

Messanweisung

für geodätische Überwachungsvermessungen am

Berghang Gabel-Objektspezifik

(MA-Objektspezifik)

Stand 11/2020

Thüringer Fernwasserversorgung
Betrieb Mitte
Meisterbereich Schönbrunn

Erstellt/Aktualisiert durch:
Dipl. Ing. (FH) W. Witter
Stand: 11/2020

Inhalt	Seite
1 Allgemeine Grundsätze	3
2 Netze	
2.1 Lagenetz „Vorsperre und Gabel“	4
2.2 Höhennetz (siehe Messanweisung für geodätische Überwachungsvermessungen der Talsperre Schönbrunn-Messverfahren (MA-Objektspezifik), Punkt 5.2.1	
3 Lagevermessung	
3.1 Trigonometrische Lagemessung der Einzelpunkte G1 - G6 , 5000, Profilpunkte 2001, 2005, 2009, am „unteren Berghang“	9
3.2 Polare Lagemessung der Profilpunkte 2001 - 2009 am „unteren Berghang“	14
3.3 Polare Lagemessung der Stollenpunkte 5001 - 5013	18
3.4 Trigonometrische Lagemessung der Einzelpunkte G7 und G8 am „oberen Berghang“	23
4 Höhenvermessung	
4.1 Geometrische Höhenmessung der Einzelpunkte G1 - G6, 5000, Profilpunkte 2001 - 2009 am „unteren Berghang“ und Messpfeiler 24 bis 26 am Gegenhang	28
4.2 Geometrisches Nivellement der Stollenpunkte SK 5001 bis SK 5013	32
4.3 Geometrische Höhenmessung der Einzelpunkte G7 und G8 am „oberen Berghang“	36
5 Neigungsmessung	39
Anlagenverzeichnis	43

1 Allgemeine Grundsätze

Die vorliegende Messanweisung „Messanweisung für geodätische Überwachungsvermessungen-Objektspezifik“ (MA-Objektspezifik) gilt für die Ausführung von ingenieurgeodätischen Überwachungsvermessungen am Berghang Gabel. Sie enthält spezielle technologische Festlegungen zur Durchführung der geodätischen Überwachungsvermessungen.

Allgemeingültige Festlegungen beinhalten die Messanweisungen:

- Messanweisung zur Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen-Geometrisches Nivellement“ (MA-VVM G)
- Messanweisung zur Vertikalverschiebungsmessung, Grundlagen-Hydrostatisches Nivellement“ (MA-VVM HN)
- Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G)

Die geodätischen Überwachungsvermessungen am Berghang Gabel sind entsprechend der obenstehenden grundlegenden Messanweisungen und dieser objektspezifischen Messanweisung (MA-Objektspezifik) auszuführen.

Die Messungen sind nach den anerkannten Regeln der Technik vorzubereiten, durchzuführen, aufzubereiten und auszuwerten. Bei der Durchführung der Messungen sind von den Ausführenden die einschlägigen Bestimmungen des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes zu beachten.

Sofortkontrollen sind vor Ort auszuführen. Nach Beendigung der örtlichen Arbeiten hat umgehend die Aufbereitung und Auswertung der Ergebnisse zu erfolgen. Werden dabei gegenüber den Vormessungen außergewöhnliche Punktveränderungen festgestellt, ist der Betreiber der Talsperre umgehend zu informieren.

Bei abweichenden Angaben zur Messungsdurchführung und Auswertung (Gerätekalibrierungen, Prüfungen, Satzzahlen, Genauigkeitsmaße, u. ä.) in der MA-Objektspezifik gegenüber den MA-VVM G, VVM HN, RSM G gelten vorrangig die Festlegungen der MA-Objektspezifik.

2 Netze

2.1 Lagenetz „Vorsperre und Gabel“

Inhaltsverzeichnis	Seite
2.1.1 Messeinrichtung	5
2.1.2 Messinstrumentarium	5
2.1.3 Genauigkeitsanforderung	6
2.1.4 Messungsdurchführung	6
2.1.4.1 Allgemeines	6
2.1.4.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	6
2.1.4.3 Streckenmessung	6
2.1.5 Aufbereitung, Kontroll- und Genauigkeitsmaße	6
2.1.5.1 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	7
2.1.5.2 Streckenmessung	7
2.1.6 Auswertung	7
2.1.7 Messergebnisse	7

2.1 Lagenetz „Vorsperre und Gabel“

2.1.1 Messeinrichtung

Das Netz besteht aus den Festpunkten 22 bis 26, AI I bis AI IV und den Objektpunkten G4 und G6. Die Punkte sind durch Doppelrohrpfeiler mit Freiburger Zwangszentrierung vermarktet. Die Pfeiler 22, 24 bis 26, G4 und G6 sind mit nivellistisch bestimmten Höhenpunkten (PB) versehen. Das Punktfeld mit seinen Bestimmungsstücken ist im Netzbild Anlage1 dargestellt.

Die Vermarkung und Ausstattung der Punkte wurde wie folgt ausgeführt:

- | | |
|----------------------|--|
| · Festpunktpfeiler | 22, 23, 24, 25, 26, AI I, AI II, AI III, AI IV |
| | Doppelrohrpfeiler mit Freiburger Zwangszentrierung, Freiburger Dreifuß, Prismenträger, Zeiss-Reflektor |
| · Objektpunktpfeiler | G4, G6 |
| | Doppelrohrpfeiler mit Freiburger Zwangszentrierung, Freiburger Dreifuß, Prismenträger, Zeiss-Reflektor |

2.1.2 Messinstrumentarium

Die Messungen sind mit einem Präzisionstachymeter auszuführen. Der Tachymeter ist jährlich auf einer anerkannten Basis auf seinen Kalibrierzustand zu überprüfen. Die Ergebnisse der Kalibrierung sind zu dokumentieren und der TFW durch Übergabe der Messwerte nachzuweisen. Unmittelbar vor Ausführung der Messung ist das Gerät auf den Referenzstrecken der Talsperre Schönbrunn (Netzpfeiler 17-18, 1-2 und 1-3) zu überprüfen.

Die benötigten Dreifüße, Prismenträger und Zeiss-Präzisionsreflektoren werden von der TFW zur Verfügung gestellt.

Die bei der Kalibrierung ermittelte Nullpunktkorrektur k_0 gilt nur im Zusammenhang mit dem bei der Kalibrierung benutzten Reflektortyp.

Die eingesetzten Thermometer und Barometer sind mit den bei der Thüringer Fernwasserversorgung vorhandenen Geräten zu vergleichen oder anderweitig zu prüfen. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Weitere Festlegungen enthält die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G).

2.1.3 Genauigkeitsanforderung

Richtungsmessung:	$\sigma_r = 0,20 \text{ mgon}$	(Standardabweichung einer einmal in 2 FRL gemessenen Richtung)
Zenitwinkelmessung:	$\sigma_\xi = 0,35 \text{ mgon}$	(Standardabweichung eines einmal in 2 FRL gemessenen Zenitwinkels)
Streckenmessung:	$\sigma_s = 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$	(Standardabweichung einer Distanzmessung)

2.1.4 Messungsdurchführung

2.1.4.1 Allgemeines

Es gelten die Festlegungen der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen - Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G). Ergänzend werden nachstehende objektspezifische Festlegungen getroffen.

2.1.4.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Messungen sind entsprechend MA-RSM G Punkt 4.3.2 in 3 Vollsätzen und 2 Fernrohrlagen durchzuführen. Um grobe Fehler schon bei der Messung aufdecken zu können müssen Kontrollen über die Spannweite zwischen höchstem und niedrigstem Satzmittel durchgeführt werden (MA-RSM G Punkt 6.2.1), bei Überschreitung ist die Anzahl der Sätze zu erhöhen.

2.1.4.3 Streckenmessung

Die Raumstrecken sind als Sicht und Gegensicht in 3 Vollsätzen und 2 Fernrohrlagen zu messen. Richtungs- und Zenitwinkelmessung sowie Streckenmessung sind in einem Arbeitsgang durchzuführen. Die gemessenen Strecken werden entsprechend der MA RSM-G, Punkt 6.3.1 korrigiert. Zu berücksichtigen sind meteorologische Korrekturen, Kalibrierkorrekturen und Prismenkonstanten. Die Reduktionen und Korrekturen sind nachvollziehbar streckenweise in einer Tabelle darzustellen.

Für die Streckenreduktion auf den Bezugshorizont $H_B=567,00 \text{ m ü. NN}$ ist die Instrumentenhöhe in Bezug zum Höhenfestpunkt am Beobachtungsstandpunkt zu messen und damit die Kippachshöhe H_S des Tachymeters zu berechnen ($\sigma_H < 0,5 \text{ m}$). Ist kein Höhenfestpunkt vorhanden, wird die Kippachshöhe mit den Δh -Werten über benachbarte Standpunkte bestimmt. Bei Folgemessungen entfällt die erneute Bestimmung der Kippachshöhe.

2.1.5 Aufbereitung, Kontroll- und Genauigkeitsmaße

Es gelten die Festlegungen der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G) Punkt 6.2.

2.1.5.1 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Berechnung der Stationsausgleichungen mit Spannweiten und Standardabweichungen erfolgt nach MA-RSM G, Punkt 6.2.1 und 6.2.2, siehe auch Anlagen dazu.

Die erreichten Spannweiten und Standardabweichungen sind mit Angabe der zulässigen Werte stationsweise tabellarisch nachzuweisen.

Die Dreieckswidersprüche der Horizontalwinkel dürfen den größten zulässigen Betrag von $w_{zul.} = 1,8 \text{ mgon}$ nicht überschreiten. Sie sind tabellarisch zusammenzustellen und nachzuweisen.

2.1.5.2 Streckenmessung

Der Nachweis der Genauigkeit der Streckenmessung erfolgt nach MA-RSM G, Punkt 6.2.4, siehe auch Anlagen dazu.

Die Differenzen der reduzierten Horizontalstrecken zwischen Hin- und Rückmessung sind mit Angabe der zulässigen Werte nach MA-RSM G, Punkt 6.2 streckenweise zusammenzustellen, siehe auch Anlagen dazu.

2.1.6 Auswertung

Das Richtungs-Strecken-Netz wird als freies Netz (4 Datumparameter) mit den Datumspunkten 22 bis 26, AI I bis AI IV und den Nichtdatumspunkten (Neupunkten) G4 und G6 nach MA-RSM G, Punkt 6.5.1 ausgeglichen.

Als Näherungskordinaten werden für die Datumspunkte die Koordinaten aus der Bezugsmessung Mai 1995 und für die Nichtdatumspunkte die Koordinaten der letzten Messepoche verwendet. Die Bezugsmessung wird vom Auftraggeber festgelegt. Die eingeführten Näherungskordinaten sind im Bearbeitungsprotokoll mit Datum nachzuweisen.

Ausführung einer Deformationsanalyse nach MA-RSM G, Punkt 6.5.2. Dabei sind verschobene Datumspunkte von der Lagerung auszuschließen und durch erneute freie Ausgleichung als Neupunkte in das Netz einzufügen (dann Zustimmung des AG erforderlich).

Im Netzbild der Messkampagne sind die Konfidenzellipsen (Sicherheitswahrscheinlichkeit 95 von Hundert) darzustellen.

2.1.7 Messergebnisse

Die Messergebnisse (Punktkoordinaten x, y) der Messkampagne und Differenzen gegenüber Koordinaten der Bezugsepoche sind an den Auftraggeber in Ergebnistabellen, gegebenenfalls mit zusätzlich vereinbarten graphischen Darstellungen zu übergeben.

Weitere Festlegungen zur Dokumentation der Messungen enthält die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G), Punkt 7.

3 Lagevermessung

3.1 Trigonometrische Lagemessung der Einzelpunkte G1 - G6, 5000, Profilpunkte 2001, 2005, 2009 am „Unteren Berghang“

Inhaltsverzeichnis	Seite
3.1.1 Messeinrichtung	10
3.1.2 Messinstrumentarium	10
3.1.3 Genauigkeitsanforderung	11
3.1.4 Messungsdurchführung	11
3.1.4.1 Allgemeines	11
3.1.4.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	11
3.1.4.3 Streckenmessung	11
3.1.5 Aufbereitung, Kontroll- und Genauigkeitsmaße	12
3.1.5.1 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	12
3.1.5.2 Streckenmessung	12
3.1.6 Auswertung	12
3.1.7 Messergebnisse	13
3.1.8 Neigung von Punktvermarkungen	13

3 Lagevermessung

3.1 Trigonometrische Lagemessung der Einzelpunkte G1 - G6, 5000, Profilpunkte 2001, 2005, 2009 am „Unteren Berghang“

3.1.1 Messeinrichtung

Das Netz besteht aus den Festpunkten 22, 24 bis 26, den Objektpunkten G1 bis G6, 2001, 2005, 2009 und dem Beobachtungspunkt 5000. Alle Punkte sind zusätzlich mit nivellitisch bestimmten Höhenpunkten (PB, Setzkegel) vermarktet.

Das Punktfeld mit seinen Bestimmungsstücken ist im Netzbild Anlage 2 dargestellt.

