgraden **n<sub>f</sub>** wird bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 5 \%$  angenommen, dass die geforderte Genauigkeit erreicht wurde, wenn gilt

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

**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<sub>f</sub>**

Tabelle 2

<b>n<sub>f</sub></b>	<b>T</b>	<b>n<sub>f</sub></b>	<b>T</b>
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

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

$\sigma_r = 0,2$  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)

### Kalibrierkorrekturen

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

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

#### 6.3.1.2 Korrigierte Schrägstrecke

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

### 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.

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

$HD$  = gesuchte Horizontalstrecke

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

$\zeta$  = 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

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

$\Delta h$  = 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

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

$\zeta$  = 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 Zielinie

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

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

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

$\Delta h_{\text{trig}}^*$  = 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

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

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

$\zeta$  = 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 theoretische 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 Ausgleichsdurchlauf zu starten.

Wenn beim Globaltest für die theoretische Varianz ein entsprechender 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 Ausgleichsdurchlauf zu starten.

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 Bezugs-epoche mit den Datumpunkten nach Abschnitt 6.5.1 beziehungsweise entsprechend der Messanweisung „Objektspezifik“ auszuführen.

Ergibt sich dabei an einem Datumpunkt 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 Datumpunkte 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-Helmerttransformation) und nachzuweisen.



Abschließend ist eine erneute freie Ausgleichung mit den verbliebenen Stützpunkten als Datumspunkten und den Nichtdatumspunkten 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 Stützpunktpfeiler 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 (Datumspunkte 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 Festpunktpfeiler**

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 Beginn 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
  - $s_0^2$  (im PANDA: **(S0)2**) Varianzkomponente (Wert nahe 1)
  - Summen- und Ausgleichungsprobe
- Zusammenstellung netzspezifischer Größen
- Koordinaten nach Ausgleichung und Koordinatendifferenzen  $\Delta x$  und  $\Delta y$  (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  $\theta$ ) 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, falls nichts anderes festgelegt, in 3-facher Ausfertigung als Leseexemplar und in digitaler Form (mit den Original-Auswertedateien) als CD-Beigabe zum Leseexemplar 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 im Original 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 Ausgleichungsbeziehungswise 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.
- Messbericht komplett auf CD, jedem Leseexemplar beigelegt



Nachfolgende Übersicht enthält die in digitaler Form und/oder als Leseexemplar zu liefernden Informationen:

	analog (als Leseexemplar)	digital (auf Datenträger)
Textteil des Messberichtes	x	x
Netzskizze, Beobachtungsspinnen	x	x
Feldformulare der Sekundärdaten	x	÷
Originale Messdatei (unkorrigiert)	÷	x
Originale Messdatei (korrigiert)	x	x
MS-Excel-Dateien „Aufbereitung“	x	x
(nach Muster Anlage 1 – 5: Richtungs-, Zenitwinkel-, Streckenmessung)		
MS-Excel-Datei Referenzstrecken	x	x
(nach Muster Anlage 6)		
MS-Excel-Datei Berech. der Kippachshöhen	x	x
MS-Excel-Datei Eingabedateien PANDA	÷	x
PANDA-.a2d-Datei für freie 2D-Ausgleichung	÷	x
(Vorbereitungsdatei mit 1. Versuch betrifft Gruppenstandardabweichung)		
PANDA-.o2a-Datei (Ausgleichungsdatei)	x	x
(gilt sowohl für die freie Ausgleichung als auch für die Ausgleichung unter Zwang)		
PANDA-.o2d-Datei (Defo-Analysedatei)	x	x
ggfs. 4-Parameter-Helmerttransformation	x	x
MS-Excel-Datei „pkt.-bezogene Genauigkeit“	x	x
MS-Excel-Datei „Ergebniswerte“	x	x
PANDA-.kls-Datei	x	x
(enthält u. a. die Kennzeichnung der Datums- und Nichtdatumspunkte)		
MS-Excel-Dateien Messmittelprüfung	x	x
(Tachymeter: Kalibrierungen; Neigungskompensator, Zielachsen-, Kippachsenfehler; jeweils inklusive Grafik, Reflektoren: Nullpunkt)		
Panda-Handbuch (verwendete Version)	÷	x

Die Übersicht gilt sinngemäß auch für die trigonometrische Höhenbestimmung.

Die analogen Daten sind als Anlagen dem Messbericht beizufügen.

Die Dokumentation ist termingerecht (drei Wochen nach Ende der Messung) und vollständig an den Auftraggeber 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.

Zur Anwendung im Betrieb Mitte und Betrieb Ost angewiesen:

Luisenthal, 14. Dezember 2011

Leiter Betrieb Mitte

Zeigerheim, 21. Dezember 2011

Leiter Betrieb Ost

**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

**TS Neudorf****Richtungsmessung**

Tachymetertyp ...

Nr.: 1234..

Blatt: ...

**Standpunkt Pf 100**

Folgemessung Nr.: 8

Sätze: 3 Richtungen

9

Beobachter: Müller

Datum: ... ..

Wetter: 10/10, kaum Wind

	Zielpkt	H <sub>z1</sub>	H <sub>z2</sub>	Mittel	red. Mittel	Ges.Mittel	d	v	[v v]
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[cc]	[cc]	[cc]

**1.Satz**

	<b>Pf 500</b>	137,58625	337,58476	137,58551	0,00000	0,00000	0,00	-1,17	1,37
	<b>Pf 200</b>	172,32714	372,32656	172,32685	34,74135	34,74146	1,13	-0,04	0,00
	<b>Pf 281</b>	173,76069	373,76049	173,76059	36,17509	36,17505	-0,33	-1,50	2,26
	<b>Pf 291</b>	184,72688	384,72656	184,72672	47,14122	47,14142	2,07	0,90	0,81
	<b>Pf 24</b>	185,40669	385,40553	185,40611	47,82061	47,82080	1,95	0,78	0,61
	<b>Z 18</b>	197,98849	397,98807	197,98828	60,40278	60,40298	2,02	0,85	0,72
	<b>Z 19</b>	198,04101	398,04002	198,04052	60,45501	60,45536	3,52	2,35	5,51
	<b>Pf 310</b>	198,95215	398,95169	198,95192	61,36642	61,36639	-0,30	-1,47	2,16
	<b>Pf 410</b>	198,97533	398,97460	198,97497	61,38946	61,38951	0,47	-0,70	0,49

1,17 13,92

**2.Satz**

	<b>Pf 500</b>	137,58554	337,58461	137,58508	0,00000		0,00	0,87	0,76
	<b>Pf 200</b>	172,32725	372,32620	172,32673	34,74165		-1,92	-1,05	1,09
	<b>Pf 281</b>	173,76027	373,76016	173,76022	36,17514		-0,88	-0,01	0,00
	<b>Pf 291</b>	184,72681	384,72665	184,72673	47,14166		-2,33	-1,46	2,14
	<b>Pf 24</b>	185,40647	385,40573	185,40610	47,82103		-2,25	-1,38	1,90
	<b>Z 18</b>	197,98820	397,98796	197,98808	60,40301		-0,28	0,59	0,34
	<b>Z 19</b>	198,04067	398,04030	198,04049	60,45541		-0,48	0,39	0,15
	<b>Pf 310</b>	198,95223	398,95063	198,95143	61,36635		0,30	1,17	1,37
	<b>Pf 410</b>	198,97496	398,97420	198,97458	61,38951		0,02	0,89	0,79

-0,87 8,55

**3.Satz**

	<b>Pf 500</b>	137,58560	337,58466	137,58513	0,00000		0,00	0,30	0,09
	<b>Pf 200</b>	172,32699	372,32603	172,32651	34,74138		0,78	1,08	1,17
	<b>Pf 281</b>	173,76018	373,75994	173,76006	36,17493		1,22	1,51	2,29
	<b>Pf 291</b>	184,72692	384,72613	184,72653	47,14140		0,27	0,56	0,32
	<b>Pf 24</b>	185,40644	385,40536	185,40590	47,82077		0,30	0,60	0,36
	<b>Z 18</b>	197,98878	397,98778	197,98828	60,40315		-1,73	-1,44	2,06
	<b>Z 19</b>	198,04169	398,03990	198,04080	60,45567		-3,03	-2,74	7,48
	<b>Pf 310</b>	198,95216	398,95087	198,95152	61,36639		0,00	0,30	0,09
	<b>Pf 410</b>	198,97514	398,97423	198,97469	61,38956		-0,48	-0,19	0,03

-0,30 13,89

36,36

Satzmittel		Max [gon]	Min [gon]	Spannweite [mgon]	zul. [mgon]
	<b>Pf 500</b>	137,58551	137,58508	0,43	0,91
	<b>Pf 200</b>	172,32685	172,32651	0,34	0,91
	<b>Pf 281</b>	173,76059	173,76006	0,53	0,91
	<b>Pf 291</b>	184,72673	184,72653	0,20	0,91
	<b>Pf 24</b>	185,40611	185,40590	0,21	0,91
	<b>Z 18</b>	197,98828	197,98808	0,20	0,91
	<b>Z 19</b>	198,04080	198,04049	0,31	0,91
	<b>Pf 310</b>	198,95192	198,95143	0,49	0,91
	<b>Pf 410</b>	198,97497	198,97458	0,38	0,91

Genauigkeit: Stand.-Abw. einer einzelnen Richtung:  
 Stand.-Abw. einer ausgegl. Richtung:  
 Freiheitsgrade  
 geforderte Standardabweichung  
 Schranke entspr. Chiquadrat-Verteilung  
 maximal zulässige Standardabweichung  
**Genauigkeitsforderung eingehalten**

$s_r$  0,15 mgon  
 $s_r$  0,09 mgon  
 $n_f$  16  
 $\sigma_r$  0,20 mgon  
 $T$  1,29  
 $s_{zul} = T \cdot \sigma_r$  0,26 mgon  
 ja

**TS Neudorf****Dreieckswidersprüche**

Folgemessung Nr.: 8

Tachymetertyp ... Nr.: 1234.. Beobachter: Müller Datum: ... ..

Dreieck Nr.	Standpunkt Zielpunkt	Hz	$\Delta$ Hz	W ist	W zulässig	Bemerkung
		[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]	
<b>1</b>	<b>Pf 500</b>					
	<b>Pf 410</b>	0,00000				
	<b>Pf 310</b>	24,95928	24,95928			
	<b>Pf 410</b>					
	<b>Pf 310</b>	0,00000				
	<b>Pf 500</b>	109,70954	109,70954			
	<b>Pf 310</b>					
	<b>Pf 500</b>	49,63810				
	<b>Pf 410</b>	114,96996	65,33186	<b>0,68</b>	1,80	
<b>2</b>	<b>Pf 500</b>					
	<b>Pf 410</b>	0,00000				
	<b>Pf 200</b>	26,38822	26,38822			
	<b>Pf 410</b>					
	<b>Pf 200</b>	4,89842				
	<b>Pf 500</b>	109,70954	104,81112			
	<b>Pf 200</b>					
	<b>Pf 500</b>	0,00000				
	<b>Pf 410</b>	68,80108	68,80108	<b>0,42</b>	1,80	
<b>3</b>	usw.					
	Anzahl Dreiecke: 22					
	Mittelwert der Dreieckswidersprüche: 0,26 mgon					
	Anzahl negativ: 5					
	Anzahl positiv: 17					

**TS Neudorf****Zenitwinkel**

Tachymetertyp ...

Nr.: 1234.. Blatt: ...

**Standpunkt Pf 100**

Folgemessung Nr.: 8

Sätze: 3 Richtungen: 9

Beobachter: Müller

Datum: ... ..

Wetter: 10/10, kaum Wind

	Zielpkt	V1	V2	V1 + V2	V1+i	Ges.Mittel	v	[vv]
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[cc]	[cc]

**1. Satz**

<b>Pf 500</b>	103,20824	296,79054	399,99878	103,20885	103,20888	0,27	0,07
<b>Pf 200</b>	121,64862	278,35016	399,99878	121,64923	121,64965	4,17	17,36
<b>Pf 281</b>	121,90481	278,09538	400,00019	121,90472	121,90512	4,07	16,54
<b>Pf 291</b>	122,96546	277,03383	399,99929	122,96582	122,96543	-3,90	15,21
<b>Pf 24</b>	122,96863	277,03108	399,99971	122,96878	122,96874	-0,37	0,13
<b>Z 18</b>	120,10197	279,89753	399,99950	120,10222	120,10229	0,72	0,51
<b>Z 19</b>	119,18972	280,81023	399,99995	119,18975	119,18987	1,20	1,44
<b>Pf 310</b>	113,03958	286,96055	400,00013	113,03952	113,03963	1,15	1,32
<b>Pf 410</b>	107,19495	292,80489	399,99984	107,19503	107,19539	3,58	12,84
							65,43

**2. Satz**

<b>Pf 500</b>	103,20889	296,79092	399,99981	103,20899		-1,08	1,17
<b>Pf 200</b>	121,64933	278,34954	399,99887	121,64990		-2,48	6,17
<b>Pf 281</b>	121,90478	278,09392	399,99870	121,90543		-3,08	9,51
<b>Pf 291</b>	122,96499	277,03463	399,99962	122,96518		2,45	6,00
<b>Pf 24</b>	122,96844	277,03097	399,99941	122,96874		0,03	0,00
<b>Z 18</b>	120,10183	279,89706	399,99889	120,10239		-0,93	0,87
<b>Z 19</b>	119,18901	280,80935	399,99836	119,18983		0,35	0,12
<b>Pf 310</b>	113,03902	286,95970	399,99872	113,03966		-0,30	0,09
<b>Pf 410</b>	107,19591	292,80409	400,00000	107,19591		-5,22	27,21
							51,15

**3. Satz**

<b>Pf 500</b>	103,20841	296,79082	399,99923	103,20880		0,82	0,67
<b>Pf 200</b>	121,64920	278,34957	399,99877	121,64982		-1,68	2,83
<b>Pf 281</b>	121,90491	278,09447	399,99938	121,90522		-0,98	0,97
<b>Pf 291</b>	122,96487	277,03431	399,99918	122,96528		1,45	2,10
<b>Pf 24</b>	122,96866	277,03125	399,99991	122,96871		0,33	0,11
<b>Z 18</b>	120,10196	279,89742	399,99938	120,10227		0,22	0,05
<b>Z 19</b>	119,18947	280,80943	399,99890	119,19002		-1,55	2,40
<b>Pf 310</b>	113,03940	286,95997	399,99937	113,03972		-0,85	0,72
<b>Pf 410</b>	107,19466	292,80421	399,99887	107,19523		1,63	2,67
							12,52
							129,10

Satzmittel	Max [gon]	Min [gon]	Spannweite [mgon]	zul. [mgon]
<b>Pf 500</b>	103,20899	103,20880	0,19	1,12
<b>Pf 200</b>	121,64990	121,64923	0,67	1,12
<b>Pf 281</b>	121,90543	121,90472	0,71	1,12
<b>Pf 291</b>	122,96582	122,96518	0,63	1,12
<b>Pf 24</b>	122,96878	122,96871	0,07	1,12
<b>Z 18</b>	120,10239	120,10222	0,17	1,12
<b>Z 19</b>	119,19002	119,18975	0,27	1,12
<b>Pf 310</b>	113,03972	113,03952	0,20	1,12
<b>Pf 410</b>	107,19591	107,19503	0,88	1,12

Genauigkeit: Standardabw. eines ausgegl. Zenitwinkels:  
 Standardabw. des Mittels:  
 Freiheitsgrade  
 geforderte Standardabweichung  
 Schranke entspr. Chiquadrat-Verteilung  
 maximal zulässige Standardabweichung  
**Genauigkeitsforderung eingehalten**

$s_{\zeta}$  0,27 mgon  
 $s_{\zeta}$  0,16 mgon  
 $n_f$  18  
 $\sigma_{\zeta}$  0,35 mgon  
 $T$  1,27  
 $s_{zul} = T * \sigma_{\zeta}$  0,44 mgon  
 ja

# TS Neudorf

## Streckenmessung und Reduktion

Standpunkt **Pf 100**

Tachymetertyp ...

Nr.: 1234.. Blatt: ...

Sätze: 3

T<sub>Stp</sub> 9,3 °C

Beobachter: Müller

Folgemessung Nr.: 8

Höhe<sub>Stp</sub>: 577,1 mNN

p<sub>Stp</sub> 940,1 hPa

Wetter: 10/10, kaum Wind

Datum: ... ..

Höhe<sub>Bezug</sub>: 390,0 mNN

Addko 0,00 mm

Zielpkt	SD1	SD2	SD <sub>mittel</sub>	T <sub>Zp</sub>	p <sub>Zp</sub>	ppm	SD <sub>red</sub>	V <sub>mittel</sub>	HD	Δh
	[m]	[m]	[m]	[°C]	[hPa]		[m]	[gon]	[m]	[m]
<b>1.Satz</b>										
<b>Pf 500</b>	1369,29140	1369,29130	1369,29087	9,3	947,9	16,45811	1369,31340	103,20888	1367,54802	-68,86339
<b>Pf 200</b>	623,61610	623,61620	623,61587	10,6	964,1	14,79563	623,62509	121,64965	587,91120	-207,98960
<b>Pf 281</b>	612,41060	612,41080	612,41020	10,5	963,9	14,77653	612,41925	121,90512	576,52257	-206,56797
<b>Pf 291</b>	550,10780	550,10780	550,10747	10,5	962,4	14,98689	550,11571	122,96543	514,70754	-194,15449
<b>Pf 24</b>	547,40140	547,40120	547,40110	10,0	962,3	14,76512	547,40918	122,96874	512,16509	-193,22601
<b>Z 18</b>	423,48330	423,48300	423,48303	9,5	955,2	15,52640	423,48961	120,10229	402,54771	-131,50142
<b>Z 19</b>	442,94400	442,94400	442,94387	9,5	955,2	15,52640	442,95074	119,18987	422,97465	-131,49525
<b>Pf 310</b>	618,45980	618,45970	618,45950	10,3	954,5	16,00094	618,46940	113,03963	605,53455	-125,76971
<b>Pf 410</b>	696,04130	696,04120	696,04097	8,7	952,1	15,58515	696,05181	107,19539	691,59832	-78,47118

<b>2.Satz</b>		
<b>Pf 500</b>	1369,29060	1369,29060
<b>Pf 200</b>	623,61570	623,61560
<b>Pf 281</b>	612,40990	612,40980
<b>Pf 291</b>	550,10720	550,10730
<b>Pf 24</b>	547,40090	547,40090
<b>Z 18</b>	423,48280	423,48340
<b>Z 19</b>	442,94370	442,94370
<b>Pf 310</b>	618,45920	618,45930
<b>Pf 410</b>	696,04070	696,04090

<b>3.Satz</b>		
<b>Pf 500</b>	1369,29060	1369,29070
<b>Pf 200</b>	623,61580	623,61580
<b>Pf 281</b>	612,41010	612,41000
<b>Pf 291</b>	550,10740	550,10730
<b>Pf 24</b>	547,40100	547,40120
<b>Z 18</b>	423,48300	423,48270
<b>Z 19</b>	442,94390	442,94390
<b>Pf 310</b>	618,45950	618,45950
<b>Pf 410</b>	696,04090	696,04080

**SD<sub>red</sub>** ... Schrägstrecke, gemittelt und korrigiert um atmosphärische Einflüsse

**HD** ... horizontale Strecke, bezogen auf Bezugshöhe (mittl. Bauwerkshöhe)

**Δh** ... Höhenunterschied, bezogen auf den Standpunkt (Kippachshöhe)

# TS Neudorf

## Streckendifferenzen zwischen Hin- und Rückmessung

Tachymetertyp ...

Nr.: 1234..

Blatt:

Folgemessung Nr.:

Beobachter: Müller Datum: ... ..

Standpunkt Nr.	Zielpunkt	Hin HD	Rück HD	ds ist	ds	>0,5*ds <sub>zul</sub>	Bemerkung
					zulässig		
		[m]	[m]	[mm]	[mm]		
<b>Pf 100</b>							
	<b>Pf 500</b>	1367,54802	1367,54815	-0,14	6,63		
	<b>Pf2 200</b>	587,91120	587,91123	-0,03	4,45		
	<b>Pf 281</b>	576,52257	576,52170	0,87	4,41		
	<b>Pf 291</b>	514,70754	514,70982	-2,28	4,24	1	
	<b>Pf 24</b>	512,16509	512,16498	0,12	4,23		
	<b>Pf 310</b>	605,53455	605,53259	1,96	4,50		
	<b>Pf 410</b>	691,59832	691,59790	0,42	4,74		

### Pf 200

usw.

Anzahl Strecken: 54 Stück  
**ds<sub>zul max</sub>**: 6,6 mm  
 Anzahl kleiner 0,5 \* **ds<sub>zul</sub>**: 47 Stück  
 dies entspricht (gefordert: 70%): 87,0 %

**HD** horizontale Strecke, bezogen auf Bezugshöhe (mittl. Bauwerkshöhe)  
**ds** Widerspruch zwischen Hin- und Rückmessung