Die Vermarkung und Ausstattung der Punkte wurde wie folgt ausgeführt:

- | | |
|--------------------------|---|
| · Festpunktpfeiler | 22, 24 bis 26

Doppelrohrpfeiler mit Freiburger
Zwangszentrierung, Freiburger Dreifuß,
Prismenträger, Zeiss-Reflektor |
| · Objektpunktpfeiler | G4, G6, 2001 (P1), 2005 (P5), 2009 (P9)

Doppelrohrpfeiler mit Freiburger
Zwangszentrierung, Freiburger Dreifuß,
Prismenträger, Zeiss-Reflektor |
| · Bodenpunkte | G1 bis G3, G5
unterflurig vermarktet mit Setzkegel, in
Betonfundament unter gusseiserner Abdeckkappe |
| · Beobachtungspfeiler | 5000 (S2)
Rohrpfeiler mit Freiburger Zwangszentrierung,
Freiburger Dreifuß, Prismenträger, Zeiss-Reflektor |

3.1.2 Messinstrumentarium

Die Messungen sind mit einem Präzisionstachymeter auszuführen. Der Tachymeter ist jährlich auf einer anerkannten Basis auf seinen Kalibrierzustand zu überprüfen. Die Ergebnisse der Kalibrierung sind zu dokumentieren und der TFW durch Übergabe der Messwerte nachzuweisen. Unmittelbar vor Ausführung der Messung ist das Gerät auf den Referenzstrecken der Talsperre Schönbrunn (Netzpfeiler 17-18, 1-2 und 1-3) zu überprüfen.

Die benötigten DreifüÙe, Prismenträger und Zeiss-Präzisionsreflektoren werden von der TFW zur Verfügung gestellt. Die bei der Kalibrierung ermittelte Nullpunkt-korrektur k_0 gilt nur im Zusammenhang mit dem bei der Kalibrierung benutzten Reflektortyp.

Die eingesetzten Thermometer und Barometer sind mit den bei der TFW vorhandenen Geräten zu vergleichen oder anderweitig zu prüfen. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Weitere Festlegungen enthält die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G).

3.1.3 Genauigkeitsanforderung

Richtungsmessung: $\sigma_r = 0,20 \text{ mgon}$ (Standardabweichung einer einmal in 2 FRL gemessenen Richtung)

Zenitwinkelmessung: $\sigma_\zeta = 0,35 \text{ mgon}$ (Standardabweichung eines einmal in 2 FRL gemessenen Zenitwinkels)

Streckenmessung: $\sigma_s = 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ (Standardabweichung einer Distanzmessung)

3.1.4 Messungsdurchführung

3.1.4.1 Allgemeines

Es gelten die Festlegungen der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G). Ergänzend werden nachstehende objektspezifische Festlegungen getroffen.

3.1.4.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Messungen sind entsprechend MA-RSM G Punkt 4.3.2 in 3 Vollsätzen und 2 Fernrohlagen durchzuführen. Um groÙe Fehler schon bei der Messung aufdecken zu können müssen Kontrollen über die Spannweite zwischen höchstem und niedrigstem Satzmittel durchgeführt werden (MA-RSM G Punkt 6.2.1), bei Überschreitung ist die Anzahl der Sätze zu erhöhen.

3.1.4.3 Streckenmessung

Die Raumstrecken sind als Sicht und Gegensicht in 3 Vollsätzen und 2 Fernrohlagen zu messen. Richtungs- und Zenitwinkelmessung sowie Streckenmessung sind in einem Arbeitsgang durchzuführen. Die gemessenen Strecken werden entsprechend der MA RSM-G, Punkt 6.3.1 korrigiert. Zu berücksichtigen sind meteorologische Korrekturen, Kalibrierkorrekturen und Prismenkonstanten. Die Reduktionen und Korrekturen sind nachvollziehbar streckenweise in einer Tabelle darzustellen. Einseitige Streckenmessungen sind im Netzbild (Anlage 2) dargestellt.

Für die Streckenreduktion auf den Bezugshorizont $H_B=567,00$ m ü. NN ist die Instrumentenhöhe in Bezug zum Höhenfestpunkt am Beobachtungsstandpunkt zu messen und damit die Kippachshöhe H_S des Tachymeters zu berechnen ($\sigma_H < 0,5$ m). Ist kein Höhenfestpunkt vorhanden, wird die Kippachshöhe mit den Δh -Werten über benachbarte Standpunkte bestimmt. Bei Folgemessungen entfällt die erneute Bestimmung der Kippachshöhe.

3.1.5 Aufbereitung, Kontroll- und Genauigkeitsmaße

Es gelten die Festlegungen der Messanweisung „Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G), Punkt 6.2.

3.1.5.1 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Berechnung der Stationsausgleichungen mit Spannweiten und Standardabweichungen erfolgt nach MA-RSM G, Punkt 6.2.1 und 6.2.2, siehe auch Anlagen dazu.

Die erreichten Spannweiten und Standardabweichungen sind mit Angabe der zulässigen Werte stationsweise tabellarisch nachzuweisen.

Die Dreieckswidersprüche der Horizontalwinkel dürfen den größten zulässigen Betrag von $w_{zul.} = 1,8$ mgon nicht überschreiten. Sie sind tabellarisch zusammenzustellen und nachzuweisen.

3.1.5.2 Streckenmessung

Der Nachweis der Genauigkeit der Streckenmessung erfolgt nach MA-RSM G, Punkt 6.2.4. Die Differenzen der reduzierten Horizontalstrecken zwischen Hin- und Rückmessung sind mit Angabe der zulässigen Werte nach MA-RSM G, Punkt 6.2 streckenweise zusammenzustellen. Siehe auch Anlagen dazu.

3.1.6 Auswertung

- a) Das Richtungs-Strecken-Netz wird als freies Netz (4 Datumparameter) mit den Datumspunkten 22, 24 bis 26 und den Nichtdatumspunkten (Neupunkt) G1 bis G6, 2001, 2005, 2009 und 5000 **nach MA-RSM G, Punkt 6.5.1** ausgeglichen.

Als Näherungskordinaten werden für die Datumspunkte die Koordinaten aus der Bezugsmessung Mai 1995 und für die Nichtdatumspunkte die Koordinaten der letzten Messepoche verwendet. Die Bezugsmessung wird vom Auftraggeber festgelegt. Die eingeführten Näherungskordinaten sind im Bearbeitungsprotokoll mit Datum nachzuweisen.

Ausführung einer Deformationsanalyse nach MA-RSM G, Punkt 6.5.2. Dabei sind verschobene Datumspunkte von der Lagerung auszuschließen und durch erneute freie Ausgleichung als Neupunkte in das Netz einzufügen (dann Zustimmung des AG erforderlich).

- b) Die Berechnung der endgültigen Koordinaten der Objektpunkte G1 bis G6, 2001, 2005, 2009 und des Beobachtungspfeilers 5000 ist mittels einer Ausgleichung (Zwang) mit Anschluss an die Festpunktpfeiler 22, 24 bis 26 mit den Koordinaten der Bezugsmessung und unter Beachtung von Punkt a) auszuführen. Die verwendeten Koordinaten der Festpunkte und die erreichten Koordinatenstandardabweichungen an den Objektpunkten G1 bis G6, 2001, 2005, 2009 und 5000 sind nachzuweisen.

Danach erfolgt die Berechnung der Koordinatendifferenzen (Folgemessung minus Bezugsmessung) der Objektpunkte und Eintragung in die Ergebnistabellen Blatt 1, 2 und 11 bis 13.

Im Netzbild der Messkampagne sind die Konfidenzellipsen (Sicherheitswahrscheinlichkeit 95%) der Objektpunkte darzustellen.

3.1.7 Messergebnisse

Die Messergebnisse (Punktkoordinaten x, y) der Messkampagne und Differenzen gegenüber Koordinaten der Bezugsepoche sind an den Auftraggeber in Ergebnistabellen, gegebenenfalls mit zusätzlich vereinbarten graphischen Darstellungen zu übergeben.

Weitere Festlegungen zur Dokumentation der Messungen enthält die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G), Punkt 7.

3.1.8 Neigung von Punktvermarkungen

Verzerrungen infolge der Neigung von Punktvermarkungen können eine Fehlerquelle für die Rutschungsanalyse sein. Bei zunehmender Schiefstellung eines Pfeilers muss in Absprache mit dem Betreiber an die Lageverschiebungen Δx , Δy in Höhe der Zwangszentrierung eine Korrektur für die Neigung angebracht werden.

$$K = -h * \Delta N$$

K = Korrektur der Koordinatendifferenz zur Nullmessung
(Bezugsmessung)

ΔN = Neigungsdifferenz aus Folgemessung minus Bezugsmessung
(Messunsicherheit $\pm 0,38$ mm/m, S = 0,997)
aus Ergebnistabelle „Neigungsmessung“

h = 2,5m (Pfeilerhöhe genähert über Gründung)

ΔN	= 0,5	1,0	2,0	5,0	mm/m
K	= 1,2	2,5	5,0	12,5	mm/m

Der Nachweis der korrigierten Messergebnisse erfolgt in einer zusätzlichen Ergebnistabelle.

3.2 Polare Lagemessung der Profilpunkte 2001 - 2009 am „Unteren Berghang“

Inhaltsverzeichnis	Seite
3.2.1 Messeinrichtung	15
3.2.2 Messinstrumentarium	15
3.2.3 Genauigkeitsanforderung	15
3.2.4 Messungsdurchführung	16
3.2.4.1 Allgemeines	16
3.2.4.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	16
3.2.4.3 Streckenmessung	16
3.2.5 Aufbereitung, Kontroll- und Genauigkeitsmaße	16
3.2.5.1 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	16
3.2.5.2 Streckenmessung	17
3.2.6 Auswertung	17
3.2.7 Messergebnisse	17

3.2 Polare Lagemessung der Profilpunkte 2001- 2009 am „Unteren Berghang“

3.2.1 Messeinrichtung

Die Objektpunkte 2001 (P1) bis 2009 (P9) sind in einer Profillinie angelegt und als thermisch isolierte Doppelrohrpfeiler mit Freiburger Zwangszentrierung ausgeführt. Auf der Fundamentplatte des Pfeilers ist jeweils ein Höhenpunkt (PB) vermarktet. Zwischen den Pfeilern 2004 und 2005 befindet sich eine Bodenplatte zur sicheren Tachymeteraufstellung. Das Punktfeld ist in Anlage 3 dargestellt.

3.2.2 Messinstrumentarium

Die Messungen sind mit einem Präzisionstachymeter auszuführen. Der Tachymeter ist jährlich auf einer anerkannten Basis auf seinen Kalibrierzustand zu überprüfen. Die Ergebnisse der Kalibrierung sind zu dokumentieren und der TFW durch Übergabe der Messwerte nachzuweisen. Unmittelbar vor Ausführung der Messung ist das Gerät auf den Referenzstrecken der Talsperre Schönbrunn (Netzpfeiler 17-18, 1-2 und 1-3) zu überprüfen.

Die benötigten DreifüÙe, Prismenträger und Zeiss-Präzisionsreflektoren werden von der TFW zur Verfügung gestellt.

Die bei der Kalibrierung ermittelte Nullpunktkorrektur k_0 gilt nur im Zusammenhang mit dem bei der Kalibrierung benutzten Reflektortyp.

Die eingesetzten Thermometer und Barometer sind mit den bei der Thüringer Fernwasserversorgung vorhandenen Geräten zu vergleichen oder anderweitig zu prüfen. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Weitere Festlegungen enthält die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G).

3.2.3 Genauigkeitsanforderung

Richtungsmessung:	$\sigma_r = 0,20 \text{ mgon}$	(Standardabweichung einer einmal in 2 FRL gemessenen Richtung)
Zenitwinkelmessung:	$\sigma_\xi = 0,35 \text{ mgon}$	(Standardabweichung eines einmal in 2 FRL gemessenen Zenitwinkels)
Streckenmessung:	$\sigma_s = 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$	(Standardabweichung einer Distanzmessung)

3.2.4 Messungsdurchführung

3.2.4.1 Allgemeines

Es gelten die Festlegungen der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen - Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G). Ergänzend werden nachstehende objektspezifische Festlegungen getroffen.

Die Messungen sind unmittelbar im Anschluss an das Messverfahren 3.1 auszuführen, andernfalls sind die Punkte 2001, 2005 und 2009 erneut zu bestimmen.

Auf den freigewählten Tachymeterstandpunkten 1 und 2 zwischen den Profilpunkten 2004 und 2005 (Bodenplatte) werden die Richtungen (bei Nullrichtung 2001) und Strecken zu allen Profilpunkten gemessen.

Das zweimalige Polarverfahren ist bei unterschiedlichen atmosphärischen Bedingungen zu beobachten, z.B. früh und mit deutlichem zeitlichen Abstand nachmittags.

3.2.4.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Messungen sind entsprechend MA-RSM G, Punkt 4.3.2 in 3 Vollsätzen und 2 Fernrohrlagen durchzuführen. Um grobe Fehler schon bei der Messung aufdecken zu können müssen Kontrollen über die Spannweite zwischen höchstem und niedrigstem Satzmittel durchgeführt werden (MA-RSM G, Punkt 6.2.1), bei Überschreitung ist die Anzahl der Sätze zu erhöhen.

3.2.4.3 Streckenmessung

Die polaren Raumstrecken sind in 3 Vollsätzen und 2 Fernrohrlagen zu messen (einseitig). Die gemessenen Strecken werden entsprechend MA-RSM G, Punkt 6.3.1 korrigiert. Zu berücksichtigen sind meteorologische Korrekturen, Kalibrierkorrekturen und Prismenkonstanten. Einseitige Streckenmessungen sind im Netzbild (Anlage 2) dargestellt.