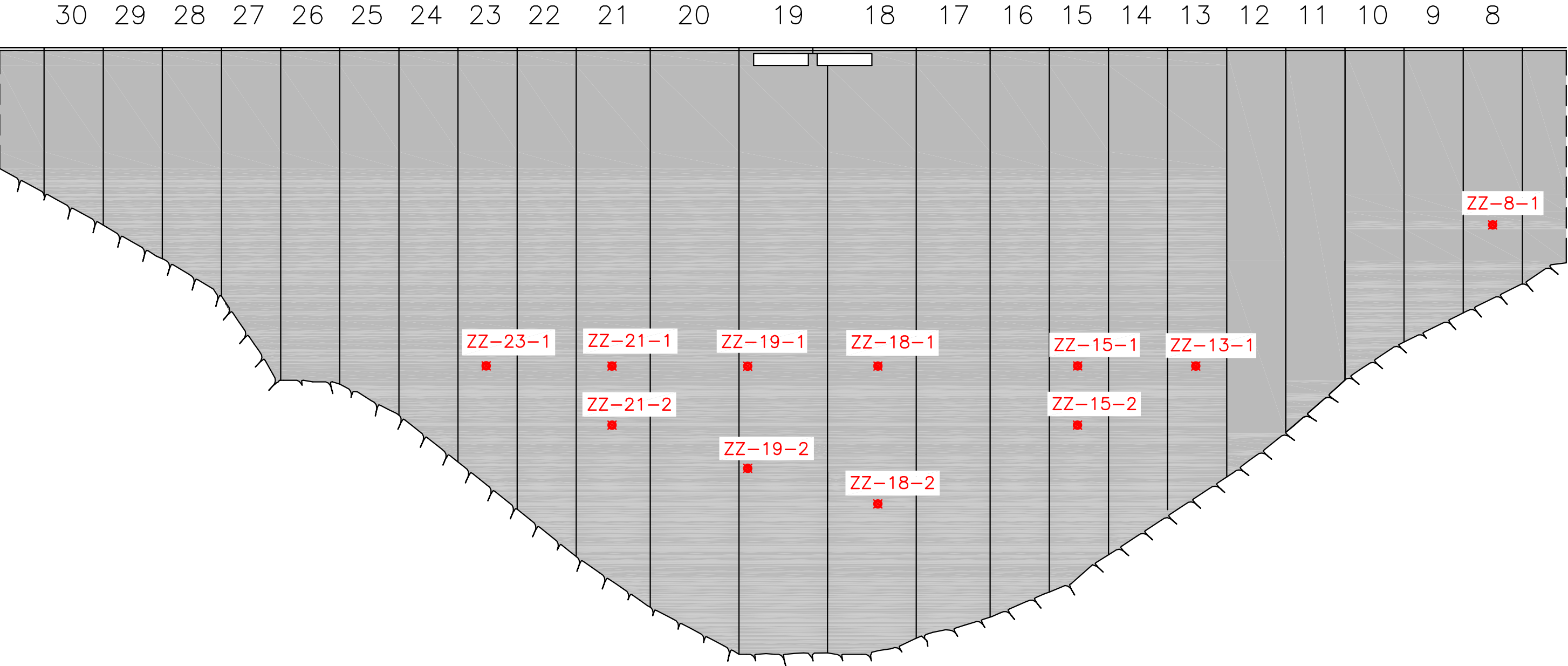


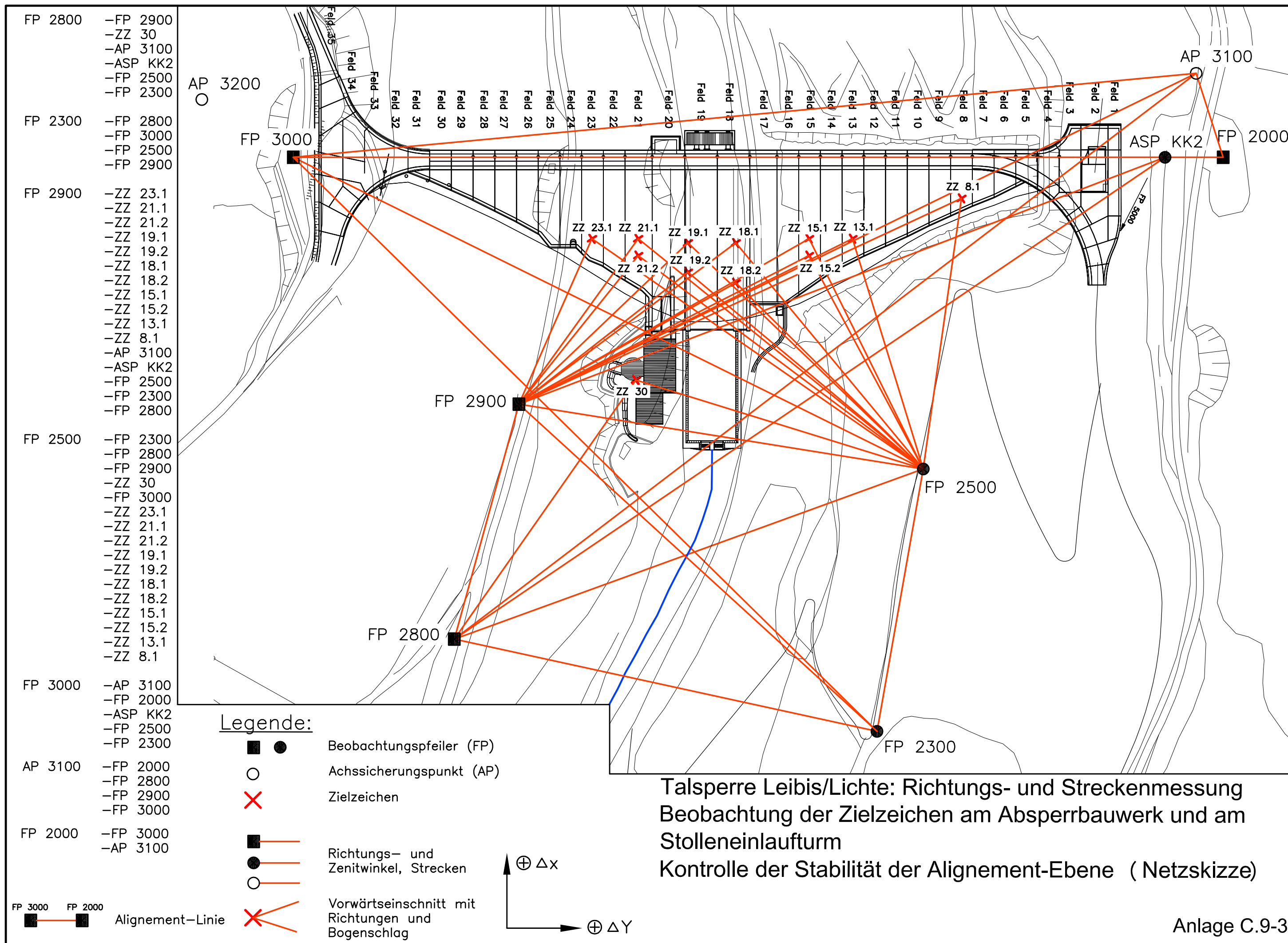
## TS Neudorf - Referenzstrecken

Folgemessungen = FM		Aligementebene - mittlere Distanz Pf 200 - Pf 300				Mauervorland - kurze Distanz Pf 230 - Pf 250				längste Netzseite - große Distanz Pf 100 - Pf 500			
		200 - 300 HIN	300 - 200 RÜCK	SD <sub>red</sub>		230 - 250 HIN	250 - 230 RÜCK	SD <sub>red</sub>		100 - 500 HIN	500 - 100 RÜCK	SD <sub>red</sub>	
				Schrägstrecke	Differenz zur BM			Schrägstrecke	Differenz zur BM			Schrägstrecke	Differenz zur BM
		[m]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[mm]
<b>FM 3 Netz</b>	<b>07. + 08.04.2009</b>	428,93367	428,93363	<b>428,93365</b>	<b>BM</b>	123,05126	123,05116	<b>123,05121</b>	<b>BM</b>	1369,31222	1369,31209	<b>1369,31216</b>	<b>BM</b>
<b>FM 3 Netz</b>	<b>07. + 08.04.2009</b>	428,93367	428,93363	<b>428,93365</b>	<b>0,0</b>	123,05126	123,05116	<b>123,05121</b>	<b>0,0</b>	1369,31222	1369,31209	<b>1369,31216</b>	<b>0,0</b>
<b>FM11 Mauerbereich</b>	<b>09.04.2009</b>	428,93338	428,93343	<b>428,93341</b>	<b>-0,2</b>	123,05088	123,05122	<b>123,05105</b>	<b>-0,2</b>				
<b>FM12 Mauerbereich</b>	<b>18.09.2009</b>	428,93364	428,93367	<b>428,93365</b>	<b>0,0</b>	123,05113	123,05116	<b>123,05115</b>	<b>-0,1</b>				
<b>FM 4 Netz</b>	<b>13. + 14. 4. 2010</b>	428,93345	428,93332	<b>428,93339</b>	<b>-0,3</b>	123,05100	123,05096	<b>123,05098</b>	<b>-0,2</b>	1369,31340	1369,31333	<b>1369,31337</b>	<b>1,2</b>
<b>FM15 Mauerbereich</b>	<b>15.04.2010</b>	428,93367	428,93339	<b>428,93353</b>	<b>-0,1</b>	123,05135	123,05114	<b>123,05124</b>	<b>0,0</b>				
<b>FM16 Mauerbereich</b>	<b>14.09.2010</b>	428,93335	428,93330	<b>428,93333</b>	<b>-0,3</b>	123,05117	123,05128	<b>123,05123</b>	<b>0,0</b>				
<b>Fm 5 Netz</b>	<b>14. + 15.4. 2011</b>	428,93392	428,93327	<b>428,93360</b>	<b>-0,1</b>	123,05120	123,05127	<b>123,05124</b>	<b>0,0</b>	1369,31160	1369,31108	<b>1369,31134</b>	<b>-0,8</b>

Übersichtsskizze-luftseitige Maueransicht ohne Entnahmeturm-Einbaulage der Zielzeichen

Bermerkung: Zielzeichen ZZ-30 befindet sich am Entnahmeturm.  
(In dieser Ansicht nicht mit dargestellt.)





# **Mess- und Kontrollprogramm Kapitel C Bauwerksreaktionen (Messgrößen)**

## **Abschnitt 8 Richtungs- und Streckenmessung Lagefestpunktfeld**

**bestehend aus folgender Einzelmessung:**

**Geodätisches Sondernetz Lage**

**Version vom 1. Juni 2017**

- Messziele
- Messstellenübersicht
- Messinstrumente und Messhilfsmittel
- Angaben zur Durchführung der Messung
- Genauigkeitsanforderungen
- Angaben zur Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse
- Angaben zu Erwartungsbereichen und Meldewerten (Grenzwerte)
- Festlegung zur Sofortinformation des zuständigen Verantwortlichen, Hinweise zum Alarmplan

## **Dokumentenänderungsblatt**

**Dieses Dokument unterliegt einer ständigen Kontrolle seiner Aktualität und bedarf dementsprechend der Korrektur, Ergänzung oder anderem mehr. Auf dieser Seite sind alle vorgenommenen Änderungen ab dem 01.06.2017 zu dokumentieren.**

- 1 01.06.2017: Fertigstellung der „vorläufigen“ Endfassung
- 2 01.08.2019: Unternehmensstruktur hat sich geändert. Alle benannten Funktions- und Organisationsbezeichnungen gelten sinngemäß für die aktuelle Struktur in der TFW.

## Inhaltsverzeichnis

## Seite

8.1	Vorbemerkungen .....	4
8.2	Anwendungsbereich .....	4
8.3	Bautechnische und sonstige Zielstellungen (Messziele).....	4
8.4	Messstellenübersichten .....	5
8.5	Bestandteile des Messverfahrens bzw. des Messsystems .....	5
8.5.1	Messeinrichtungen.....	5
8.5.2	Messinstrumente (fest und beweglich) und Messhilfsmittel .....	6
8.5.3	Wartungs- und Pflegemaßnahmen .....	7
8.6	Angaben zur Durchführung der Messung (Messanweisungen) .....	7
8.6.1	Allgemeines .....	7
8.6.2	Messungsdurchführung .....	7
8.7	Genauigkeitsforderungen, Messwertauflösung.....	8
8.8	Angaben zur Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse.....	9
8.9	Angaben zu Erwartungsbereichen, Meldewerten im PLS und Nachmessungen .....	12
8.9.1	Erwartungsbereiche .....	12
8.9.2	Meldewerte (Grenzwerte im PLS).....	12
8.10	Festlegungen zur Sofortinformation des zuständigen Verantwortlichen, Hinweise zum Alarmplan .....	12

## 8.1 Vorbemerkungen

Mit Hilfe der Richtungs- und Streckenmessungen zur Beobachtung der Festpunktpfeiler werden hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit qualitativ sehr hochwertige und aussagekräftige Messdaten gewonnen, die den Anforderungen der generellen bautechnischen Zielstellung sehr nahe kommen.

Zum Messverfahren wird eine Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 erarbeitet (siehe Anlage C.8-1). Sie beinhaltet grundsätzliche Merkmale und Anforderungen an das Messverfahren. In weiteren Punkten wird speziell auf diese Grundlagenmessanweisung verwiesen. Objektspezifische Eigenarten und Anforderungen zum Festpunktlagefeld der Talsperre Leibis/Lichte werden in diesem Abschnitt 8 näher erläutert.

Die unter DWA-M 514 unter Punkt 2.4.2 Teil c), d), e) und f) geforderten Angaben (Messhäufigkeit, Sondermessungen, visuelle Kontrollen, Messpersonal) werden gesondert in einem Messprogramm tabellarisch erfasst (siehe Anlage A.9-1 im Kapitel A – Allgemeines).

## 8.2 Anwendungsbereich

Der Abschnitt 8 gilt für die Ausführung der Messungen, die Plausibilitäts- und die bautechnische Sofortbewertung der Mess- und Ergebniswerte aller zugehörigen Bestandteile der Richtungs- und Streckenmessung - Festpunktlagefeld.

An der Talsperre Leibis/Lichte werden alle vorhanden Festpunktpfeiler, mit Ausnahme von FP 2200 und FP 2400 (AKR-Schaden), in das Lagefestpunktfeld einbezogen. Das Festpunktlagefeld (Netz) besteht gegenwärtig aus zehn Festpunktpfeilern, von denen vier etwa in Verlängerung der Mauerachse für das geometrische Aligement und dessen Sicherung angebracht sind (FP 1000, FP 2000, FP 3000 und FP 4100). Weitere vier Festpunktpfeiler bilden das luftseitig der Mauer angeordnete Diagonalviereck zur Beobachtung der Mauerzielzeichen. Dieses „Teilnetz“ Mauerbereich besteht aktuell aus den „inneren“ Pfeilern 2300, 2500, 2800 und 2900. Die angebundenen „äußeren“ Punkte 7000 und 5000 dienen der rückwärtigen Sicherung. Ergänzt wird das Lagefeld durch die Achssicherungspunkte ASP KK 2 und AP 3100 zur weiteren Netzstabilisierung.

Weitere allgemeine Angaben stehen in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 unter Punkt 1.1 „Anwendungsbereich“.

## 8.3 Bautechnische und sonstige Zielstellungen (Messziele)

Das übergeordnete Messziel liegt grundsätzlich in der bautechnischen Überwachung des Absperrbauwerks. Hierzu ist ein Erkennen von möglich auftretenden Verschiebungen der Festpunktpfeiler von entscheidender Bedeutung. Da die Festpunktpfeiler als fest definierte Bezugspunkte der Bauwerksüberwachung dienen, ist eine ständige Kontrolle ihrer Lage im Lagenetz (Lagekoordinaten) notwendig.



### Sonstige Messziele:

#### **a) Kontrolle der Stabilität des Diagonalvierecks und der Alignment-Ebene (Lagenetzstabilität)**

Die inneren Beobachtungspfeiler FP 2500 und FP 2900, die zur direkten Beobachtung der Mauerzielzeichen (Objektpunkte) verwendet werden, sind über weitere Festpunktpfeiler in ihrer Lage abgesichert. Das zugehörige „Lagenetz“ dient allgemein der Kontrolle der Festpunktpfeiler. Der Nachweis der Stabilität des Lagenetzes ist zu jeder Folgemessung zu erbringen.

#### **b) Kontrolle der Pfeilerneigungen**

Durch Setzkegelneigungsmessungen an den Zwangszentrierungen der Beobachtungspfeiler ist über die Beobachtung der Pfeilerneigung ebenfalls ein weiterer Nachweis der Stabilität der Pfeiler zu erbringen (siehe auch Kapitel C – Abschnitt 11 Neigungsmessungen).

Weiter wird auf den Punkt 1.2 „Bautechnische Zielstellungen“ in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 verwiesen.

### **8.4 Messstellenübersichten**

Eine Messstellenübersicht über das Festpunktlagefeld (Netzskizze) mit den zugehörigen Sichten geht aus der Anlage C.8-2 hervor.

### **8.5 Bestandteile des Messverfahrens bzw. des Messsystems**

#### **8.5.1 Messeinrichtungen**

Auf den Punkt 3.2 „Messeinrichtungen“ in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 wird verwiesen.

#### **a) Beobachtungspfeiler/Festpunktpfeiler**

Die Beobachtungspfeiler (FP) sind an der Talsperre Leibis/Lichte als thermisch gedämmte Doppelrohrpfeiler ausgebildet. Zur Gründung dient ein Fundamentblock aus Beton. Auf den Pfeilerköpfen befinden sich Freiburger Zwangszentrierungen (siehe auch c) zur Aufnahme von Messgerät (Tachymeter) oder Reflektoren.

#### **b) Achssicherungspfeiler/Achssicherungspunkte**

Zwei Achssicherungspunkte befinden sich am „Kübelkai“ auf der linken Hangseite. Sie werden als ASP KK 2 und AP 3100 bezeichnet (Funktion wie unter a) beschrieben).

### **c)      Untersatz für Zwangszentrierung**

Zum Zwecke einer hochpräzisen, reproduzierbaren, zwangszentrierten Aufstellung eines Aligniergerät, eines Theodoliten oder eines Tachymeters sowie für feste Zielzeichen, ein Tripelprisma oder einen Setzkegel auf Dreifuss wurden außerhalb des zu überwachenden Bauwerkes entsprechende Beobachtungspunkte mit einem Zentrierungssystem versehen. Als Zentrierungssystem wird das Prinzip der „Freiberger Kugel“ angewandt.

Diese Untersätze zur zwangszentrierten Aufstellung werden in Granit-, Beton- oder Rohrpfiler einbetoniert. Eine aufschraubbare Metallkappe mit Gummidichtung schützt diesen Untersatz vor Umwelt- und mechanischen Einflüssen.

### **8.5.2    Messinstrumente (fest und beweglich) und Messhilfsmittel**

Auf den Punkt 3.1 „Messinstrument und Messhilfsmittel“ in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 wird verwiesen.

#### **a)      Tachymeter**

Es kommen ausschließlich Präzisionstachymeter zum Einsatz. Das Tachymeter muss vom beauftragten Vermessungsbüro zur Verfügung gestellt werden.

Folgende Genauigkeitsanforderungen sind zu erfüllen:

- Genauigkeit Streckenmessung: 1 mm + 1 ppm
- Genauigkeit Richtungsmessung: 0,20 mgon

#### **b)      Reflektoren**

Die benötigten Reflektoren sind an der Talsperre Leibis/Lichte vorhanden und werden für die Messungen zur Verfügung gestellt. Insgesamt kommen 14 Reflektoraufsätze zur Anwendung. Sie befinden sich paarweise in sieben Instrumentenkoffern. Sie sind ausnahmslos zu verwenden.

#### **c)      Barometer**

Das Barometer dient der Bestimmung des Luftdruckes.

#### **c)      Thermometer**

Das Thermometer dient der Bestimmung der Temperatur.

#### **d)      Messhilfsmittel**

Weiterhin werden benötigt:

- bei Bedarf: Regen oder Sonnenschirm
- Sprechfunkgeräte zur Kommunikation
- Dreikantschlüssel zum Öffnen der Pfeilerhauben

- Reinigungsplatten
- Feldrissformulare

### 8.5.3 Wartungs- und Pflegemaßnahmen

Auf den Punkt 5 „Sicherung und Instandhaltung des Messsystems“ in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 wird verwiesen.

Der objektbezogene Schwerpunkt bei diesem Messverfahren liegt im ständigen Freihalten der benötigten Sichtschneisen (starker Birkenaufwuchs).

## 8.6 Angaben zur Durchführung der Messung (Messanweisungen)

### 8.6.1 Allgemeines

Die Messhäufigkeit zur Richtungs- und Streckenmessung des geodätischen Sondernetzes und aller zugehörigen Messungen richtet sich nach dem aktuell gültigen Messprogramm der Talsperre Leibis/Lichte (siehe Anlage A.9-1 im Kapitel A – Allgemeines).

### 8.6.2 Messungsdurchführung

Auf den Punkt 4 „Messungsdurchführung“ in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 wird verwiesen.

Die Grundlagenmessanweisung beinhaltet festgesetzte Messprinzipien, die es einzuhalten gilt. Sie nimmt Bezug auf:

- Allgemeines unter Punkt 4.1
- Prüfungen vor Messungsbeginn unter Punkt 4.2
- Messverfahren unter Punkt 4.3 und Unterpunkte

Die objektspezifischen Angaben und Arbeitsabläufe zur Messungsdurchführung werden nachfolgend aufgeführt.

Zur Messung selbst sind stets zwei Mitarbeiter notwendig, ein Beobachter am Instrument und ein Messgehilfen der für die Reflektoren zuständig ist.

#### Messablauf

**Beachte:** Die meteorologischen äußeren Bedingungen müssen am jeweiligen Messtag zur Durchführung dieser Beobachtungsmessung einwandfrei sein, um gute und aussagekräftige Messdaten zu erhalten sowie zur Minimierung des Refraktionseinflusses. Das Risiko der Einflussnahme ist laufend gegeben.

**Beachte:** Einige „äußere“ Festpunktpfeiler liegen im unwegsamen Gelände und sind deshalb schwer zugänglich. Ein geländegängiges Fahrzeug (Allrad) ist zwingend notwendig.

**Beachte: Bei manueller Anzielung sind mindestens drei Vollsätze notwendig, bei automatischer Anzielung (ATR) mindestens vier Vollsätze.**

Vor Beginn der Messungen werden die aktuellen Achsfehler sowie die Abweichungen der automatischen Zielerfassung ATR bestimmt. Die Protokollierung erfolgt in einem Feldrissformular.

Besonderes Augenmerk muss auf die genaue Erfassung der atmosphärischen Bedingungen wie Luftdruck und Temperatur gelegt werden, da diese die Streckenmessung maßgeblich beeinflussen. Generell wird am jeweiligen Instrumentenstandort zu Beginn und Ende der Aufstellung die Temperatur und der Luftdruck bestimmt. Über die internationale barometrische Formel erfolgt dann eine Interpolation bezogen auf die Höhen der Zielpunkte. Ergänzend werden diese Messparameter an den anzuzielenden Beobachtungspunkten bei Aufbau und Neuausrichtung sowie Abbau der Reflektoren erfasst. Die Parameter Luftdruck und Temperatur werden nicht im Tachymeter zur Messwertkorrektur eingegeben, sondern im Nachgang bei der Auswertung mittels PANDA an die Messwerte angebracht.

Es wird jeweils in zwei Fernrohrlagen beobachtet. Zur Anzielung der Festpunktpfeiler kann die automatische Zielerfassung ATR verwendet werden. Im Bedarfsfall sind manuelle Anzielungen durchzuführen. Bei etwas ungünstigen Witterungseinflüssen ist es zweckmäßig, die Anzahl der zu messenden Vollsätze zu erhöhen.

Die Messungen erfolgen von insgesamt elf Beobachtungsstandpunkten aus, die zugleich auch als Anschlusspunkte dienen. Zu den Standpunkten zählen die Festpunktpfeiler FP 1000, FP 2000, FP 2300, FP 2500, FP 2800, FP 2900, FP 3000, AP 3100, FP 4100, FP 5000 und FP 7000. Alle Anzielungen (Beobachtungen) gehen aus der Netzskizze der Anlage C.8-2 hervor.

**Hinweis 1: Die beiden Objektpunkte 2018 und 2019, an den luftseitigen Lisenenköpfen im Mauerkronenbereich angebracht, können bei einer Folgemessung der Mauerzielzeichen aus Sichtgründen nicht vollumfänglich mit einbezogen werden. Aus diesem Grund sind diese als beweglich definierte Objektpunkte in die Beobachtung des geodätischen Sondernetzes mit einzubeziehen.**

**Hinweis 2: Der Achssicherungspunkt ASP KK 2 wird bei der Auswertung auch numerisch als Punkt 2110 bezeichnet.**

## **8.7 Genauigkeitsforderungen, Messwertauflösung**

Zu Angaben der Genauigkeitsforderungen und Messwertauflösungen wird auf die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 verwiesen.

Zu den Kontroll- und Genauigkeitsmaßen sind für die einzelnen Betrachtungsschritte die größten aufgetretenen Fehler mit den zulässigen Werten gegenüberzustellen. Zugehörig zu den Genauigkeitsmaßen:

- Standardabweichung Hz-Richtungsmessung
- Standardabweichung Zenitwinkelmessung

- Spannweite Satzmittel Hz-Richtungen
- Spannweite Satzmittel Zenitwinkel
- Dreieckswiderspruch
- Streckenwiderspruch
- Streckenwiderspruch  $< 3,5 \text{ mm}$

## **8.8 Angaben zur Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse**

Allgemeine Angaben zur Berechnung, Dokumentation und Archivierung der Messergebnisse sind in der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 unter Punkt 6 „Aufbereitung und Auswertung der Messung“ genau beschrieben.

### Aufbereitung

Zur Aufbereitung und Kontrolle der Messdaten werden die vorhandenen Routinen und Auswerteformulare verwendet, die das in der Grundlagenmessanweisung festgelegte Vorgehen abbilden. Die Ergebnisdokumentation und deren Fortschreibung erfolgt in entsprechenden Ergebnisformularen. Sämtliche Auswertungsschritte sind zu protokollieren.

Die Originalmessdaten werden aufbereitet und zur Satzreduktion/Kontrolle der Richtungsmessung, Zenitwinkel und Raumstrecken übernommen. Anschließend werden die Messergebnisse auf grobe Fehler überprüft und die Satzreduktionen durchgeführt.

In einer ersten Bewertung werden die Einzelsätze mit den größten Abweichungen von den Satzmitteln aufgefunden und bei Bedarf und ausreichender Überbestimmung aus der weiteren Verarbeitung ausgenommen.

Das Datenmaterial (Rohdaten) wird zu Beginn auf eine ausreichende innere Genauigkeit hin geprüft. Dazu werden die resultierenden Messdaten hinsichtlich Winkel- und Streckengenauigkeit unter Einbeziehung instrumententechnischer Parameter aus der aktuellen Kalibrierung, netzgeometrischen Eigenschaften (Reduktion auf Bezugshorizont sowie Festpunkthöhen) und atmosphärischen Korrekturparametern bewertet.

In den standpunktbezogenen Tabellen der Streckenmessungen werden die Rohmessdaten mit den ermittelten atmosphärischen Koeffizienten ppm aus Temperatur und Luftdruck (jeweils über die Linie Stand- und Zielpunkt über den Messzeitraum gemittelt) und den instrumententechnischen Parametern korrigiert ( $k_0$  und  $k_M$ ) sowie die Reduktion auf den örtlichen Bezugshorizont (390 mHN) vorgenommen.

**Hinweis: Eine Temperaturdifferenz von 1 Kelvin bedeutet schon 1mm/km dies entspricht 1 ppm**

Nun können auch die Genauigkeitsforderungen (siehe Punkt 8.7) hinsichtlich der erreichten Messgenauigkeiten überprüft werden. Diese Kontrolle ist tabellarisch festzuhalten.

## Grundlage Netzausgleichung

Die Ausgleichung erfolgt mit dem Softwarepaket „Programmsystem zur Ausgleichung von geodätischen Netzen zur Deformationsanalyse PANDA“ der Firma GEOTEC GmbH.

Die Auswertung der Sondernetzmessung basiert auf nachfolgendem Koordinatensystem:

Deformationssystem der Bauwerksüberwachung der Talsperre Leibis/Lichte positive X-Achse zur Wasserseite, linksdrehend, Bezugshöhe 390 mHN

Netzdatum: FP 3000: Y=5000,00 m X=2000,00 m  
FP 2000: X=2000,00 m

Als Eingangsdaten für die freie Ausgleichung sowie als Berechnungsgrundlage sind die Koordinaten der Festpunkte aus der FM 8 (8. Folgemessung) des geodätischen Sondernetzes zu verwenden, entnommen aus den Eingangsdaten der freien Netzausgleichung der 25. Folgemessung Mauerzielzeichen.

## Freie Ausgleichung

Die freie Netzausgleichung erfolgt als 2D-Ausgleichung mit den im Vorfeld reduzierten Messwerten und den übernommenen Datumspunkten der Bezugsepoche (8. Folgemessung Sondernetz)

Datumspunkte: FP 1000, FP 2000, FP 2300, FP 2500, FP 2800, FP 2900,  
FP 3000, FP 4100, FP 5000 und FP 7000

Nichtdatumspunkte: AP 3100, ASP KK 2 (2110), 2018, 2019

Als Näherungskoordinaten werden die Ergebnisse der 8. Folgemessung GSN neue Konfiguration (Ausgleichung unter Zwang) verwendet.