Die Kippachshöhen sind nach Punkt 2.1.4.3 zu bestimmen bzw. zu übernehmen. Die Berechnung der Reduktionen und Korrekturen erfolgt nach MA-RSM G, Punkt 6.3. Diese sind nachvollziehbar streckenweise in einer Tabelle darzustellen. Die Reduktion auf die Bezugshöhe 567 mNN kann vernachlässigt werden ($< 0,1$ mm).

3.2.5 Aufbereitung, Kontroll- und Genauigkeitsmaße

Es gelten die Festlegungen der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G) Punkt 6.2.

3.2.5.1 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Berechnung der Stationsausgleichungen mit Spannweiten und Standardabweichungen erfolgt nach MA-RSM G, Punkt 6.2.1 und 6.2.2, siehe auch Anlagen dazu.

Die erreichten Spannweiten und Standardabweichungen sind mit Angabe der zulässigen Werte stationsweise tabellarisch nachzuweisen.

3.2.5.2 Streckenmessung

Der Nachweis der Genauigkeit der Streckenmessung erfolgt nach MA-RSM G, Punkt 6.2.4, siehe auch Anlagen dazu.

Die Differenzen der reduzierten Horizontalstrecken zwischen Hin- und Rückmessung sind mit Angabe der zulässigen Werte nach MA-RSM G, Punkt 6.2 streckenweise zusammenzustellen, siehe auch Anlagen dazu.

3.2.6 Auswertung

Die Punktkoordinaten 2001-2009 sind zunächst in 2 Koordinatensystemen KS1 und KS2 mit den Tachymeterstandpunkten 1 und 2 als Ursprung und mit X-Richtungen zu 2001 zu bestimmen und dann durch je eine 4-Parameter-Transformation mit den Auffelderungspunkten 2001, 2005 und 2009 (Koordinaten aus Messverfahren 3.1) in das Koordinatensystem „Vorsperre“ zu transformieren. Die Restabweichungen sind tabellarisch nachzuweisen.

Die zweimal bestimmten Koordinaten der Punkte 2002-2004 und 2006-2008 sind tabellarisch zusammenzustellen und als Doppelmessung auszuwerten.

Aus den zwei Standpunktsystemen der freien Stationen 1 und 2 sind die Profilstrecken zweimal zu bestimmen und als Doppelmessung auszuwerten, dabei sollen die Differenzen kleiner $d_{\text{Max}} = 1,5 \text{ mm}$ sein und die Standardabweichungen des Mittels $s_{\text{Max}} = 0,5 \text{ mm}$ nicht überschreiten.

Berechnung der Koordinaten- und Profilstreckendifferenzen (Folgemessung minus Bezugsmessung) und Eintragung in die Ergebnistabellen Blatt Nr. 11 bis 13 und 17.

3.2.7 Messergebnisse

Die Messergebnisse (Punktkoordinaten x, y) der Messkampagne und Differenzen gegenüber Koordinaten der Bezugsepoche sind an den Auftraggeber in Ergebnistabellen, gegebenenfalls mit zusätzlich vereinbarten graphischen Darstellungen zu übergeben.

Weitere Festlegungen zur Dokumentation der Messungen enthält die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G), Punkt 7.

3.3 Polare Lagemessung der Stollenpunkte 5001 - 5013

Inhaltsverzeichnis	Seite
3.3.1 Messeinrichtung	19
3.3.2 Messinstrumentarium	19
3.3.3 Genauigkeitsanforderung	20
3.3.4 Messungsdurchführung	20
3.3.4.1 Allgemeines	20
3.3.4.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	20
3.3.4.3 Streckenmessung	21
3.3.5 Aufbereitung, Kontroll- und Genauigkeitsmaße	21
3.3.5.1 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	21
3.3.5.2 Streckenmessung	21
3.3.6 Auswertung	22
3.3.7 Messergebnisse	22

3.3 Polare Lagemessung der Stollenpunkte 5001 - 5013

3.3.1 Messeinrichtung

Die Lagedarstellung enthält die Anlage 5 und Ergebnistabelle Blatt Nr. 25.
Die Vermarkung und Ausstattung der Punkte wurde wie folgt ausgeführt:

- Festpunktpfeiler 24, 25, Doppelrohrpfeiler mit Freiburger Zwangszentrierung, Freiburger Dreifuß, Prismenträger, Zeiss-Reflektor
- Beobachtungspfeiler 5000 (S2), Rohrpfeiler mit Freiburger Zwangszentrierung, Freiburger Dreifuß, Prismenträger, Zeiss-Reflektor
- Objektpunkte 5001...5013, vermarkt mit Setzkegel in Betonfundament im Messstollen

3.3.2 Messinstrumentarium

Die Messungen sind mit einem elektronischen Präzisionstachymeter auszuführen. Der Tachymeter ist jährlich auf einer anerkannten Basis auf seinen Kalibrierzustand zu überprüfen. Die Ergebnisse der Kalibrierung sind zu dokumentieren und der TFW durch Übergabe der Messwerte nachzuweisen. Unmittelbar vor Ausführung der Messung ist das Gerät auf den Referenzstrecken der Talsperre Schönbrunn (Netzpfeiler 17-18, 1-2 und 1-3) zu überprüfen.

Die benötigten Dreifüße, Prismenträger und Zeiss-Präzisionsreflektoren werden von der TFW zur Verfügung gestellt.

Die bei der Kalibrierung ermittelte Nullpunktkorrektur k_0 gilt nur im Zusammenhang mit dem bei der Kalibrierung benutzten Reflektortyp.

Die eingesetzten Thermometer und Barometer sind mit den bei der Thüringer Fernwasserversorgung vorhandenen Geräten zu vergleichen oder anderweitig zu prüfen. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Weitere Festlegungen enthält die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G).

3.3.3 Genauigkeitsanforderung

Richtungsmessung: $\sigma_r = 0,20 \text{ mgon}$ (Standardabweichung einer einmal in 2 FRL gemessenen Richtung)

Zenitwinkelmessung: $\sigma_\zeta = 0,35 \text{ mgon}$ (Standardabweichung eines einmal in 2 FRL gemessenen Zenitwinkels)

Streckenmessung: $\sigma_s = 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ (Standardabweichung einer Distanzmessung)

3.3.4 Messungsdurchführung

3.3.4.1 Allgemeines

Es gelten die Festlegungen der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G). Ergänzend werden nachstehende objektspezifische Festlegungen getroffen.

Die Messungen sind unmittelbar im Anschluss an das Messverfahren 3.1 auszuführen, andernfalls muss der Beobachtungspfeiler 5000 nach Punkt 3.1 neu bestimmt werden.

3.3.4.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Messungen sind entsprechend MA-RSM G Punkt 4.3.2 in 3 Vollsätzen und 2 Fernrohrlagen durchzuführen. Um grobe Fehler schon bei der Messung aufdecken zu können müssen Kontrollen über die Spannweite zwischen höchstem und niedrigstem Satzmittel durchgeführt werden (MA-RSM G Punkt 6.2.1), bei Überschreitung ist die Anzahl der Sätze zu erhöhen.

Folgende Horizontal- und Vertikalwinkel sind zu bestimmen:

Standpunkt (Tachymeter)	Zielpunkt (Prisma)
5000	25, 24, 5001 (Stativaufstellung) (entfällt bei zeitnaher Beobachtung von Verfahren 3.1)
5001	25, 5002a ... 5013a, 5000, 25 (Horizontschluss)
5000	25, 24, 5002a ... 5013a, 25 (Horizontschluss)

Auf dem Punkt 5001 (Stativaufstellung über Setzkegel) erfolgt die Zentrierung mit optischem Lot ($\sigma_z = 0,2 \text{ mm}$). Diese ist nach der Messung zu prüfen, werden Veränderungen festgestellt, sind die Messungen zu wiederholen.

Auf den Setzkegeln 5002 bis 5013 wird zur Messungsdurchführung nacheinander ein Spezialadapter mit Prisma aufgesetzt, wobei die Prismenmitte die exzentrischen

Punkte 5002a bis 5013a definiert. Der spezielle Adapter mit Reflektor ist bei allen Folgemessungen wieder zu verwenden.

3.3.4.3 Streckenmessung

Die polaren Raumstrecken nach den a-Punkten sowie 24 und 25 sind einseitig in 3 Vollsätzen und 2 Fernrohrlagen zu messen, die Strecke zwischen 5000 und 5001 jedoch als Hin- und Rückmessung (siehe auch Anlage 5).

Die gemessenen Strecken werden entsprechend MA RSM-G, Punkt 6.3.1 korrigiert. Zu berücksichtigen sind meteorologische Korrekturen, Kalibrierkorrekturen und Prismenkonstanten. Richtungs- und Zenitwinkelmessung sowie Streckenmessung sind in einem Arbeitsgang durchzuführen.

Die Korrekturen für Temperatur, Luftdruck sowie Maßstabsfehler (Frequenzkorrektur) und Abweichung von der Additionskonstanten (Nullpunktkorrektur) sind zusammen mit gegebenenfalls vorhandenen Zentrierabweichungen (Stativaufrichtung) extern vorzunehmen und nachzuweisen, die geräteinternen Korrekturen (Nullpunktkorrektur = mm und Maßstabskorrektur = ppm) sind im Tachymeter während der Messungsdurchführung auf Null zu stellen. Siehe dazu auch MA-RSM G, Punkt 4.3.3)

3.3.5 Aufbereitung, Kontroll- und Genauigkeitsmaße

Es gelten die Festlegungen der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G) Punkt 6.2.

3.3.5.1 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Berechnung der Stationsausgleichungen mit Spannweiten und Standardabweichungen erfolgt nach MA - RSM G, Punkt 6.2.1 und 6.2.2, siehe auch Anlagen dazu.

Die erreichten Spannweiten und Standardabweichungen sind mit Angabe der zulässigen Werte stationsweise tabellarisch nachzuweisen.

3.3.5.2 Streckenmessung

Der Nachweis der Genauigkeit der Streckenmessung erfolgt nach MA - RSM G, Punkt 6.2.4, siehe auch Anlagen dazu.

Die Differenzen der reduzierten Horizontalstrecken zwischen Hin- und Rückmessung sind mit Angabe der zulässigen Werte nach MA-RSM G, Punkt 6.2 streckenweise zusammenzustellen (nur 5000-5001).

3.3.6 Auswertung

Die Berechnung der Streckenreduktionen und Korrekturen erfolgt nach MA-RSM G, Punkt 6.3. Die Reduktionen und Korrekturen sind nachvollziehbar streckenweise in einer Tabelle darzustellen. Die Reduktion auf die Bezugshöhe 567 mNN kann vernachlässigt werden ($< 0,1$ mm).

Die Berechnung der Koordinaten der Objektpunkte 5001, und 5002a bis 5013a ist mittels einer separaten Ausgleichung (Zwang) mit Anschluss an die Punkte 24, 25 und 5000 mit den aktuellen Koordinaten aus dem Messverfahren 3.1 dieser Messanweisung auszuführen.

Die Koordinaten der Anschlusspunkte und die erreichten Koordinatenstandardabweichungen der Objektpunkte sind im Bearbeitungsprotokoll nachzuweisen. Die berechneten Koordinaten der Objektpunkte 5001, und 5002a bis 5013a sind in einem Verzeichnis darzustellen.

Durch das Anbringen von Korrekturen V_x und V_y an den Koordinaten 5002a bis 5013a der Reflektorpunkte (siehe Anlage 10) werden die gesuchten Koordinaten von 5002 bis 5013, bezogen auf die Kegelspitzen, erhalten.

3.3.7 Messergebnisse

Die Messergebnisse sind dem Auftraggeber in Ergebnistabellen, gegebenenfalls mit zusätzlich vereinbarten graphischen Darstellungen zu übergeben.

Dazu erfolgt die punktweise Berechnung der Koordinatendifferenzen (Folgemessung minus Bezugsmessung) mit Eintragung in die Ergebnistabellen Blatt 25 und 26 sowie die streckenweise Berechnung der Streckendifferenzen (Folgemessung minus Bezugsmessung) mit Eintragung in die Ergebnistabellen Blatt 31 und 32.

(Die nach dem vorstehenden tachymetrischen Verfahren bestimmten Koordinaten der Punkte 5001 bis 5013 und die daraus berechneten Strecken 5001-5002 bis 5012-5013 wurden ab 2005 eingeführt.)

Weitere Festlegungen zur Dokumentation der Messungen enthält die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G), Punkt 7.

3.4 Trigonometrische Lagemessung der Einzelpunkte G7 und G8 am „oberen Berghang“

Inhaltsverzeichnis	Seite
3.4.1 Messeinrichtung	24
3.4.2 Messinstrumentarium	24
3.4.3 Genauigkeitsanforderung	25
3.4.4 Messungsdurchführung	25
3.4.4.1 Allgemeines	25
3.4.4.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	25
3.4.4.3 Streckenmessung	25
3.4.5 Aufbereitung, Kontroll- und Genauigkeitsmaße	26
3.4.5.1 Richtungs- und Zenitwinkelmessung	26
3.4.5.2 Streckenmessung	26
3.4.6 Auswertung	26
3.4.7 Messergebnisse	27

3.4 Trigonometrische Lagemessung der Einzelpunkte G7 und G8 am „oberen Berghang“

3.4.1 Messeinrichtung

Das Netz besteht aus den Festpunkten 22, 24 bis 26, AI I und den Objektpunkten G7 und G8 (Lagenetz „Vorsperre und Gabel“). Unter Ausnahme von AI I sind alle Punkte mit einem nivellitisch bestimmten Höhenpunkt (PB, Setzkegel) versehen.