Es werden alle Beobachtungen zwischen den Festpunktpfeilern und den zusätzlichen Sicherungspunkten verwendet. Zusätzliche Gewichtungen und Parameter (wie Maßstab, Additionskonstante) werden nicht eingeführt.

Die Ergebniskoordinaten der freien Ausgleichung dienen als Ausgangswerte für die nachfolgende Deformationsanalyse.

## Deformationsanalyse

Zur Auffindung möglicher Veränderungen der Datumspunkte (Festpunktpfeiler) wird nun eine Deformationsanalyse auf Basis der vorliegenden Ausgleichungsergebnisse durchgeführt.

Als Bezugsepoche (Epoche 1) werden die Ergebnisse der 8. Folgemessung des geodätischen Sondernetzes angesetzt. Ergeben sich dabei keine Veränderungen an den Datumspunkten, ist die Netzstabilität nachgewiesen. Der Epochenvergleich der einzelnen Sondermessungen im Bezug zur Bezugsmessung (FM 8 GSN) ist in diesem Zusammenhang darzustellen.

Ergeben sich markante Punktverschiebungen im Netz, ist gemäß der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ mit Stand vom 14. Dezember 2011 eine 4-Parameter-Helmert-Transformation durchzuführen. Hierbei ist der Maßstabsfaktor zwischen den Koordinaten der Bezugsepoche (8. FM) und der aktuellen Folgemessung zu bestimmen. Abschließend werden eine erneute freie Ausgleichung mit den als stabil erkannten Datumspunkten ausgeführt und die berechneten Koordinaten in einer Tabelle gegenübergestellt und bewertet.

### **Trigonometrische Höhenbestimmung**

Aus den Messdaten der geodätischen Lagemessung des Sondernetzes können nun die trigonometrischen Höhen einzelner Festpunktpfeiler abgeleitet werden. Die trigonometrischen Höhenunterschiede werden als Mittelwert aus Hin- und Rückmessung gebildet. Die berechneten Höhen beziehen sich direkt auf die Oberkante der Zwangszentrierung. Bei der Berechnung werden die Kippachs- und Reflektorhöhen mit berücksichtigt.

Definition OK-Zentrierung: Oberkante Außenring der Zentriereinrichtung bei Kerbe für den Fuß des Dreifußes ohne Justierschraube

In der Anlage C.8-3 ist eine Übersicht zur Bestimmung der Kippachshöhen je Pfeiler für die trigonometrische Höhenmessung dargestellt.

Soweit möglich, werden nun die trigonometrischen Höhenunterschiede den Ergebnissen des geometrischen Nivellements gegenübergestellt.

### **Freie Netzausgleichung**

Es wird eine 1D-Ausgleichung zur Analyse des Beobachtungsmaterials ausgeführt.

Als Datumspunkte werden in der Regel angesetzt:

- FP 2000, FP 2300, FP 2500, FP 2800, FP 2900 und FP 3000

Als Neupunkte werden in der Regel angesetzt:

- FP 1000, 2018, 2019, ASP KK 2 (2110), AP 3100, FP 4100, FP 5000 und FP 7000

Als Näherungskordinaten werden für die Neupunkte die resultierenden Höhen der 8. Folgemessung verwendet. Für die Datumspunkte gelten die aktuellen Höhen der Folgemessung, die über das geometrische Nivellement bestimmt werden. Als Beobachtung sind die gemittelten Höhenunterschiede aus Hin- und Rückmessung einzuführen. Die Gewichtung erfolgt über den reziproken Entfernungsquadraten.

### **Ausgleichung mit Zwang**

Eine Ausgleichung unter Zwang wird gefordert und dient der Höhenbestimmung der Festpunktpfeiler, die nicht an das geometrische Nivellement angeschlossen sind.

Als Festpunkte werden in der Regel angesetzt:



- FP 2000, FP 2300, FP 2500, FP 2800, FP 2900 und FP 3000

Als Neupunkte werden in der Regel angesetzt:

- FP 1000, 2018, 2019, ASP KK 2 (2110), AP 3100, FP 4100, FP 5000 und FP 7000

Als Näherungskoordinaten werden für die Neupunkte die resultierenden Höhen der 8. Folgemessung verwendet. Für die Festpunkte gelten die aktuellen Höhen der Folgemessung, die über das geometrische Nivellement bestimmt werden. Als Beobachtung sind die gemittelten Höhenunterschiede aus Hin- und Rückmessung einzuführen. Die Gewichtung erfolgt über den reziproken Entfernungskwadrate.

Durch die Ausgleichung unter Zwang werden nun die endgültigen Höhen der „OK-Zentrierung“ für die Neupunkte ermittelt.

**Hinweis:** Das Vier-Punkt-Nivellement an einzelnen Festpunktpfeilern, die nicht direkt an das Liniennetz der Talsperre Leibis/Lichte angebunden sind, ist im Rahmen der geodätischen Sondernetzmessung durchzuführen.

Zum Abschluss folgt eine Bewertung der Messergebnisse im Messbericht.

## **8.9 Angaben zu Erwartungsbereichen, Meldewerten im PLS und Nachmessungen**

**Hinweis:** Bei Auffälligkeiten oder ungewöhnlichen Messwertsprüngen soll immer erst eine Nachmessung durchgeführt werden, um den Nachweis bzw. eine Bestätigung der gewonnenen Messdaten zu erhalten.

### **8.9.1 Erwartungsbereiche**

An allen Beobachtungspfeilern können messtechnisch minimale Eigenbewegungen festgestellt werden. Dies ist normal und wird auch durch große, jahreszeitlich abhängige Temperaturveränderungen hervorgerufen. Aufgrund der Ergebniswerte vorangegangener Messepochen kann davon ausgegangen werden, dass die Eigenbewegungen (X- und Y-Komponente) zukünftig < 5 mm ausfallen werden.

### **8.9.2 Meldewerte (Grenzwerte im PLS)**

Das Messverfahren der Richtungs- und Streckenmessung (Festpunktlagefeld) ist kein automatisiertes Messsystem. Aus diesem Grund können keine Meldewerte im Prozessleitsystem hinterlegt werden.

## **8.10 Festlegungen zur Sofortinformation des zuständigen Verantwortlichen, Hinweise zum Alarmplan**

**Hinweis 1:** Die Richtungs- und Streckenmessung des Festpunktlagefeldes wird in der Regel von einem beauftragten Vermessungsbüro durchgeführt. Die nachfolgenden Schritte erfordern im Bedarfsfall eine enge Abstimmung und Zusammenarbeit mit dem zuständigen Vermessungsbüro.

**Hinweis 2: Auffälligkeiten oder ein Überschreiten der Erwartungswerte für die Festpunktpfeiler stellen kein direktes Sicherheitsrisiko des Aussperrbauwerkes dar. Aus diesem Grund ist eine Alarmierung in diesem Fall nicht notwendig.**

Werden bei der Auswertung einer Messung ungewöhnliche markante Messwertveränderungen (betrifft auch Trends) oder ein Überschreiten der unter Punkt 8.9.1 genannten Erwartungswerte festgestellt, sind zeitnah folgende Maßnahmen durchzuführen.

1. Nachrechnung und Plausibilitätsprüfung der Ermittlung des Ergebniswertes aus dem Messwert
2. Überprüfung der Messgerätschaft
3. Sofortinformation des Technikers für Bauwerksüberwachung
4. sofortige gemeinsame Wiederholung der Messung an der/den betroffenen Messstelle/n (hier im reduzierten Umfang möglich)
5. gemeinsame Wiederholung der Sofortauswertung

Bei Bestätigung der Überschreitung der Erwartungswerte durch den Techniker für Bauwerksüberwachung:

6. Abstimmung und Neufestlegung der Festpunkte (Datumspunkte) unter Nichtberücksichtigung des auffälligen Beobachtungspfeilers
7. Wenn notwendig: Eventuell Ersatzneubau/Sanierung des betroffenen Pfeilers oder Einleiten geeigneter Maßnahmen

Welche Maßnahmen in Einzelnen eingeleitet werden, ist vom Leiter des Meisterbereiches Zeigerheim ereignisabhängig festzulegen.

Bearbeiter:

Andreas Gebhardt (Techniker Bauwerksüberwachung, Betrieb Ost)

**Anlagen**

- C.8-1 – Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung  
„Grundlagen Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“**
- C.8-2 – Übersicht – Geodätisches Sondernetz (Netzskizze)**
- C.8-3 – Bestimmung der Kippachshöhe**

## **Anlage C.8-1**

**Messanweisung „Grundlagen – Dreidimensionale  
Koordinatenbestimmung“**

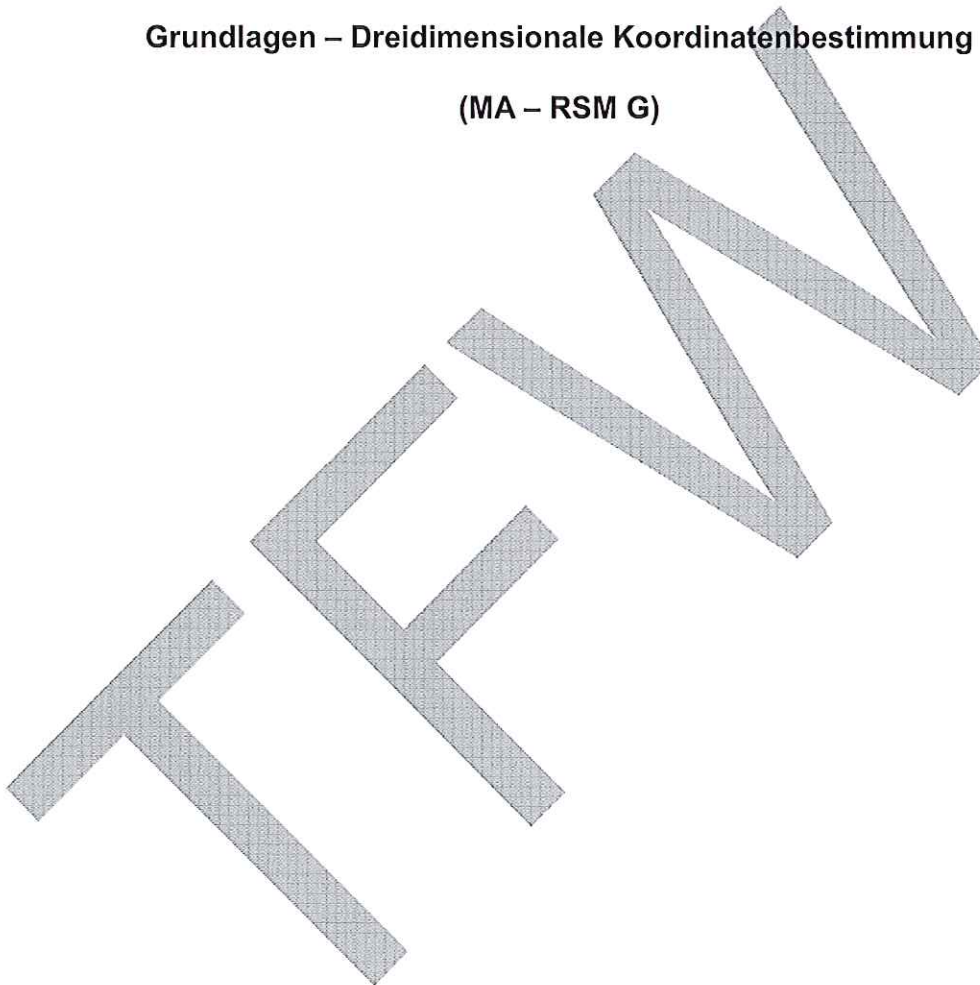
**Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung  
„Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“**

## **Richtungs- und Streckenmessung (RSM)**

### **Messanweisung (MA)**

#### **Grundlagen – Dreidimensionale Koordinatenbestimmung**

##### **(MA – RSM G)**



Erstellt von:

Herrn Prof. Dr. H.-P. Otto

Herrn Dipl.-Ing. M. Friedrich

Herrn A. Gebhardt

Herrn Dipl.-Ing. R. Hill

Herrn B. Eng. N. Stetter

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

Herrn Dipl.-Ing. J. Mehl

## Inhalt

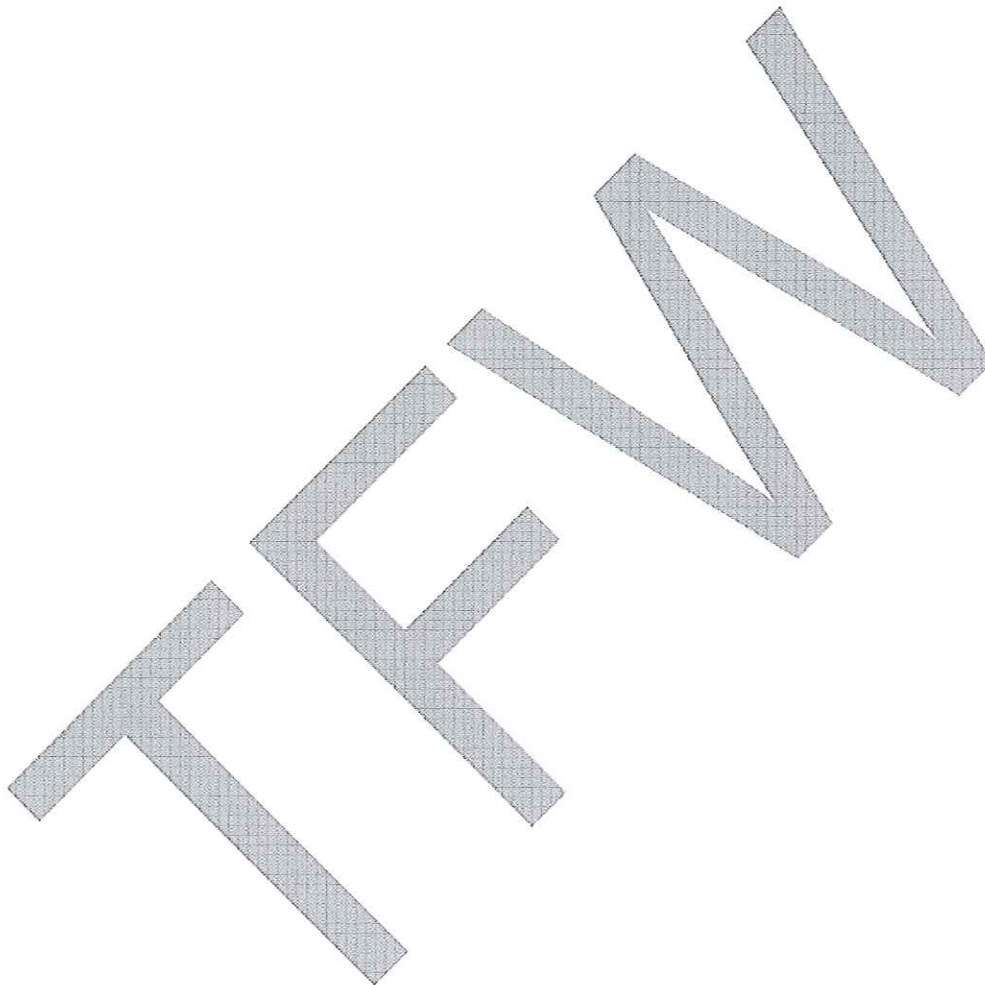
	Seite
<b>1 Allgemeines</b>	<b>6</b>
1.1 Anwendungsbereich	6
1.2 Bautechnische Zielstellungen	6
1.3 Begriffe für die Überwachungsvermessung	7
<b>2 Genauigkeitsforderungen, Begriffe und Symbole</b>	<b>9</b>
2.1 Das Grundprinzip	9
2.2 Qualitätsdefinition	9
2.3 Symbole und Begriffe für Genauigkeitsangaben	9
2.4 Genauigkeitsforderungen	10
<b>3 Messsystem</b>	<b>11</b>
3.1 Messinstrument und Messhilfsmittel	11
3.2 Messeinrichtungen	11
3.3 Prüfung von Messinstrument und Messhilfsmitteln	12
<b>4 Messungsdurchführung</b>	<b>13</b>
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
<b>5 Sicherung und Instandhaltung des Messsystems</b>	<b>17</b>
<b>6 Aufbereitung und Auswertung der Messung</b>	<b>18</b>
6.1 Aufbereitung	18
6.1.1 Richtungsmessung	18
6.1.2 Zenitwinkelmessung	18
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
<b>7</b>	<b>Dokumentation der Messepoche im Messbericht</b>	<b>32</b>



### **Dokumentenänderungsblatt**

**Messanweisungen sind nicht für alle Zeiten festgeschrieben. Sie bedürfen einer ständigen Kontrolle ihrer Aktualität und gegebenenfalls der Korrektur, Ergänzung oder anderes mehr. Auf dieser Seite der Messanweisung sind alle vorgenommenen Änderungen ab dem 01.01.2012 zu dokumentieren.**



# **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 zugrunde liegende Normen und Richtlinien, in denen sich die allgemein anerkannten Regeln der Technik dokumentieren:

- DIN 18709 – Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen im Vermessungswesen  
Teil 1 – Allgemeines, 1995-10  
Teil 2 – Ingenieurvermessung, 1986-04  
Teil 4 – Ausgleichsrechnung 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 nahe liegender 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  $\sigma$  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- $\sigma$ -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:

$\sigma$	Standardabweichung einer Grundgesamtheit
$s$	Standardabweichung einer Stichprobe
$\sigma_o$	Standardabweichung einer Beobachtung vom Gewicht 1
$\sigma_x, s_x, \sigma_y, s_y$	Koordinaten-Standardabweichung
$\sigma_L, s_L$	Lage-Standardabweichung
$\sigma_r, s_r$	Standardabweichung einer einmal in zwei Fernrohrlagen (FRL) gemessenen horizontalen Richtung

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

## 2.4 Genauigkeitsforderungen

Richtungsmessung:  $\sigma_r = 0,20$  mgon – Standardabweichung einer einmal in zwei FRL gemessenen Richtung

Zenitwinkelmessung:  $\sigma_z = 0,35$  mgon – Standardabweichung eines einmal in zwei FRL gemessenen Zenitwinkels

Distanzmessung:  $\sigma_d = 1$  mm + 1 ppm – Standardabweichung einer als Hin- und Rückmessung beobachteten Distanz

Auf Grund von objektspezifischen Erfahrungen und Gegebenheiten kann es möglich werden, Genauigkeitsforderungen innerhalb der Messanweisungen „Objektspezifik“ 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 gewonnen Datenmaterial die Stabilität der Festpunkte nachgewiesen werden soll. Da beide Messungen (Beobachtung Objektpunkte, Beobachtung Festpunkte) innerhalb einer Messfolge durchgeführt



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  $\pm 5$  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  $75^\circ$  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 vorstehender 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 zielpunktbezogen 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 **Beobachtungsspinnen** 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  $\Delta h$ -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  $w_{zul} = 1,8 \text{ mgon}$  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 Zenitwinkel-messung 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 Richtungssätzen, also mit  $m = 2$  wegen Differenz Richtung minus Bezugsrichtung

und

$$R_{\text{zul}}^{(n)} = \sigma_z \cdot k$$

bei Zenitwinkel-messungen.



Hierbei bedeuten:

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

$\sigma_r$  = Standardabweichung einer einmal in zwei FRL gemessenen Richtung (geforderte Genauigkeit)

$\sigma_z$  = 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,  $n = 3$ ,  $m = 2$

$$R_{zul} = 0,20 \text{ mgon} * 3,2 * \sqrt{2} = 0,91 \text{ mgon}$$

Zenitwinkel:  $\sigma_z = 0,35$  mgon,  $n = 3$

$$R_{zul} = 0,35 \text{ mgon} * 3,2 = 1,12 \text{ mgon}$$

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  $\sum[vv]$  mit

$v = d - \sum[d]/m$  ( $\sum[v]$  ergibt satzweise Null)

$d$  = Differenz zwischen den Richtungsmitteln und den reduzierten gemessenen Richtungen

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

$\sum[vv]$  = 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

$\sum[vv]$  = 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<sub>r</sub>** 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<sub>z</sub>** höchstens die nachfolgend berechneten größten zulässigen Beträge erreichen.

In Abhängigkeit von den Freiheitsgraden **n<sub>f</sub>** wird bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 5 \%$  angenommen, dass die geforderte Genauigkeit erreicht wurde, wenn gilt

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

**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<sub>f</sub>**

Tabelle 2

<b>n<sub>f</sub></b>	<b>T</b>	<b>n<sub>f</sub></b>	<b>T</b>
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

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

$\sigma_r = 0,2$  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)



### Kalibrierkorrekturen

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

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

#### 6.3.1.2 Korrigierte Schrägstrecke

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

### 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.

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

$HD$  = gesuchte Horizontalstrecke

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

$\zeta$  = 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

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

$\Delta h$  = 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

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

$\zeta$  = 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 Zielinie

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

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

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

$\Delta h_{\text{trig}}^*$  = 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

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

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

$\zeta$  = 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 theoretische 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 Ausgleichsdurchlauf zu starten.

Wenn beim Globaltest für die theoretische Varianz ein entsprechender 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 Ausgleichsdurchlauf zu starten.

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 Datumpunkten nach Abschnitt 6.5.1 beziehungsweise entsprechend der Messanweisung „Objektspezifik“ auszuführen.

Ergibt sich dabei an einem Datumpunkt eine signifikante Verschiebung (Kriterium ist die maximale Klaffung in der Lage), so wird dieser Punkt in die Gruppe der Nichtdatumpunkte übernommen. In weiteren Schritten können in der Regel weitere signifikant verschobene Punkte aus der Liste der Datumpunkte eliminiert werden (Rückwärtsstrategie). Anschließend sind die erkannten Nichtdatumpunkte zu prüfen, wobei der Objektpunkt (hier Nichtdatumpunkt) 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-Helmerttransformation) und nachzuweisen.



Abschließend ist eine erneute freie Ausgleichung mit den verbliebenen Stützpunkten als Datumspunkten und den Nichtdatumspunkten 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 Stützpunktpfeiler 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 (Datumspunkte 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 Festpunktpfeiler**

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 Beginn 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
  - $s_0^2$  (im PANDA: **(S0)2**) Varianzkomponente (Wert nahe 1)
  - Summen- und Ausgleichungsprobe
- Zusammenstellung netzspezifischer Größen
- Koordinaten nach Ausgleichung und Koordinatendifferenzen  $\Delta x$  und  $\Delta y$  (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  $\theta$ ) 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, falls nichts anderes festgelegt, in 3-facher Ausfertigung als Leseexemplar und in digitaler Form (mit den Original-Auswertedateien) als CD-Beigabe zum Leseexemplar 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 im Original 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 Ausgleichungsbeziehungswise 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.
- Messbericht komplett auf CD, jedem Leseexemplar beigelegt

Nachfolgende Übersicht enthält die in digitaler Form und/oder als Leseexemplar zu liefernden Informationen:

	analog (als Leseexemplar)	digital (auf Datenträger)
Textteil des Messberichtes	x	x
Netzskizze, Beobachtungsspinnen	x	x
Feldformulare der Sekundärdaten	x	÷
Originale Messdatei (unkorrigiert)	÷	x
Originale Messdatei (korrigiert)	x	x
MS-Excel-Dateien „Aufbereitung“	x	x
(nach Muster Anlage 1 – 5: Richtungs-, Zenitwinkel-, Streckenmessung)		
MS-Excel-Datei Referenzstrecken	x	x
(nach Muster Anlage 6)		
MS-Excel-Datei Berech. der Kippachshöhen	x	x
MS-Excel-Datei Eingabedateien PANDA	÷	x
PANDA-.a2d-Datei für freie 2D-Ausgleichung	÷	x
(Vorbereitungsdatei mit 1. Versuch betrifft Gruppenstandardabweichung)		
PANDA-.o2a-Datei (Ausgleichungsdatei)	x	x
(gilt sowohl für die freie Ausgleichung als auch für die Ausgleichung unter Zwang)		
PANDA-.o2d-Datei (Defo-Analysedatei)	x	x
ggfs. 4-Parameter-Helmerttransformation	x	x
MS-Excel-Datei „pkt.-bezogene Genauigkeit“	x	x
MS-Excel-Datei „Ergebniswerte“	x	x
PANDA-.kls-Datei	x	x
(enthält u. a. die Kennzeichnung der Datums- und Nichtdatumspunkte)		
MS-Excel-Dateien Messmittelprüfung	x	x
(Tachymeter: Kalibrierungen; Neigungskompensator, Zielachsen-, Kippachsenfehler; jeweils inklusive Grafik, Reflektoren: Nullpunkt)		
Panda-Handbuch (verwendete Version)	÷	x

Die Übersicht gilt sinngemäß auch für die trigonometrische Höhenbestimmung.

Die analogen Daten sind als Anlagen dem Messbericht beizufügen.

Die Dokumentation ist termingerecht (drei Wochen nach Ende der Messung) und vollständig an den Auftraggeber 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.