Das Punktfeld mit seinen Bestimmungsstücken ist im Netzbild Anlage 6 dargestellt.

Die Vermarkung und Ausstattung der Punkte wurde wie folgt ausgeführt:

- | | |
|--------------------|--|
| · Festpunktpfeiler | 22, 24 bis 26, AI I |
| | Doppelrohrpfeiler mit Freiburger
Zwangszentrierung, Freiburger Dreifuß,
Prismenträger, Zeiss-Reflektor |
| · Bodenpunkt | G7, G8 |
| | unterflurig vermarkt mit Setzkegel, in
Betonfundament unter gusseiserner Abdeckkappe,
Stativaufstellung mit Zeiss-Dreifuß, Prismenträger,
Zeiss-Reflektor |

3.4.2 Messinstrumentarium

Die Messungen sind mit einem Präzisionstachymeter auszuführen. Der Tachymeter ist jährlich auf einer anerkannten Basis auf seinen Kalibrierzustand zu überprüfen. Die Ergebnisse der Kalibrierung sind zu dokumentieren und der TFW durch Übergabe der Messwerte nachzuweisen. Unmittelbar vor Ausführung der Messung ist das Gerät auf den Referenzstrecken der Talsperre Schönbrunn (Netzpfeiler 17-18, 1-2 und 1-3) zu überprüfen.

Die benötigten Dreifüße, Prismenträger und Zeiss-Präzisionsreflektoren werden von der TFW zur Verfügung gestellt.

Die bei der Kalibrierung ermittelte Nullpunktkorrektur k_0 gilt nur im Zusammenhang mit dem bei der Kalibrierung benutzten Reflektortyp.

Die eingesetzten Thermometer und Barometer sind mit den bei der Thüringer Fernwasserversorgung vorhandenen Geräten zu vergleichen oder anderweitig zu prüfen. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Weitere Festlegungen enthält die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G).

3.4.3 Genauigkeitsanforderung

Richtungsmessung:	$\sigma_r = 0,20 \text{ mgon}$	(Standardabweichung einer einmal in 2 FRL gemessenen Richtung)
Zenitwinkelmessung:	$\sigma_\xi = 0,35 \text{ mgon}$	(Standardabweichung eines einmal in 2 FRL gemessenen Zenitwinkels)
Streckenmessung:	$\sigma_s = 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$	(Standardabweichung einer Distanzmessung)

3.4.4 Messungsdurchführung

3.4.4.1 Allgemeines

Es gelten die Festlegungen der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen - Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA - RSM G), Punkt 4.3.1. Ergänzend werden nachstehende objektspezifische Festlegungen getroffen.

Bei den Punkten G7 und G8 (Stativaufstellung über Setzkegel) erfolgt die Zentrierung mit optischem Lot ($\sigma_z = 0,2 \text{ mm}$). Diese ist nach der Messung zu prüfen, werden Veränderungen festgestellt, sind die Messungen zu wiederholen.

3.4.4.2 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Messungen sind entsprechend MA-RSM G, Punkt 4.3.2 in 3 Vollsätzen und 2 Fernrohrlagen durchzuführen. Um grobe Fehler schon bei der Messung aufdecken zu können müssen Kontrollen über die Spannweite zwischen höchstem und niedrigstem Satzmittel durchgeführt werden (MA-RSM G, Punkt 6.2.1), bei Überschreitung ist die Anzahl der Sätze zu erhöhen.

3.4.4.3 Streckenmessung

Die Raumstrecken sind in der Regel als Sicht und Gegensicht je 3-mal zu messen. Vorgesehene einseitige Streckenmessungen zwischen Festpunkten sind in Anlage 6 dargestellt. Richtungs- und Zenitwinkelmessung sowie Streckenmessung sind in einem Arbeitsgang durchzuführen.

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

Zur präzisen Messung der meteorologischen Daten sind auf Stand- und Zielpunkt als Fehlergrenzen bei Strecken bis 500 m Länge von $\Delta t = 1 \text{ K}$ und $\Delta p = 3 \text{ mbar}$ einzuhalten. Bei Strecken über 500 m Länge sind von $\Delta t = 0,3 \text{ K}$ und $\Delta p = 1 \text{ mbar}$ zu gewährleisten. Werden Luftdruckwerte für die Instrumentenstandpunkte und die Zielpunkte rechnerisch mit Bezug auf eine Referenzstation ermittelt, sind die entsprechenden Nachweise zu führen. Siehe dazu auch MA-RSM G, Punkt 4.3.3)

Für die Streckenreduktion auf den Bezugshorizont $H_B = 567,00 \text{ m ü. NN}$ ist die Instrumentenhöhe in Bezug zum Höhenfestpunkt am Beobachtungsstandpunkt zu messen und damit die Kippachshöhe H_S des Tachymeters zu berechnen ($\sigma_H < 0,5 \text{ m}$).

3.4.5 Aufbereitung, Kontroll- und Genauigkeitsmaße

Es gelten die Festlegungen der Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G) Punkt 6.2.

3.4.5.1 Richtungs- und Zenitwinkelmessung

Die Berechnung der Stationsausgleichungen mit Spannweiten und Standardabweichungen erfolgt nach MA-RSM G Punkt 6.2.1 und 6.2.2. Die erreichten Spannweiten und Standardabweichungen sind mit Angabe der zulässigen Werte stationsweise tabellarisch nachzuweisen.

Die Dreieckswidersprüche dürfen den größten zulässigen Betrag von $w_{zul.} = 1,8 \text{ mgon}$ nicht überschreiten.

3.4.5.2 Streckenmessung

Der Nachweis der Genauigkeit der Streckenmessung erfolgt nach MA - RSM G, Punkt 6.2.4.

Die Differenzen der reduzierten Horizontalstrecken zwischen Hin- und Rückmessung sind mit Angabe der zulässigen Werte nach MA-RSM G, Punkt 6.2 streckenweise zusammenzustellen.

3.4.6 Auswertung

Die Berechnung der Koordinaten der Objektpunkte wird mittels einer Ausgleichung (Zwang) mit Anschluss an die Festpunkte 22, 24 bis 26 und AI I mit den Koordinaten der Bezugsmessung vom Mai 1995 durchgeführt. Die Bezugsmessung wird vom Auftraggeber festgelegt.

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

Die verwendeten Koordinaten der Anschlusspunkte und die erreichten Koordinaten-Standardabweichungen der Objektpunkte sind nachzuweisen. Im Netzbild der Messkampagne sind die Konfidenzellipsen (Sicherheitswahrscheinlichkeit 95%) der Objektpunkte darzustellen.

3.4.7 Messergebnisse

Berechnung der Koordinatendifferenzen (Folgemessung minus Bezugsmessung) der Objektpunkte und Eintragung in die Ergebnistabelle Blatt Nr. 3.

Weitere Festlegungen zur Dokumentation der Messungen enthält die Messanweisung zur Richtungs- und Streckenmessung „Grundlagen-Dreidimensionale Koordinatenbestimmung“ (MA-RSM G) Punkt 7.

4 Höhenvermessung

4.1 Geometrische Höhenmessung der Einzelpunkte G1 bis G6, 5000, Profilpunkte 2001 bis 2009 am „unteren Berghang“ und Messpfeiler 24 bis 26 am Gegenhang

Inhaltsverzeichnis	Seite
4.1.1 Messeinrichtung	30
4.1.2 Messungsdurchführung, Aufbereitung und Auswertung	30
4.1.3 Verfahrensspezifische Hinweise zur Auswertung	31
4.1.4 Dokumentation der Messung	32

4 Höhenvermessung

4.1 Geometrische Höhenmessung der Einzelpunkte G1 bis G6, 5000, Profilpunkte 2001 bis 2009 am „unteren Berghang“ und Messpfeiler 24 bis 26 am Gegenhang

4.1.1 Messeinrichtung

In die Messung einbezogen sind die

- ± Höhenfestpunkte PB 56, MB 75, PB 63, PB 22,
(PB 76 bis PB 62 bei Erfordernis)
- Objektpunkte G1 bis G6, 2001 bis 2009, 2007a, 5000 und PB 24 bis PB 26 (Messpfeiler 24-26), PB58, PB59, PB60

Das Punktfeld ist im Netzbild Anlage 7 dargestellt.

Die Vermarkung und Ausstattung der Punkte wurde wie folgt ausgeführt:

- Höhenfestpunkte Bodenpunkte (Kopfbolzen in Betonfundament, separat oder an Messpfeiler), Mauerbolzen im Fels
- Objektpunkte G1 - G3, G5 vermarkt mit Setzkegel in Betonfundament unter gusseiserner Schutzkappe; PB58, PB59, PB60, Bodenpunkte (Kopfbolzen in Betonfundament); G4, G6, 2001 (P1) - 2009 (P9), 5000 (S2) vermarkt mit Kopfbolzen im Fundament des gleichnamigem Messpfeiler
- Messpfeiler Gegenhang PB 24 - PB 26, vermarkt mit Kopfbolzen im Fundament der Messpfeiler 24 bis 26

4.1.2 Messungsdurchführung, Aufbereitung und Auswertung

Die geometrischen Nivellements sind nach der hier vorliegenden „Messanweisung für geodätische Überwachungsvermessungen am Berghang Gabel - Objektspezifik“ und der allgemein gültigen Messanweisung Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen - Geometrisches Nivellement“ (MA-VVM G) auszuführen. Letztere enthält alle notwendigen allgemeingültigen Festlegungen zur Durchführung von Präzisionsnivellements an Talsperren.

Zur Vernetzung werden aufeinander folgende Nivellementsstrecken in Linien und Schleifen zusammengefasst:

Linie 1 : 75-24-25-26-56 (weiter bis 55 nur bei Erfordernis)
Linie 2 : 75-63-22-G3-G2-G1-2005-58-59-60 (bis 76 und 62 nur bei Erfordernis)
Linie 3 : 2005-2004-2003-2002-2001
Linie 4 : G1-G4
Linie 5 : G3-G6-G5-5000-G4-2002
Linie 6 : 2005-2006-2007-2008-2009
Schleife 1 und Schleife 2 (Anlage 7)

Das Messverfahren wird nach Punkt 4 der Messanweisung Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen - Geometrisches Nivellement“ (MA-VVM G) ausgeführt. Zur Messungsdurchführung sind die Netzskizze Anlage 7 und die Stationierungsrisse Anlage 8.1 bis 8.5 zu verwenden.

- Die Kontroll- und Genauigkeitsmaße nach Punkt 6.2.1 bis 6.2.3 MA-VVM G sind linienweise zu bestimmen und nachzuweisen.
- Die Schleifenwidersprüche in den Schleifen 1 und 2 (Anlage 7) sind nach Punkt 6.2.4 MA-VVM G zu berechnen und nachzuweisen
- Die Prüfung der Höhenfestpunkte (Stützpunkte) erfolgt nach Punkt 6.2.5 MA-VVM G (Vereinfachte Festpunktkontrolle), Eintragung der Differenzen zwischen den gemessenen Höhenunterschieden (Messepoche) und der Bezugsmessung (Folgemessung minus Bezugsmessung) in Blatt 54a

4.1.3 Verfahrensspezifische Hinweise zur Auswertung

Die Auswertung ist grundsätzlich nach Punkt 6.3 MA-VVM G auszuführen.

Kann der Nachweis der Stabilität der Stützpunkte mit der vereinfachten Festpunktkontrolle nicht erbracht werden ist eine freie Ausgleichung und Deformationsanalyse nach Punkt a) auszuführen (siehe auch Punkt 6.3.2 MA-VVM G).

Zur Bestimmung der endgültigen Höhen erfolgt im Anschluss eine Ausgleichung unter Zwang nach Punkt b), (siehe auch Punkt 6.3.2 MA-VVM G).

Wird die Stabilität der Stützpunkte durch die vereinfachte Festpunktkontrolle nachgewiesen, kann sofort die Ausgleichung unter Zwang nach Punkt b) erfolgen.

a) Freie Ausgleichung („Freies Höhennetz mit Auffelderung“)

- Datumpunkten (Stützpunkten) 56, 75, 63, 22, (ggf. 76 und 62) sowie 24, 25, und 26

und den

- Objektpunkten G1 bis G6, 2001 bis 2009, 5000, 58, 59 und 60 mit individuellen Gewichten ausgeglichen.

Als Näherungshöhen werden verwendet:

- Datumpunkte: Höhen aus der Bezugsmessung
- Objektpunkte: Höhen aus der letzten Messepoche

Die Bezugsmessung wird vom Auftraggeber festgelegt. Die in die Auswertung eingeführten Näherungshöhen sind mit Datum im Bearbeitungsprotokoll nachzuweisen.

Ausführung einer Deformationsanalyse, dabei sind verschobene Stützpunkte von der Lagerung auszuschließen und durch erneute freie Ausgleichung als Neupunkte in das Netz einzufügen (Zustimmung AG).

Die Restklaffungen an den Stützpunkten sind in die Ergebnistabelle Blatt 64 einzutragen.

b) Ausgleichung mit Zwang

Die Berechnung der endgültigen Höhen der Objektpunkte G1 bis G6, 2001 bis 2009, 5000 und der Höhenpunkte 24, 25, 26 an den Messpfeilern sowie der Bodenpunkte 58, 59, 60 ist mittels einer Ausgleichung (Zwang) mit Anschluss an die

- Datumpunkte (Stützpunkte) 56, 75, 63, 22 (ggf. 76 und 62)

mit den Höhen der Bezugsmessung unter Beachtung von Punkt a) auszuführen.

Die verwendeten Höhen der Datumpunkte (Stützpunkte oder Festpunkte) und die erreichten Höhenstandardabweichungen an den Objektpunkten und den Messpfeilern 24, 25, 26 sind im Bearbeitungsprotokoll nachzuweisen.

Danach erfolgt die Berechnung der Höhendifferenzen (Folgemessung minus Bezugsmessung) an den Objektpunkten und den Höhenpunkten der Pfeiler 24, 25, 26 (ohne 5000) und Eintragung in die Ergebnistabellen Blatt 6, Blatt 19 und Blatt 55.

c) Linienausgleichung

Die Messpfeiler 24, 25 und 26 sind durch Einhängen zwischen die Festpunkte 56 und 75 zusätzlich auf Höhenveränderungen zu prüfen. Der größte zulässige Betrag des Widerspruchs einer gemessenen Höhe gegenüber der Bezugsmessung beträgt $F_{zul}=1,0 \text{ mm}$ ($S=0,997$).

Bei Überschreitung können, bei Einhaltung der geforderten Messgenauigkeit, Punktveränderungen angenommen werden, die durch weitere Messungen festgestellt werden müssen.

4.1.4 Dokumentation der Messung

Festlegungen zur Dokumentation der Messungen enthält die Messanweisung Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen-Geometrisches Nivellement“ (MA-VVM G), Punkt 7.

4.2 Geometrisches Nivellement der Stollenpunkte SK 5001 bis SK 5013

Inhaltsverzeichnis	Seite
4.2.1 Messeinrichtung	33
4.2.2 Messinstrumentarium	33
4.2.3 Genauigkeitsanforderung	33
4.2.4 Messungsdurchführung	33
4.2.5 Messergebnisse	34
4.2.6 Dokumentation der Vermessung	34

4.2 Geometrisches Nivellement der Stollenpunkte SK 5001 bis SK 5013

4.2.1 Messeinrichtung

In die Messung einbezogen sind die Objektpunkte 5000 (S2), SK 5001 bis SK 5013 und der feste Wechsellpunkt 5001a. Das Punktfeld ist im Netzbild Anlage 8 dargestellt.

Die Vermarkung und Ausstattung der Punkte wurde wie folgt ausgeführt:

- 5000 (S2) Bodenpunkt (Kopfbolzen in Betonfundament des Rohrpfeilers 5000)
- 5001a Mauerbolzen am Messblock 5001 (fester Wechsellpunkt)
- SK 5001-5013 Alignementsetzkegel (Spitze) auf den Messblöcken SK 5001 bis 5013

4.2.2 Messinstrumentarium

- Digitalnivellier
- Trimble Codelatte 1m, Nr. 79155

Die Messmittelprüfung erfolgt nach Punkt 3.3 der Grundlagen-Messanweisung zur Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen - Geometrisches Nivellement“ (MA-VVM G). Für eine optimale Temperierung der Messausrüstung (Digitalnivellier, Stativ, Codelatte) ist diese bereits einen Tag vor der Messung im Stollen zu lagern.

4.2.3 Genauigkeitsanforderung

$$\sigma_H = 0,8 \dots 1,0 \text{ mm} \qquad \text{geometrisches Anschluss-Nivellement (äußere Genauigkeit)}$$

4.2.4 Messungsdurchführung

Das geometrische Nivellement ist nach der hier vorliegenden „Messanweisung für geodätische Überwachungsvermessungen am Berghang Gabel - Objektspezifik“ und der allgemein gültigen Messanweisung Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen - Geometrisches Nivellement“ (MA-VVM G) auszuführen. Letztere enthält alle notwendigen allgemeingültigen Festlegungen zur Durchführung von Präzisionsnivellements an Talsperren.

Die Nivellementsline verläuft vom Pfeiler 5000 (S2) vor dem Messstollen über den Wechsellpunkt 5001a und die Setzkegelspitzen der auf den Extensometermessblöcken vermarkten Alignementsetzkegel 5001 bis 5013.

Das Stollennivellement wird als Liniennivellement mit freiem Ende im Hin- und Rückweg gemessen und ausgeglichen. Auf die Bildung von Schleifenwidersprüchen wird verzichtet.

Für den äußeren Höhenanschluss wird der Pfeiler 5000 (S2) mit seiner aktuellen Höhe aus dem Messverfahren 3.1 verwendet. Nachstehende Messung ist daher unmittelbar im Anschluss an das Messverfahren 3.1 auszuführen, andernfalls muss die Höhe für 5000 neu bestimmt werden.

Der Stollen ist nicht beleuchtet, es ist daher eine gleichbleibende Ausleuchtung des Messbereiches der Codelatte sicherzustellen. Für die Registrierung eines Vorbeziehungsweise Rückblickes ist am Digitalnivellier eine Mittelwertbildung aus mindestens 6 Einzelmessungen einzustellen.

Die Instrumentenstandpunkte sind exakt auszumessen (gleiche Distanzen im Vor- und Rückblick), entsprechende Markierungen sind für Folgemessungen sohlennah an der Stollenwandung anzubringen.

4.2.5 Messergebnisse

Die Höhenabweichungen der Punkte SK 5001 bis SK 5013 gegenüber der Bezugsmessung 1975 (Folgemessung minus Bezugsmessung) sind in die Ergebnistabellen Blatt Nr. 34 und 35 einzutragen. Damit sind die bis 2020 im Verfahren „Hydrostatisches Nivellement“ bestimmten Höhenabweichung berücksichtigt.

Die relativen Höhenveränderungen in den Höhenunterschieden zwischen den Messpunkten SK 5001- SK 5013 im Vergleich zur Bezugsmessung 1975 (Folgemessung minus Bezugsmessung) sind in die Ergebnistabellen Blatt Nr. 40 und 41 einzutragen.

4.2.6 Dokumentation der Vermessung

Grundlegende Festlegungen zur Dokumentation der Messungen enthält die Messanweisung Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen - Geometrisches Nivellement“ (MA-VVM G), Punkt 7.

4.3 Geometrische Höhenmessung der Einzelpunkte G7 und G8 am oberen Berghang

Inhaltsverzeichnis	Seite
4.3.1 Messeinrichtung	36
4.3.2 Messungsdurchführung, Aufbereitung und Auswertung	36
4.3.3 Verfahrensspezifische Hinweise zur Auswertung	36
4.3.4 Dokumentation der Messung	37

4.3 Geometrische Höhenmessung der Einzelpunkte G7 und G8 am oberen Hang

4.3.1 Messeinrichtung

In die Messung einbezogen sind die Festpunkte MB 100, PB 101, und MB103 sowie die Objektpunkte G7 und G8. Das Punktfeld ist in den Anlage 9 sowie auf der Ergebnistabelle Blatt 6 dargestellt.

- Festpunkte PB 101 vermarktet als Bodenpunkt in Betonfundament, MB100 und MB103 Felsvermarkung
- Objektpunkte G 7, G 8 vermarktet mit Setzkegel in Betonfundament unter Schutzkappe

4.3.2 Messungsdurchführung, Aufbereitung und Auswertung

Die geometrischen Nivellements sind nach der hier vorliegenden „Messanweisung für geodätische Überwachungsvermessungen am Berghang Gabel- Objektspezifik“ und der allgemein gültigen Messanweisung Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen - Geometrisches Nivellement“ (MA - VVM G) auszuführen. Letztere enthält alle notwendigen allgemeingültigen Festlegungen zur Durchführung von Präzisionsnivellements an Talsperren.

Das Messverfahren umfasst die Nivellementslinie 8 100-101-G7-G8-103

Folgende Nachweise sind zu führen:

- Die Kontroll- und Genauigkeitsmaße nach Punkt 6.2.1 bis 6.2.3 MA-VVM G sind linienweise zu bestimmen und nachzuweisen.
- Die Prüfung der Höhenfestpunkte (Stützpunkte) erfolgt nach Punkt 6.2.5 MA-VVM G (Vereinfachte Festpunktkontrolle), Eintragung der Differenzen zwischen den gemessenen Höhenunterschieden (Messepoche) und der Bezugsmessung (Folgemessung minus Bezugsmessung) in Blatt 54b.

4.3.3 Verfahrensspezifische Hinweise zur Auswertung

Die Höhen der Objektpunkte sind durch eine angeschlossene Ausgleichung (Zwang) unter Verwendung der Anschlusspunkte 101 und 103 mit den Höhen der Bezugsmessung zu berechnen. Die Höhenstabilität der Anschlusspunkte muss nach Punkt 6.2.5 MA-VVM G festgestellt sein.

Die verwendeten Höhen der Festpunkte und die erreichten Höhenstandardabweichungen der Objektpunkte sind nachzuweisen. Berechnung der Höhendifferenzen (Folgemessung minus Bezugsmessung) der Objektpunkte und Eintragung in die Ergebnistabelle Blatt 6.

4.3.4 Dokumentation der Vermessung

Festlegungen zur Dokumentation der Messungen enthält die Messanweisung zur Vertikalverschiebungsmessung „Grundlagen- Geometrisches Nivellement“ (MA-VVM G), Punkt 7.

5 Neigungsmessung

Inhaltsverzeichnis	Seite
5.1 Messeinrichtung	39
5.2 Genauigkeitsforderung	39
5.3 Messungsdurchführung und Aufbereitung	39
5.4 Dokumentation der Messung	41

5. Neigungsmessung

5.1 Messeinrichtung

Die Messung erfolgt mit Libellenklinometer (Freiberger Präzisionsmechanik) und Aufsetzkegel mit Gradteilung auf Dreifuß. Die Messpunkte sind wie folgt vermarkt:

- Festpunkte 22 bis 26, AI I bis AI IV im Lagenetz
„Vorsperre und Gabel“
vermarkt mit Doppelrohrpfeiler mit Freiberger Zwangszentrierung
- Einzelpunkte G1 bis G3, G5, G7 und G8
vermarkt mit Setzkegel in Betonfundament unter gusseiserner Schutzkappe

G4, G6 vermarkt wie Festpunkte
- Profilpunkte 2001 (P1) bis 2009 (P9) vermarkt wie Festpunkte

Die Lage der Messpunkte ist in nachstehenden Ergebnistabellen dargestellt:

Blatt Nr. 5, 5.1	(Vorsperre Schönbrunn)	AI I bis AI IV
Blatt Nr. 56	(Gabel)	Festpunkte 22 bis 26
Blatt Nr. 9 und 23	(Gabel)	Einzel- und Profilpunkte

5.2 Genauigkeitsforderung

$\sigma_N = 0,03 \text{ mm/m}$ (Standardabweichung einer gemessenen Neigung)

5.3 Messungsdurchführung und Aufbereitung

Klinometermessungen werden auf fest eingebauten Setzkegeln oder in Verbindung mit Setzkegeln auf Dreifuß auf Pfeilern mit Zwangszentrierung durchgeführt. Die Libellenachse des Klinometers wird zur Messung in die Richtung (Lage I) gebracht in der die Neigung zu bestimmen ist, dabei gilt die Messschraube des Klinometers als Zeiger. Zur Ausschaltung von Gerätefehlern ist eine zweite Messung in Lage II am um 180 Grad verschwenkten Klinometer erforderlich.

Die Neigung in Richtung Lage I ergibt sich aus den Ablesungen in Lage I und II nach

$$N = \frac{I - II}{2} \text{ mm/m} \quad (1)$$

Die Neigungsmessung erfolgt in Abszissen- und Ordinatenrichtung im Koordinatensystem „Vorsperre und Gabel“ (siehe Punkt 2.1)

Wird die Klinometermessung in Verbindung mit dem geometrischen Alignement ausgeführt, so ist die Neigung rechtwinklig zur Alignementsebene zu bestimmen.

Aufsetzen und Orientierung des Neigungsmessers

- Alignementskegel

Der Neigungsmesser wird visuell in Lage I parallel zu der auf der Überwurfmutter des Kegels eingravierten Messrichtung gerichtet.

- Pfeiler

Zur Aufnahme des Neigungsmessers wird der Aufsetzkegel mit Dreifuß in die Zwangszentrierung des Pfeilers so aufgesetzt, dass der gekennzeichnete Fuß in der Kerbe steht. Die Orientierung des Neigungsmessers in Lage I erfolgt mittels einer Strichmarkierung am Neigungsmesser unterhalb der Messschraube nach der in der Bezugsmessung festgelegten Gradteilung am Aufsetzkegel. Die Orientierungsrichtungen sind dem Feldformular zu entnehmen.

Messung und Berechnung

Die Ablesung ist bei einspielender Koinzidenzlibelle vorzunehmen. Zur Dokumentation der Messdaten und zur Berechnung der Neigungen, sowie der Differenzen zur Bezugsmessung ist das spezielle Feldformular „Neigungsmessung“ zu verwenden.

Sicherung gegen grobe Fehler durch Berechnung von $K = I + II$ und Vergleich mit dem Wert der Messmittelprüfung. Dabei soll die Abweichung nicht größer als 0,5 mm/m sein.

Neigungsmessungen sind in 2 Sätzen auszuführen, wobei nach dem 1. Satz der Kegel und Neigungsmesser neu aufgesetzt werden.