Zur Anwendung im Betrieb Mitte und Betrieb Ost angewiesen:

Luisenthal, 14. Dezember 2011

Leiter Betrieb Mitte

Zeigerheim, 21. Dezember 2011

Leiter Betrieb Ost

**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



# TS Neudorf

Richtungsmessung

Tachymetertyp ...

Nr.: 1234..

Blatt: ...

Standpunkt **Pf 100**

Folgemessung Nr.: 8

Sätze: 3 Richtungen

9

Beobachter: Müller

Datum: ...

Wetter: 10/10, kaum Wind

	Zielpkt	H <sub>z1</sub>	H <sub>z2</sub>	Mittel	red. Mittel	Ges.Mittel	d	v	[v v]
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[cc]	[cc]	[cc]

## 1.Satz

<b>Pf 500</b>	137,58625	337,58476	137,58551	0,00000	0,00000	0,00	-1,17	1,37
<b>Pf 200</b>	172,32714	372,32656	172,32685	34,74135	34,74146	1,13	-0,04	0,00
<b>Pf 281</b>	173,76069	373,76049	173,76059	36,17509	36,17505	-0,33	-1,50	2,26
<b>Pf 291</b>	184,72688	384,72656	184,72672	47,14122	47,14142	2,07	0,90	0,81
<b>Pf 24</b>	185,40669	385,40553	185,40611	47,82061	47,82080	1,95	0,78	0,61
<b>Z 18</b>	197,98849	397,98807	197,98828	60,40278	60,40298	2,02	0,85	0,72
<b>Z 19</b>	198,04101	398,04002	198,04052	60,45501	60,45536	3,52	2,35	5,51
<b>Pf 310</b>	198,95215	398,95169	198,95192	61,36642	61,36639	-0,30	-1,47	2,16
<b>Pf 410</b>	198,97533	398,97460	198,97497	61,38946	61,38951	0,47	-0,70	0,49

1,17 13,92

## 2.Satz

<b>Pf 500</b>	137,58554	337,58461	137,58508	0,00000		0,00	0,87	0,76
<b>Pf 200</b>	172,32725	372,32620	172,32673	34,74165		-1,92	-1,05	1,09
<b>Pf 281</b>	173,76027	373,76016	173,76022	36,17514		-0,88	-0,01	0,00
<b>Pf 291</b>	184,72681	384,72665	184,72673	47,14166		-2,33	-1,46	2,14
<b>Pf 24</b>	185,40647	385,40573	185,40610	47,82103		-2,25	-1,38	1,90
<b>Z 18</b>	197,98820	397,98796	197,98808	60,40301		-0,28	0,59	0,34
<b>Z 19</b>	198,04067	398,04030	198,04049	60,45541		-0,48	0,39	0,15
<b>Pf 310</b>	198,95223	398,95063	198,95143	61,36635		0,30	1,17	1,37
<b>Pf 410</b>	198,97496	398,97420	198,97458	61,38951		0,02	0,89	0,79

-0,87 8,55

## 3.Satz

<b>Pf 500</b>	137,58560	337,58466	137,58513	0,00000		0,00	0,30	0,09
<b>Pf 200</b>	172,32699	372,32603	172,32651	34,74138		0,78	1,08	1,17
<b>Pf 281</b>	173,76018	373,75994	173,76006	36,17493		1,22	1,51	2,29
<b>Pf 291</b>	184,72692	384,72613	184,72653	47,14140		0,27	0,56	0,32
<b>Pf 24</b>	185,40644	385,40536	185,40590	47,82077		0,30	0,60	0,36
<b>Z 18</b>	197,98878	397,98778	197,98828	60,40315		-1,73	-1,44	2,06
<b>Z 19</b>	198,04169	398,03990	198,04080	60,45567		-3,03	-2,74	7,48
<b>Pf 310</b>	198,95216	398,95087	198,95152	61,36639		0,00	0,30	0,09
<b>Pf 410</b>	198,97514	398,97423	198,97469	61,38956		-0,48	-0,19	0,03

-0,30 13,89

36,36

Satzmittel	Max	Min	Spannweite	zul.
	[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]
<b>Pf 500</b>	137,58551	137,58508	0,43	0,91
<b>Pf 200</b>	172,32685	172,32651	0,34	0,91
<b>Pf 281</b>	173,76059	173,76006	0,53	0,91
<b>Pf 291</b>	184,72673	184,72653	0,20	0,91
<b>Pf 24</b>	185,40611	185,40590	0,21	0,91
<b>Z 18</b>	197,98828	197,98808	0,20	0,91
<b>Z 19</b>	198,04080	198,04049	0,31	0,91
<b>Pf 310</b>	198,95192	198,95143	0,49	0,91
<b>Pf 410</b>	198,97497	198,97458	0,38	0,91

Genauigkeit: Stand.-Abw. einer einzelnen Richtung:  
 Stand.-Abw. einer ausgegl. Richtung:  
 Freiheitsgrade  
 geforderte Standardabweichung  
 Schranke entspr. Chiquadrat-Verteilung  
 maximal zulässige Standardabweichung  
**Genauigkeitsforderung eingehalten**

$s_r$  0,15 mgon  
 $s_r$  0,09 mgon  
 $n_f$  16  
 $\sigma_r$  0,20 mgon  
 $T$  1,29  
 $s_{zul} = T * \sigma_r$  0,26 mgon  
 ja

**TS Neudorf****Dreieckswidersprüche**

Folgemessung Nr.: 8

Tachymetertyp ... Nr.: 1234.. Beobachter: Müller Datum: ... ..

Dreieck Nr.	Standpunkt Zielpunkt	Hz	$\Delta$ Hz	W ist	W zulässig	Bemerkung
		[gon]	[gon]	[mgon]	[mgon]	
<b>1</b>	<b>Pf 500</b>					
	<b>Pf 410</b>	0,00000				
	<b>Pf 310</b>	24,95928	24,95928			
	<b>Pf 410</b>					
	<b>Pf 310</b>	0,00000				
	<b>Pf 500</b>	109,70954	109,70954			
	<b>Pf 310</b>					
	<b>Pf 500</b>	49,63810				
	<b>Pf 410</b>	114,96996	65,33186	<b>0,68</b>	1,80	
<b>2</b>	<b>Pf 500</b>					
	<b>Pf 410</b>	0,00000				
	<b>Pf 200</b>	26,38822	26,38822			
	<b>Pf 410</b>					
	<b>Pf 200</b>	4,89842				
	<b>Pf 500</b>	109,70954	104,81112			
	<b>Pf 200</b>					
	<b>Pf 500</b>	0,00000				
	<b>Pf 410</b>	68,80108	68,80108	<b>0,42</b>	1,80	
<b>3</b>	usw.					
	Anzahl Dreiecke: 22					
	Mittelwert der Dreieckswidersprüche: 0,26 mgon					
	Anzahl negativ: 5					
	Anzahl positiv: 17					

**TS Neudorf****Zenitwinkel**

Tachymetertyp ...

Nr.: 1234.. Blatt: ...

**Standpunkt Pf 100**

Folgemessung Nr.: 8

Sätze: 3 Richtungen: 9

Beobachter: Müller

Datum: ... ..

Wetter: 10/10, kaum Wind

	Zielpkt	V1	V2	V1 + V2	V1+i	Ges.Mittel	v	[vv]
		[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[gon]	[cc]	[cc]

**1.Satz**

<b>Pf 500</b>	103,20824	296,79054	399,99878	103,20885	103,20888	0,27	0,07
<b>Pf 200</b>	121,64862	278,35016	399,99878	121,64923	121,64965	4,17	17,36
<b>Pf 281</b>	121,90481	278,09538	400,00019	121,90472	121,90512	4,07	16,54
<b>Pf 291</b>	122,96546	277,03383	399,99929	122,96582	122,96543	-3,90	15,21
<b>Pf 24</b>	122,96863	277,03108	399,99971	122,96878	122,96874	-0,37	0,13
<b>Z 18</b>	120,10197	279,89753	399,99950	120,10222	120,10229	0,72	0,51
<b>Z 19</b>	119,18972	280,81023	399,99995	119,18975	119,18987	1,20	1,44
<b>Pf 310</b>	113,03958	286,96055	400,00013	113,03952	113,03963	1,15	1,32
<b>Pf 410</b>	107,19495	292,80489	399,99984	107,19503	107,19539	3,58	12,84
							65,43

**2.Satz**

<b>Pf 500</b>	103,20889	296,79092	399,99981	103,20899		-1,08	1,17
<b>Pf 200</b>	121,64933	278,34954	399,99887	121,64990		-2,48	6,17
<b>Pf 281</b>	121,90478	278,09392	399,99870	121,90543		-3,08	9,51
<b>Pf 291</b>	122,96499	277,03463	399,99962	122,96518		2,45	6,00
<b>Pf 24</b>	122,96844	277,03097	399,99941	122,96874		0,03	0,00
<b>Z 18</b>	120,10183	279,89706	399,99889	120,10239		-0,93	0,87
<b>Z 19</b>	119,18901	280,80935	399,99836	119,18983		0,35	0,12
<b>Pf 310</b>	113,03902	286,95970	399,99872	113,03966		-0,30	0,09
<b>Pf 410</b>	107,19591	292,80409	400,00000	107,19591		-5,22	27,21
							51,15

**3.Satz**

<b>Pf 500</b>	103,20841	296,79082	399,99923	103,20880		0,82	0,67
<b>Pf 200</b>	121,64920	278,34957	399,99877	121,64982		-1,68	2,83
<b>Pf 281</b>	121,90491	278,09447	399,99938	121,90522		-0,98	0,97
<b>Pf 291</b>	122,96487	277,03431	399,99918	122,96528		1,45	2,10
<b>Pf 24</b>	122,96866	277,03125	399,99991	122,96871		0,33	0,11
<b>Z 18</b>	120,10196	279,89742	399,99938	120,10227		0,22	0,05
<b>Z 19</b>	119,18947	280,80943	399,99890	119,19002		-1,55	2,40
<b>Pf 310</b>	113,03940	286,95997	399,99937	113,03972		-0,85	0,72
<b>Pf 410</b>	107,19466	292,80421	399,99887	107,19523		1,63	2,67
							12,52
							129,10

Satzmittel	Max [gon]	Min [gon]	Spannweite [mgon]	zul. [mgon]
<b>Pf 500</b>	103,20899	103,20880	0,19	1,12
<b>Pf 200</b>	121,64990	121,64923	0,67	1,12
<b>Pf 281</b>	121,90543	121,90472	0,71	1,12
<b>Pf 291</b>	122,96582	122,96518	0,63	1,12
<b>Pf 24</b>	122,96878	122,96871	0,07	1,12
<b>Z 18</b>	120,10239	120,10222	0,17	1,12
<b>Z 19</b>	119,19002	119,18975	0,27	1,12
<b>Pf 310</b>	113,03972	113,03952	0,20	1,12
<b>Pf 410</b>	107,19591	107,19503	0,88	1,12

Genauigkeit: Standardabw. eines ausgegl. Zenitwinkels:  
 Standardabw. des Mittels:  
 Freiheitsgrade  
 geforderte Standardabweichung  
 Schranke entspr. Chiquadrat-Verteilung  
 maximal zulässige Standardabweichung  
**Genauigkeitsforderung eingehalten**

$s_{\zeta}$  0,27 mgon  
 $s_{\zeta}$  0,16 mgon  
 $n_f$  18  
 $\sigma_{\zeta}$  0,35 mgon  
 $T$  1,27  
 $s_{zul} = T * \sigma_{\zeta}$  0,44 mgon  
 ja

# TS Neudorf

## Streckenmessung und Reduktion

Standpunkt **Pf 100**

Tachymetertyp ...

Nr.: 1234.. Blatt: ...

Sätze: 3

T<sub>Stp</sub> 9,3 °C

Beobachter: Müller

Folgemessung Nr.: 8

Höhe<sub>Stp</sub>: 577,1 mNN

p<sub>Stp</sub> 940,1 hPa

Wetter: 10/10, kaum Wind

Datum: ... ..