Fehlergrenze

Zulässige Differenz zwischen der Doppelmessung einer Neigung

$$D_{\text{zul}} = 0,13 \text{ mm/m}, \quad S = 0,997$$

Bei Folgemessungen ist die Reproduzierbarkeit entscheidend. Aus Ergebnissen unter Wiederholbedingungen wurde die Konstante k abgeleitet.

Wiederholstandardabweichung

$$\sigma_r = k * \sigma_N \quad (2)$$

$\sigma_N = 0,03 \text{ mm/m}$ (Standardabweichung einer gemessenen Neigung)

$$k = 3$$

Konfidenzintervall der Differenz zweier einzelner Messungen

$$c = 3 * \sqrt{2} * \sigma_r \quad (S = 0,997) \quad (3)$$

σ_r Wiederholstandardabweichung nach (2)

5.4 Dokumentation der Messung

Die Eintragung der Messergebnisse erfolgt in die Ergebnistabellen Blatt Nr. 9, 10, 23, 24, 56 (Gabel) und Blatt Nr. 5, 5.1 (Vorsperre) für AI I. Aus der Neigungsmessung (Schrägstellung) resultierende Korrekturen an den Festpunktkoordinaten von Messpfeilern werden nur nach besonderer Absprache mit der TFW angebracht.

Anlagenverzeichnis	Anlage
Lagenetz „Vorsperre und Gabel“	1
Trigonometrische Lagemessung am „unteren Berghang“	2
Polare Lagemessung der Profilpunkte 2001 - 2009 am „unteren Berghang“	3
Reduktions- und Korrekturformeln für Streckenmessung und trigonometrische Höhenmessung	4
Polare Lagemessung der Stollenpunkte 5001 - 5013	5
Trigonometrische Lagemessung der Einzelpunkte G7 und G8 am „oberen Berghang“	6
Geometrische Höhenmessung der Einzelpunkte G1 - G6, 5000, Profilpunkte 2001 - 2009 am „unteren Berghang“ und Anschlüsse	7
Geometrisches Nivellement der Stollenpunkte SK 5001 - SK 5013, ab 2020	8
Geometrische Höhenmessung der Einzelpunkte G7 und G8 am „oberen Berghang“	9
Polare Lagemessung der Stollenpunkte 5001-5013 Übergangskonstanten, Ergebnisse der Parallelmessung Verfahren "Invarband" und "ELTA" Epoche 10/2004	10

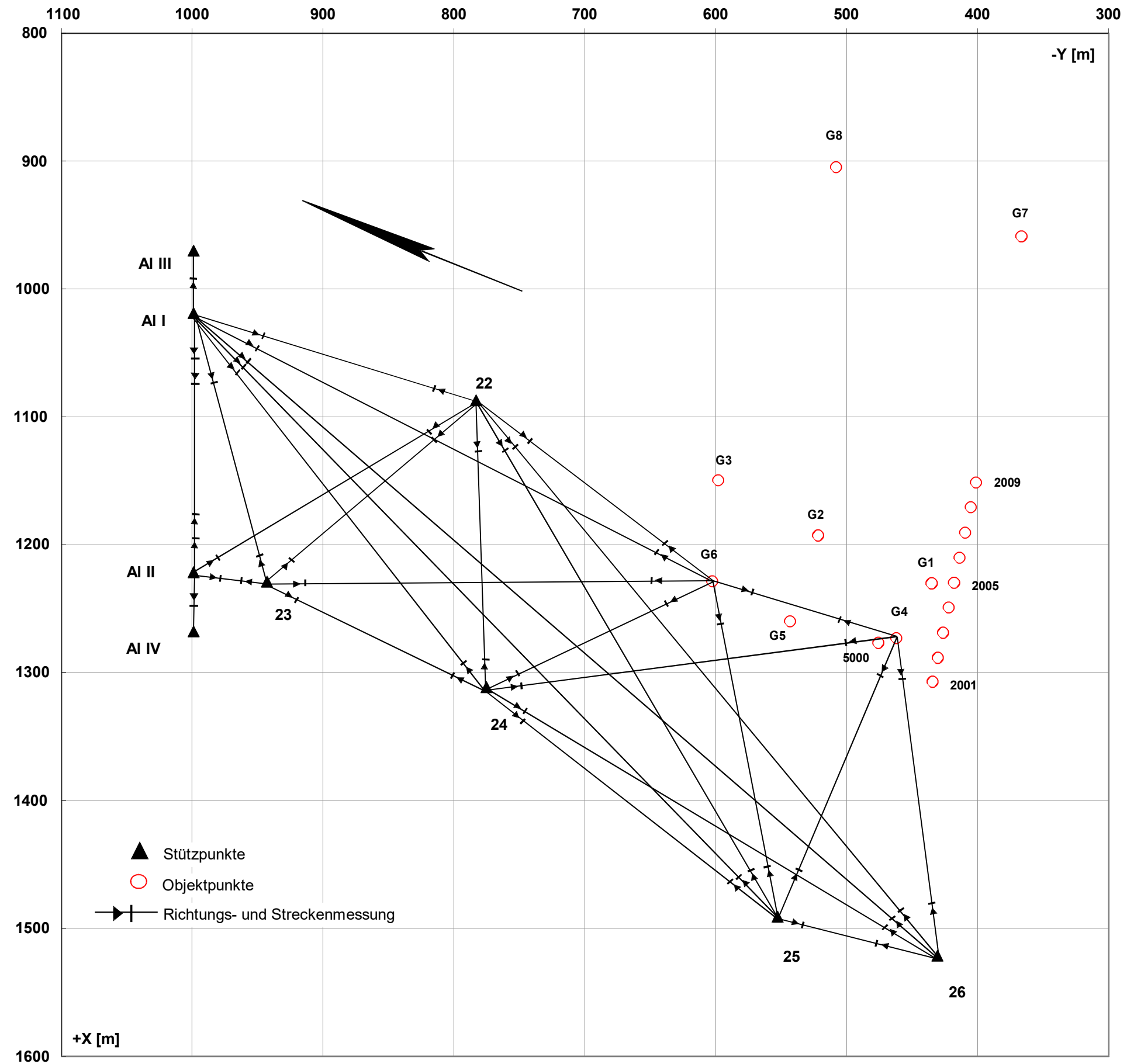
Dokumentenänderungsblatt

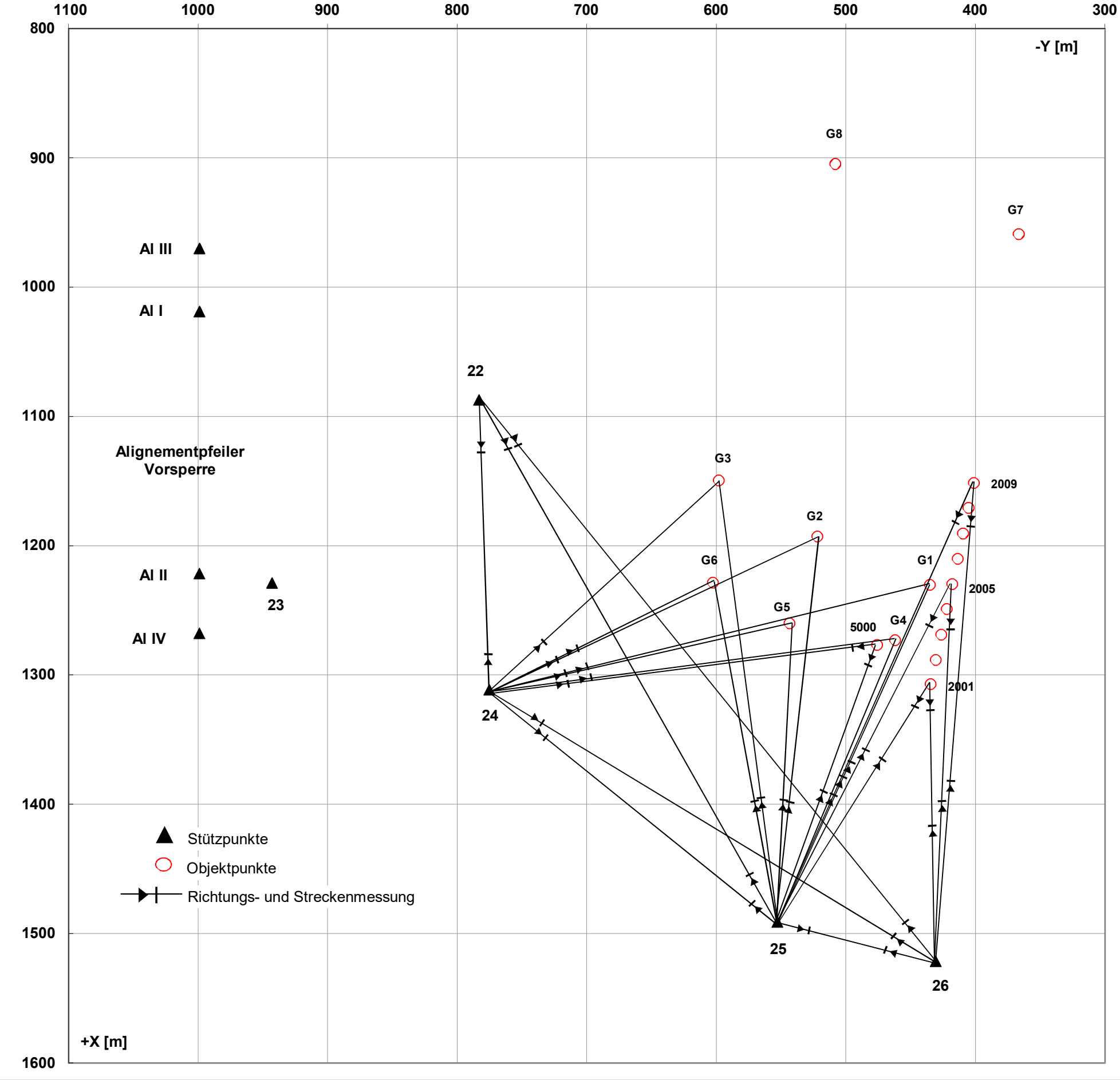
Änderung

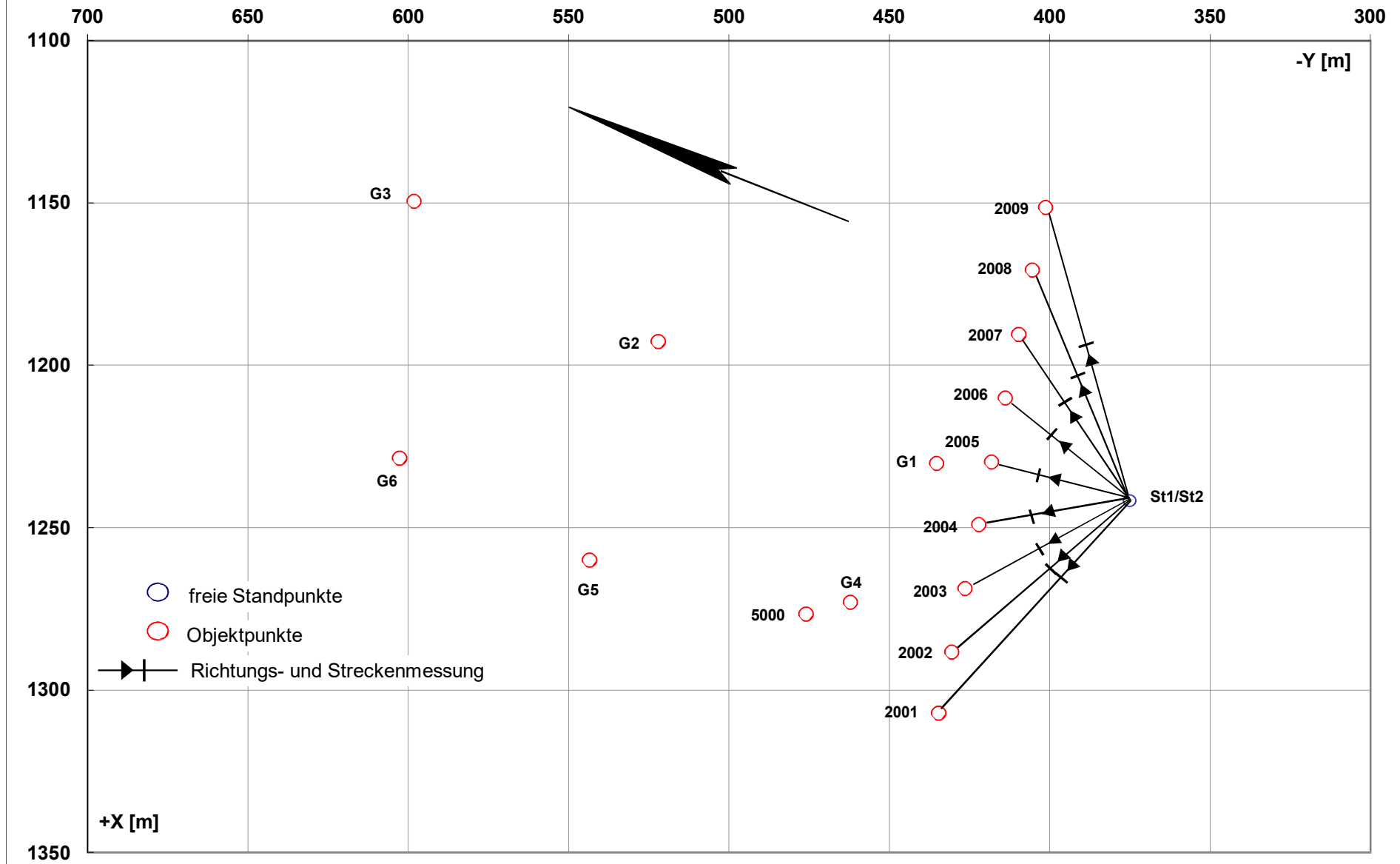
eingearbeitet:

Anpassung MV 4.2 und Anlage 8
(Ablösung Hydrostatisches Nivellement Stollen 2)

November 2020







Reduktions- und Korrekturformeln für Streckenmessung und trigonometrische Höhenmessung

1. Korrekturformel für Streckenmessung (Rohstrecke)

1.1 Meteorologische Korrektur k_n :

$$\Delta_{\text{ppm}} = 281,8 - \left[\frac{0,29065 * p}{1 + 0,00366 * t} \right]$$

(für Zeiss Elta S10)

p..... Luftdruck in hPa (Mittel aus Stand- und Zielpunkt)

t..... Lufttemperatur in °C (Mittel aus Stand- und Zielpunkt)

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

SD....gemessene Schrägstrecke (Mittel aus 3 Messungen)

1.2 Kalibrierkorrekturen

k_o Nullpunktkorrektur

k_f Frequenzkorrektur

Korrigierte Schrägstrecke

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

2. Streckenreduktion auf Bezugshorizont

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

HD..... gesuchte Horizontalstrecke

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

V Zenitwinkel (Mittel bei 3 Sätzen)

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

H_B Höhe des Bezugshorizonts, $H_B = 545,20 \text{ m ü. NN}$

H_S Standpunkthöhe (Kippachshöhe)

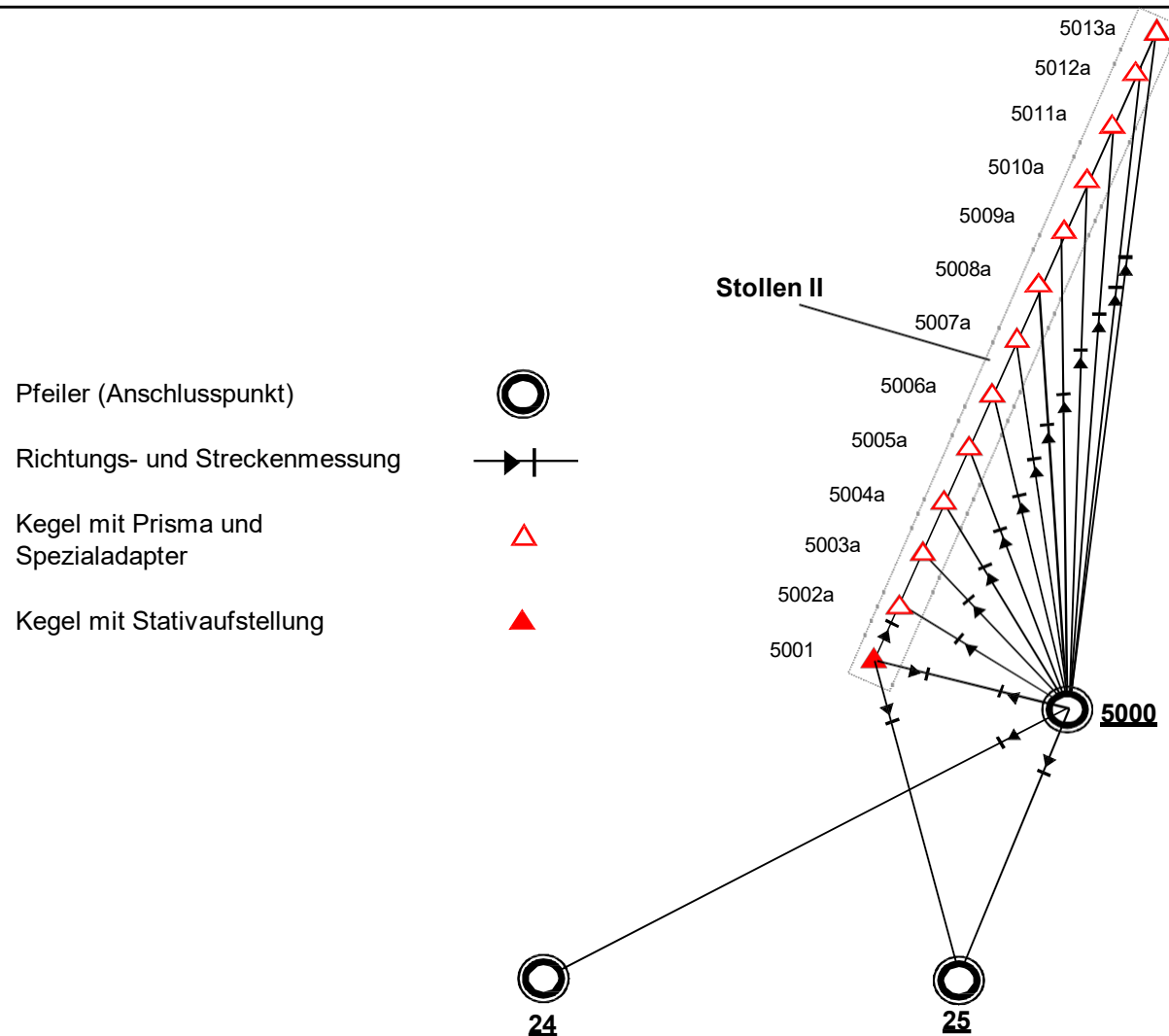
k Refraktionskoeffizient ($k=0,13$ Literaturwert)

In (1) beinhaltet der erste Term die Reduktion auf die Horizontale, der zweite Term die Reduktion auf die Bezugshöhe, der dritte die Erdkrümmungs- und Refraktionskorrektur.

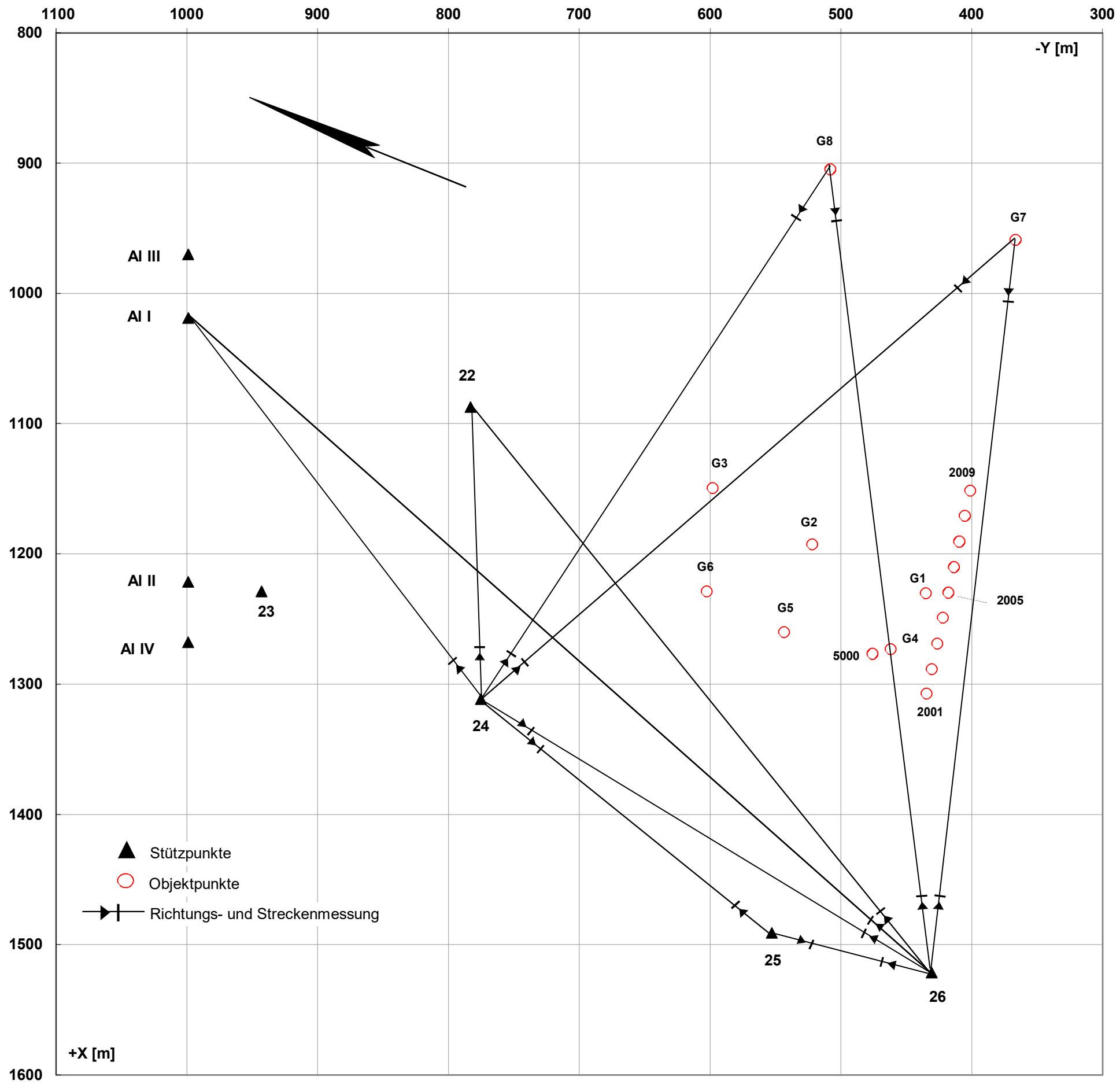
3. Berechnung des Höhenunterschiedes

$$dh = SD_{\text{red}} * \cos V + \frac{1-k}{2R} * \sin^2 V * SD_{\text{red}}^2 + i - z \quad (2)$$

dh.....	gesuchte Höhenunterschied (einseitig bestimmt) zwischen Stand- und Zielpunkt auf Dreifußniveau
SD _{red}	gemessene Schrägstrecke (meteorologische und Kalibrierkorrektion angebracht)
V	Zenitwinkel (Mittel bei 3 Sätzen)
R	Erdradius, R = 6380 km
k	Refraktionskoeffizient (k=0,13 Literaturwert)
i	Tachymeterkippachshöhe über Oberkante Dreifußbuchse
z	Reflektorkippachshöhe über Oberkante Dreifußbuchse

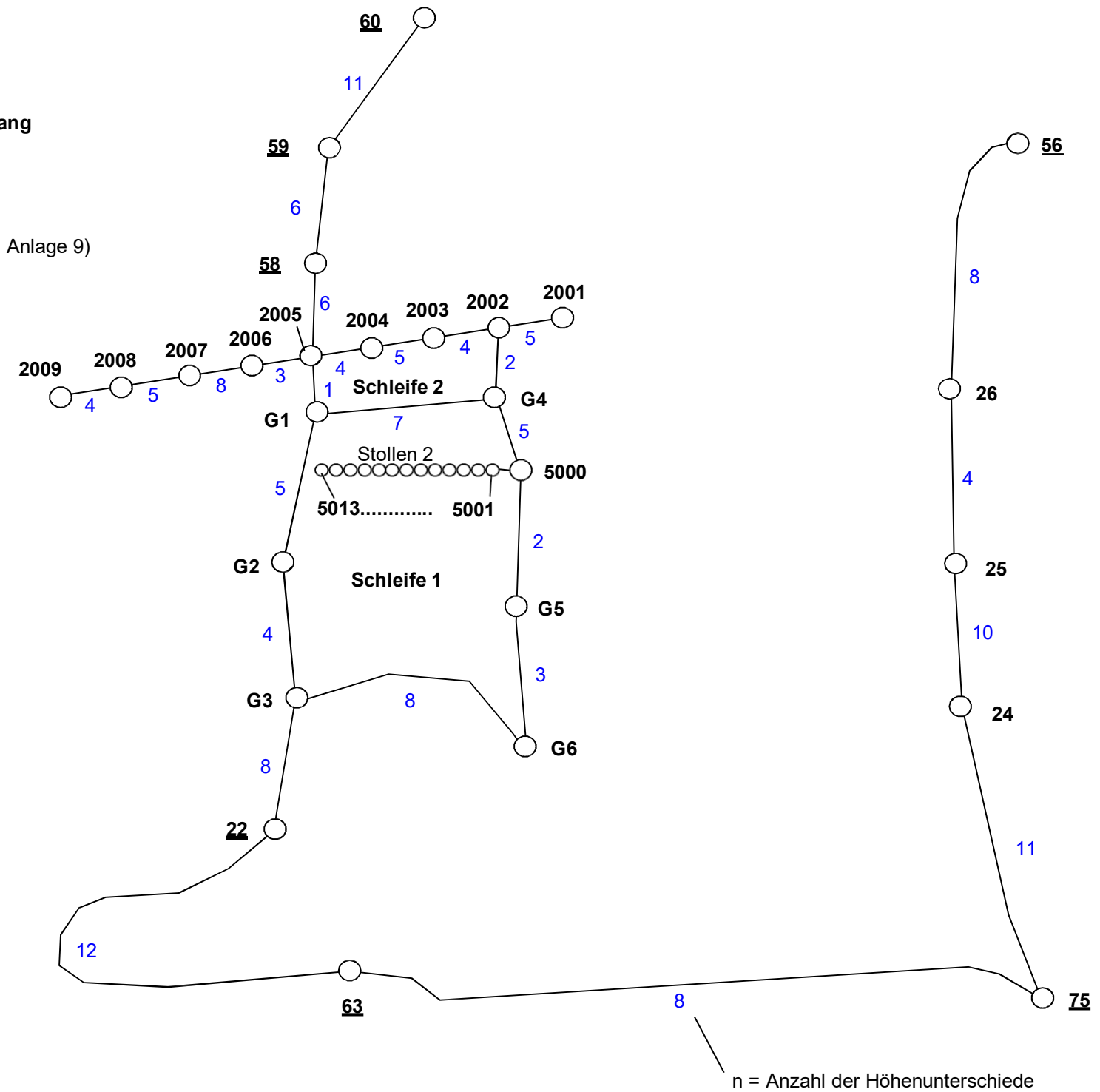
Polare Lagemessung der Stollenpunkte 5001-5013 MV 3.3