Höhe<sub>Bezug</sub>: 390,0 mNN

Addko 0,00 mm

Zielpkt	SD1	SD2	SD <sub>mittel</sub>	T <sub>Zp</sub>	p <sub>Zp</sub>	ppm	SD <sub>red</sub>	V <sub>mittel</sub>	HD	Δh
	[m]	[m]	[m]	[°C]	[hPa]		[m]	[gon]	[m]	[m]
<b>1.Satz</b>										
<b>Pf 500</b>	1369,29140	1369,29130	1369,29087	9,3	947,9	16,45811	1369,31340	103,20888	1367,54802	-68,86339
<b>Pf 200</b>	623,61610	623,61620	623,61587	10,6	964,1	14,79563	623,62509	121,64965	587,91120	-207,98960
<b>Pf 281</b>	612,41060	612,41080	612,41020	10,5	963,9	14,77653	612,41925	121,90512	576,52257	-206,56797
<b>Pf 291</b>	550,10780	550,10780	550,10747	10,5	962,4	14,98689	550,11571	122,96543	514,70754	-194,15449
<b>Pf 24</b>	547,40140	547,40120	547,40110	10,0	962,3	14,76512	547,40918	122,96874	512,16509	-193,22601
<b>Z 18</b>	423,48330	423,48300	423,48303	9,5	955,2	15,52640	423,48961	120,10229	402,54771	-131,50142
<b>Z 19</b>	442,94400	442,94400	442,94387	9,5	955,2	15,52640	442,95074	119,18987	422,97465	-131,49525
<b>Pf 310</b>	618,45980	618,45970	618,45950	10,3	954,5	16,00094	618,46940	113,03963	605,53455	-125,76971
<b>Pf 410</b>	696,04130	696,04120	696,04097	8,7	952,1	15,58515	696,05181	107,19539	691,59832	-78,47118

<b>2.Satz</b>		
<b>Pf 500</b>	1369,29060	1369,29060
<b>Pf 200</b>	623,61570	623,61560
<b>Pf 281</b>	612,40990	612,40980
<b>Pf 291</b>	550,10720	550,10730
<b>Pf 24</b>	547,40090	547,40090
<b>Z 18</b>	423,48280	423,48340
<b>Z 19</b>	442,94370	442,94370
<b>Pf 310</b>	618,45920	618,45930
<b>Pf 410</b>	696,04070	696,04090

<b>3.Satz</b>		
<b>Pf 500</b>	1369,29060	1369,29070
<b>Pf 200</b>	623,61580	623,61580
<b>Pf 281</b>	612,41010	612,41000
<b>Pf 291</b>	550,10740	550,10730
<b>Pf 24</b>	547,40100	547,40120
<b>Z 18</b>	423,48300	423,48270
<b>Z 19</b>	442,94390	442,94390
<b>Pf 310</b>	618,45950	618,45950
<b>Pf 410</b>	696,04090	696,04080

**SD<sub>red</sub>** ... Schrägstrecke, gemittelt und korrigiert um atmosphärische Einflüsse

**HD** ... horizontale Strecke, bezogen auf Bezugshöhe (mittl. Bauwerkshöhe)

**Δh** ... Höhenunterschied, bezogen auf den Standpunkt (Kippachshöhe)

# TS Neudorf

## Streckendifferenzen zwischen Hin- und Rückmessung

Tachymetertyp ...

Nr.: 1234..

Blatt:

Folgemessung Nr.:

Beobachter: Müller Datum: ... ..

Standpunkt Nr.	Zielpunkt	Hin HD	Rück HD	ds ist	ds	>0,5*ds <sub>zul</sub>	Bemerkung
					zulässig		
		[m]	[m]	[mm]	[mm]		
<b>Pf 100</b>							
	<b>Pf 500</b>	1367,54802	1367,54815	-0,14	6,63		
	<b>Pf2 200</b>	587,91120	587,91123	-0,03	4,45		
	<b>Pf 281</b>	576,52257	576,52170	0,87	4,41		
	<b>Pf 291</b>	514,70754	514,70982	-2,28	4,24	1	
	<b>Pf 24</b>	512,16509	512,16498	0,12	4,23		
	<b>Pf 310</b>	605,53455	605,53259	1,96	4,50		
	<b>Pf 410</b>	691,59832	691,59790	0,42	4,74		

### Pf 200

usw.

Anzahl Strecken: 54 Stück  
 $ds_{zul\ max}$ : 6,6 mm  
 Anzahl kleiner  $0,5 * ds_{zul}$ : 47 Stück  
 dies entspricht (gefordert: 70%): 87,0 %

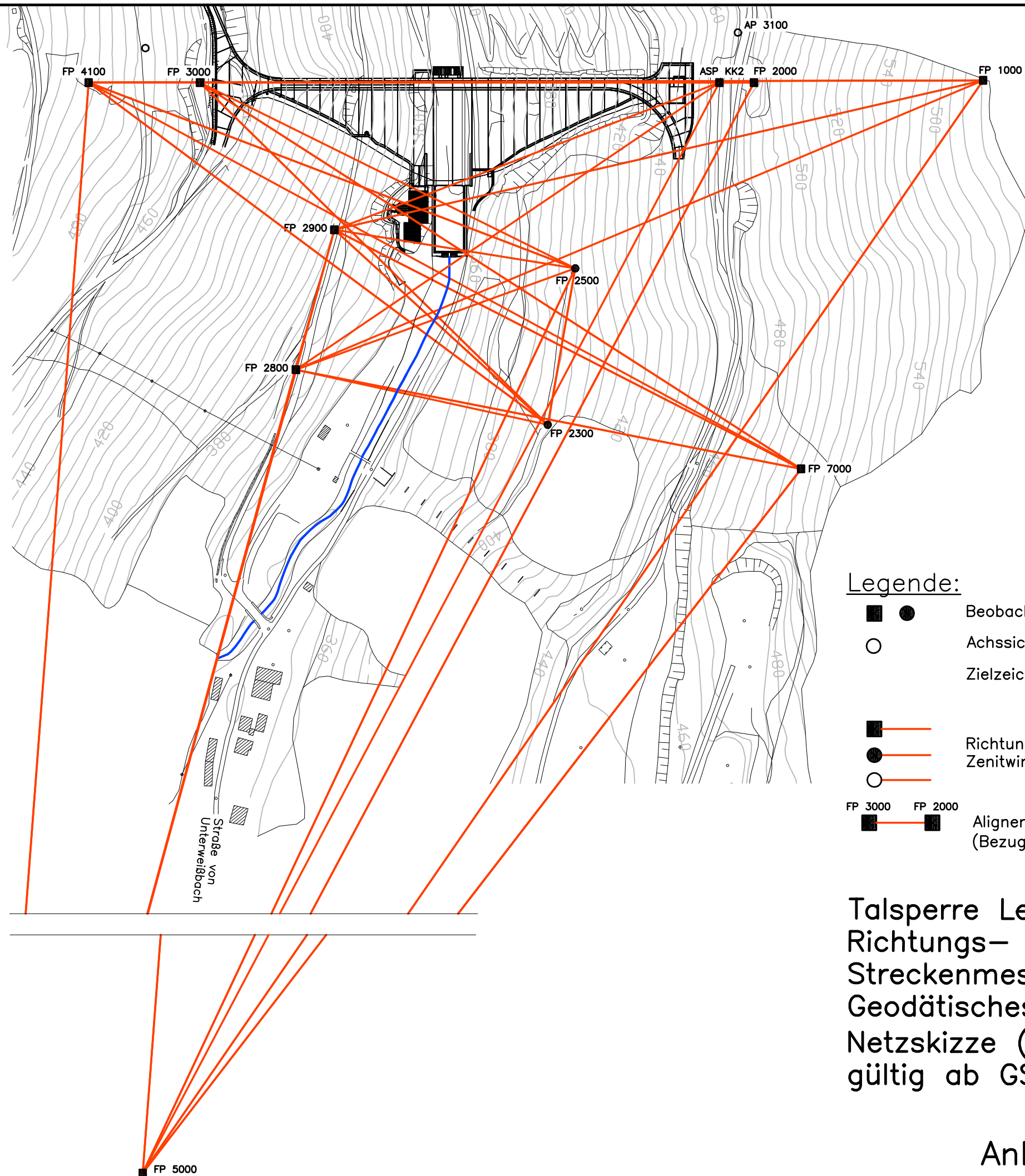
**HD** horizontale Strecke, bezogen auf Bezugshöhe (mittl. Bauwerkshöhe)  
**ds** Widerspruch zwischen Hin- und Rückmessung



## TS Neudorf - Referenzstrecken

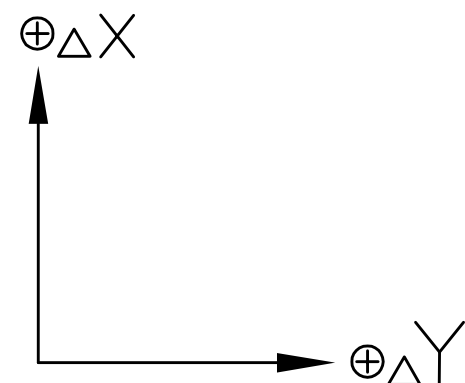
Folgemessungen = FM		Aligementebene - mittlere Distanz Pf 200 - Pf 300				Mauervorland - kurze Distanz Pf 230 - Pf 250				längste Netzseite - große Distanz Pf 100 - Pf 500			
		200 - 300 HIN	300 - 200 RÜCK	SD <sub>red</sub>		230 - 250 HIN	250 - 230 RÜCK	SD <sub>red</sub>		100 - 500 HIN	500 - 100 RÜCK	SD <sub>red</sub>	
				Schrägstrecke	Differenz zur BM			Schrägstrecke	Differenz zur BM			Schrägstrecke	Differenz zur BM
		[m]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[mm]
<b>FM 3 Netz</b>	<b>07. + 08.04.2009</b>	428,93367	428,93363	<b>428,93365</b>	<b>BM</b>	123,05126	123,05116	<b>123,05121</b>	<b>BM</b>	1369,31222	1369,31209	<b>1369,31216</b>	<b>BM</b>
<b>FM 3 Netz</b>	<b>07. + 08.04.2009</b>	428,93367	428,93363	<b>428,93365</b>	<b>0,0</b>	123,05126	123,05116	<b>123,05121</b>	<b>0,0</b>	1369,31222	1369,31209	<b>1369,31216</b>	<b>0,0</b>
<b>FM11 Mauerbereich</b>	<b>09.04.2009</b>	428,93338	428,93343	<b>428,93341</b>	<b>-0,2</b>	123,05088	123,05122	<b>123,05105</b>	<b>-0,2</b>				
<b>FM12 Mauerbereich</b>	<b>18.09.2009</b>	428,93364	428,93367	<b>428,93365</b>	<b>0,0</b>	123,05113	123,05116	<b>123,05115</b>	<b>-0,1</b>				
<b>FM 4 Netz</b>	<b>13. + 14. 4. 2010</b>	428,93345	428,93332	<b>428,93339</b>	<b>-0,3</b>	123,05100	123,05096	<b>123,05098</b>	<b>-0,2</b>	1369,31340	1369,31333	<b>1369,31337</b>	<b>1,2</b>
<b>FM15 Mauerbereich</b>	<b>15.04.2010</b>	428,93367	428,93339	<b>428,93353</b>	<b>-0,1</b>	123,05135	123,05114	<b>123,05124</b>	<b>0,0</b>				
<b>FM16 Mauerbereich</b>	<b>14.09.2010</b>	428,93335	428,93330	<b>428,93333</b>	<b>-0,3</b>	123,05117	123,05128	<b>123,05123</b>	<b>0,0</b>				
<b>Fm 5 Netz</b>	<b>14. + 15.4. 2011</b>	428,93392	428,93327	<b>428,93360</b>	<b>-0,1</b>	123,05120	123,05127	<b>123,05124</b>	<b>0,0</b>	1369,31160	1369,31108	<b>1369,31134</b>	<b>-0,8</b>

FP 1000	-FP 5000 -FP 2800 -FP 2900 -FP 3000 -FP 4100	FP 4100	-FP 1000 -FP 2000 -ASP KK2 -FP 2500 -FP 7000 -FP 2300 -FP 5000
FP 2000	-FP 5000 -FP 3000 -FP 4100	FP 5000	-FP 4100 -FP 2800 -FP 2900 -FP 2500 -ASP KK2 -FP 2000 -FP 1000 -FP 7000
FP 2800	-FP 2900 -ASP KK2 -FP 1000 -FP 2500 -FP 7000 -FP 2300 -FP 5000	FP 7000	-FP 5000 -FP 2800 -FP 2900 -FP 4100 -FP 3000
FP 2300	-FP 2800 -FP 2900 -FP 4100 -FP 3000 -FP 2500		
FP 2900	-ASP KK2 -FP 1000 -FP 2500 -FP 7000 -FP 2300 -FP 5000 -FP 2800		
FP 2500	-FP 2300 -FP 5000 -FP 2800 -FP 2900 -FP 4100 -FP 3000		
FP 3000	-FP 1000 -FP 2000 -ASP KK2 -FP 2500 -FP 7000 -FP 2300		



### Legende:

- ● Beobachtungspfeiler (FP)
- Achssicherungspunkt (AP)
- Zielzeichen
- ● — Richtungs- und Zenitwinkel, Strecken
- —
- — ■ FP 3000 FP 2000 Alignment-Linie (Bezugsrichtung)



Talsperre Leibis/Lichte  
Richtungs- und  
Streckenmessung  
Geodätisches Sondernetz  
Netzskizze (Netzbild)  
gültig ab GSN FM 10