Trigonometrische Lagemessung am oberen Hang MV 3.4



Nivellementslinien

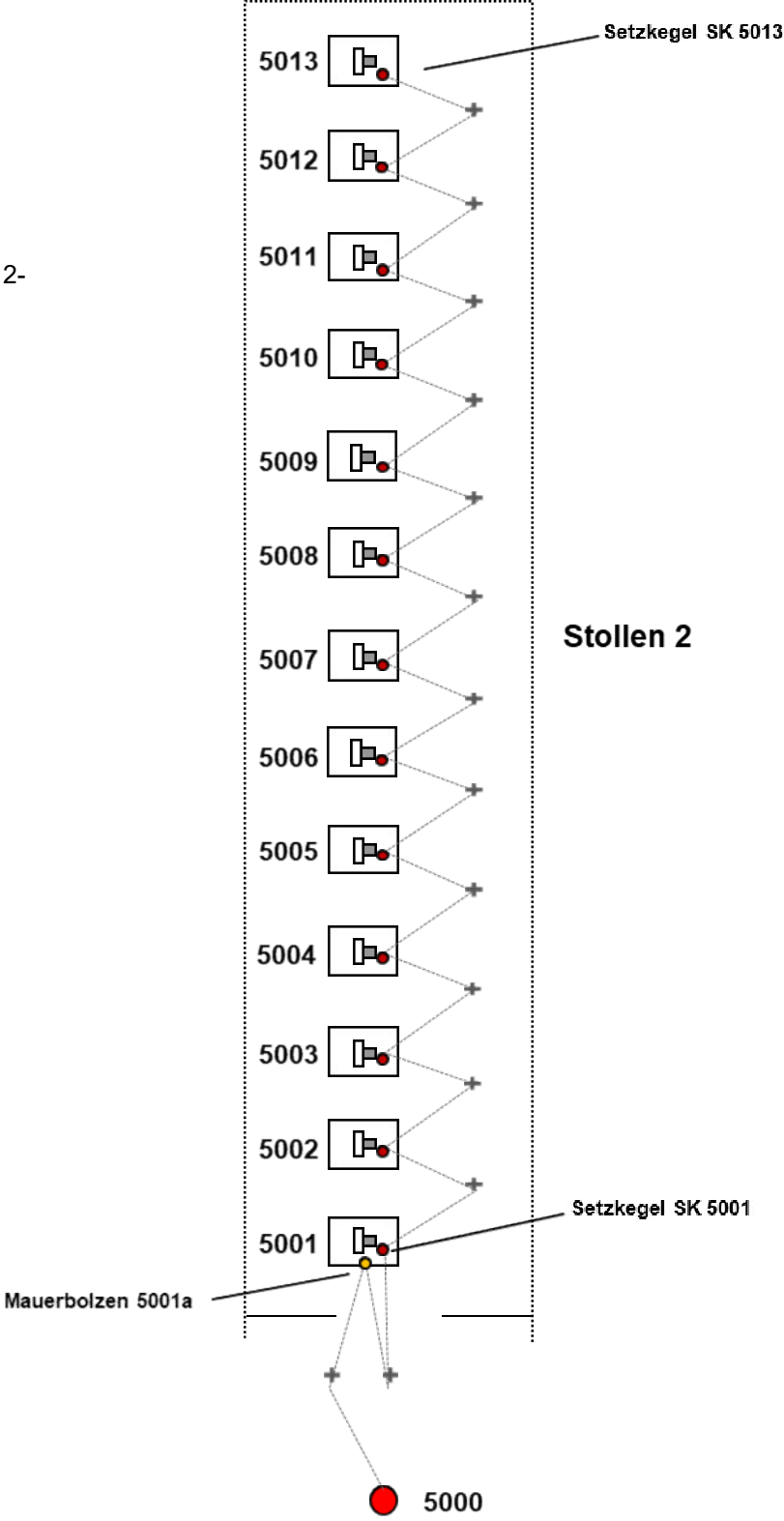
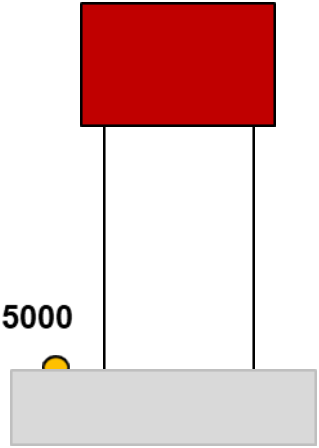
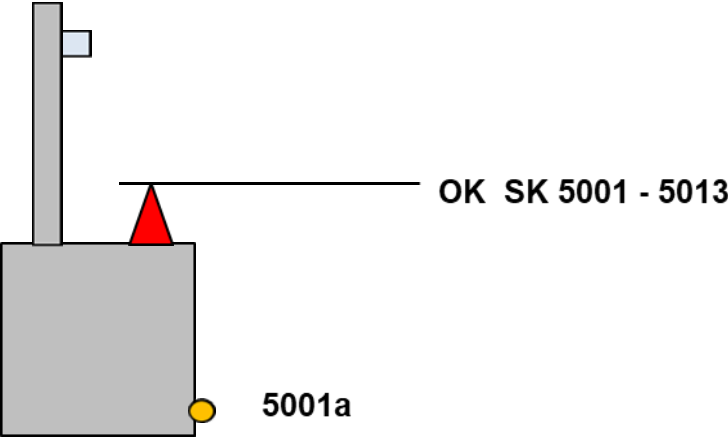
MV-Nr.	Messverfahren
MV 4.1	Geometrische Höhenmessung der Einzel- und Profilpunkte am unteren Hang (einschließlich Messpfeiler Gegenhang)
	<p>Linie 1 : 75-24-25-26-56 (bis 55 nur bei Erfordernis)</p> <p>Linie 2 : 75-63-22-G3-G2-G1-2005-58-59-60 (bis 76 und 62 nur bei Erfordernis, Anlage 9)</p> <p>Linie 3 : 2005-2004-2003-2002-2001</p> <p>Linie 4 : G1-G4</p> <p>Linie 5 : G3-G6-G5-5000-G4-2002</p> <p>Linie 6 : 2005-2006-2007-2008-2009</p>
MV 4.2	Hydrostatische Höhenmessung der Stollenpunkte 5001-5013
	<p>Anschluss: 5000(S2)-5001</p> <p>Darstellung der Punkte und Schleifen in Anlage 8</p>



ohne Maßstab

Nivellementsschleifen

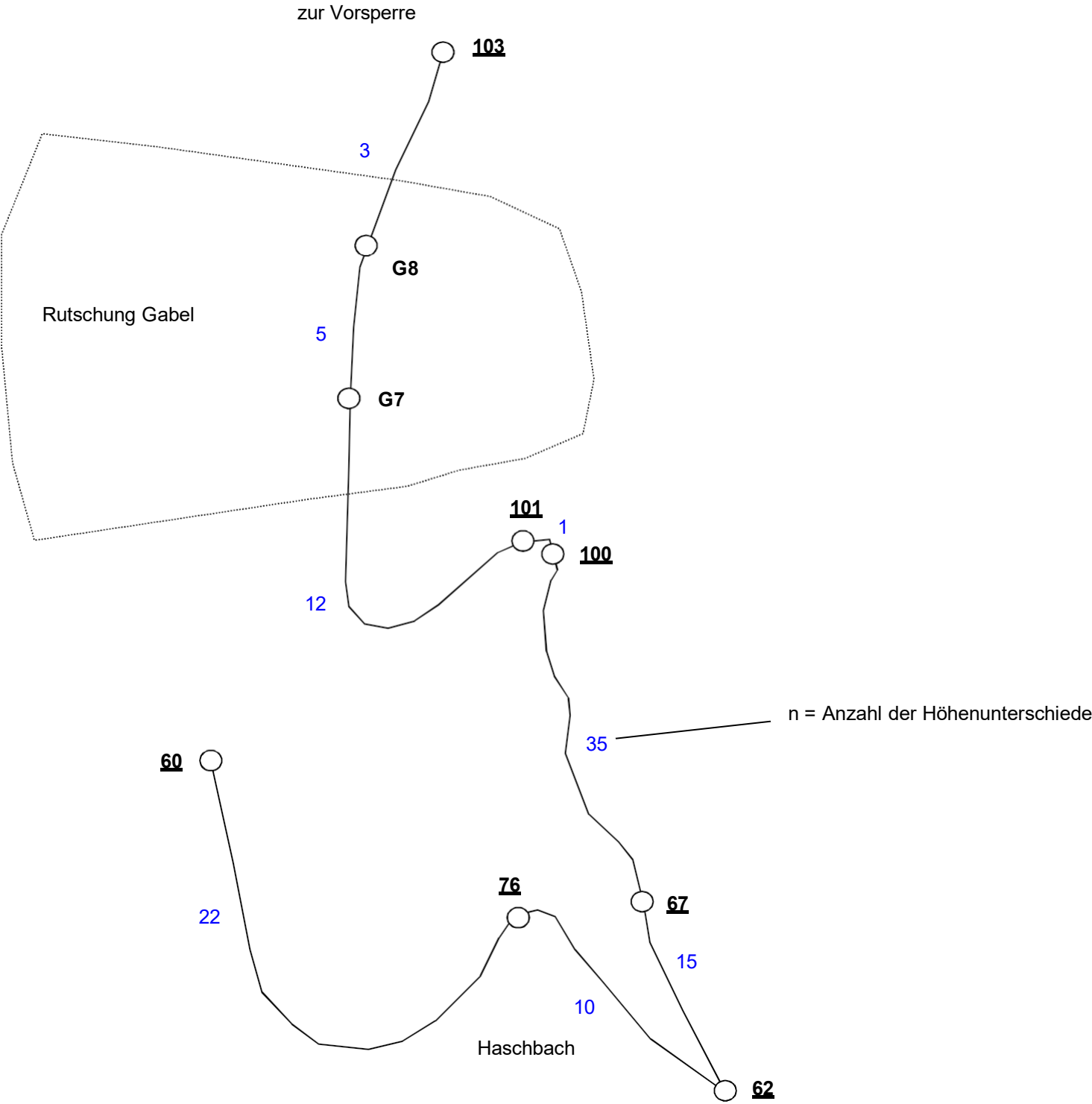
MV Nr.	Messverfahren
MV 4.2	Geometrisches Nivellement der Stollenpunkte SK 5001 bis 5013 (Setzkegelspitze) ab 2020, nach Einstellung Schlauchwaagemessung Linie 1: 5000 (S2- 5001a-5001-5002-5003-5004-5005-5006-5007-5008-5009-5010-5011-5012-5013



Geometrische Höhenmessung

Nivellementslinie

MV Nr.	Messverfahren
MV 4.3	Geometrische Höhenmessung der Einzelpunkte am oberen Hang
	Linie 7: 62-67-100 (Anschlusslinie, nur bei Erfordernis)
	Linie 8: 100-101-G7-G8-103



ohne Maßstab

Polare Lagemessung der Stollenpunkte 5001-5013

Übergangskonstanten, Ergebnisse der Parallelmessung Verfahren "Invarband" und "ELTA" Epoche 10/2004

Verfahren "Invarband"			Verfahren "ELTA"			Übergangskonstanten	
Punkt-Nr.	X	Y	Punkt-Nr.	X	Y	vx	vy
	[m]	[m]		[m]	[m]		
5001	1264,3222	471,6609	5001	1264,3218	471,6609	0,4	0
5002	1257,6272	469,2633	5002a	1257,6261	469,2642	1,1	-0,9
5003	1249,8470	466,4719	5003a	1249,8454	466,4736	1,6	-1,7
5004	1241,7570	463,5520	5004a	1241,7564	463,5539	0,6	-1,9
5005	1235,2243	461,1941	5005a	1235,2232	461,2003	1,1	-6,2
5006	1230,3390	459,4237	5006a	1230,3386	459,4244	0,4	-0,7
5007	1224,2119	457,2581	5007a	1224,2117	457,2587	0,2	-0,6
5008	1216,7136	454,5576	5008a	1216,7134	454,5580	0,2	-0,4
5009	1209,3331	451,9120	5009a	1209,3326	451,9129	0,5	-0,9
5010	1201,5125	449,1029	5010a	1201,5124	449,1029	0,1	0
5011	1194,3246	446,5215	5011a	1194,3241	446,5222	0,5	-0,7
5012	1186,7923	443,8394	5012a	1186,7914	443,8402	0,9	-0,8
5013	1184,0493	442,8465	5013a	1184,0488	442,8467	0,5	-0,2