
**GNSS bei Detailpunktaufnahmen
Anwendung der Richtlinie der KKVA vom 3.6.2009
„Einsatz von GNSS bei der Bestimmung von
Detailpunkten* in der amtlichen Vermessung“**

*Detailpunkte = Grenz- und Situationspunkte

Reg. Nr. 18
Zürich, 20.04.2010



**Baudirektion
Kanton Zürich**
Amt für Raumordnung und
Vermessung

1. INHALT DER RICHTLINIE	3
2. AUFNAHME VON PUNKTEN	3
3. ABSTECKUNG VON PUNKTEN	3
4. GNSS MESSVERFAHREN	3
5. KONTROLLMESSUNG AUF „BEKANNTEM PUNKT“	3
6. KONTROLLPUNKTE	3
7. ANWENDUNG IM BAUGEBIET TS2	4
8. SPANNUNGSARME GEBIETE	4
9. ANWENDUNG AUSSERHALB DES BAUGEBIETES TS3/4	4
10. TRANSFORMATION	4
11. DOPPELAUFNAHMEN MIT GNSS	4
12. KONTROLLE TACHYM. BEST. KOORDINATEN MIT GNSS-MESSUNGEN	4
13. TOLERANZEN	5
14. DOKUMENTATION	5
SCHEMATISCHE DARSTELLUNG	6
Anwendung im Baugebiet TS2	6
SCHEMATISCHE DARSTELLUNG	7
Anwendung ausserhalb des Baugebietes TS3/4	7
PRAKTISCHES BEISPIEL	8
Anwendung im Baugebiet TS2	8
1. Kontrollmessung auf „bekanntem Punkt“	8
2. Lokal Einpassen (im Baugebiet Normalfall)	8
3. Detailpunkte	10

1. Inhalt der Richtlinie

Die Richtlinie regelt, unter welchen Voraussetzungen auf eine lokale Einpassung verzichtet werden kann und welche Toleranzen bei der Anwendung von GNSS eingehalten werden müssen.

2. Aufnahme von Punkten

Werden nur Aufnahmen durchgeführt, kann die Beurteilung der Messungen auf die Kontrollpunkte und eine allfällige lokale Einpassung nachträglich im Büro ausgeführt werden. Es bleibt zu beachten, dass mit dem richtigen Messdienst gearbeitet wird (vorgängige Kontrollmessung auf „bekanntem Punkt“) und genügend Kontrollpunkte (auch während und am Schluss der Arbeiten) bestimmt werden.

3. Absteckung von Punkten

Werden Punkte abgesteckt, muss die Beurteilung der Messungen auf die Kontrollpunkte und eine allfällige lokale Einpassung vorgängig, in der Regel also direkt im Feld ausgeführt werden. Dies bedingt, dass die Arbeiten durch einen qualifizierten Operateur ausgeführt oder durch klare und eindeutige Anleitungen geregelt werden.

4. GNSS Messverfahren

Nur wenn mit einem der folgenden Messverfahren gearbeitet wird, dürfen mit GNSS bestimmte Koordinaten ohne lokale Einpassung verwendet werden:

-**swipos-Dienst RTK-VRS**, Referenzrahmen LV03/LN02 (Kap. 2.2 KKVA-Richtlinie vom 3.6.2009)

-**refnet, RTK-LRS** permanent (Dachstationen) mit LSKS/SGF (Problemzone im Gebiet Rafzerfeld beachten, Kap. 4.2 KKVA-Richtlinie vom 3.6.2009)

5. Kontrollmessung auf „bekanntem Punkt“

Wenn ein Empfänger neu konfiguriert wurde oder das Gerät durch andere Anwender verwendet worden ist, sollten die Einstellungen vor Beginn der eigentlichen Messung durch eine Kontrollmessung auf einem „bekanntem Punkt“ überprüft werden.

Bei einem „bekanntem Punkt“ sind die Koordinaten im Bezugsrahmen LV95 bestimmt und mit der offiziellen Dreiecksvermaschung CHENyx06 in den Bezugsrahmen LV03 transformiert worden. Idealerweise wird ein Transformationsstützpunkt (TSP1 oder TSP2) verwendet. Der Anwender kann aber auch selbst solche Punkte bestimmen.

Bei korrekter Anwendung werden die Koordinaten innerhalb der Messgenauigkeit übereinstimmen. Das heisst, dass eine Differenz bis 1.5 cm absolut akzeptabel ist. Eine Differenz von 2 cm wird schon eher die Ausnahme sein, mehr als 3.5 cm ist inakzeptabel. Es muss ein Fehler vorliegen.

6. Kontrollpunkte

Die LFP (1/2/3) bilden den offiziellen Bezugsrahmen der amtlichen Vermessung. Im Kanton Zürich sind als Kontrollpunkte ausschliesslich LFP (1/2/3) zu verwenden. Das gilt (vor allem) auch dann, wenn zwischen den LFP und den Grenzpunkten Spannungen bestehen.

Es werden immer mindestens 3 Kontrollpunkte gemessen, auch in spannungsarmen Gebieten und unabhängig davon ob lokal eingepasst wird oder nicht.

Wenn eine lokale Einpassung gerechnet wird, werden aus den Kontrollpunkten Anschlusspunkte.

7. Anwendung im Baugebiet TS2

Im Baugebiet (TS2) wird grundsätzlich lokal eingepasst, auch dann, wenn die Toleranzen für die Restklaffen auf die Kontrollpunkte ohne lokale Einpassung eingehalten würden. Die Sicherstellung des Nachbarschaftsprinzips hat höhere Priorität.

Erst wenn nachgewiesen wird, dass ein Gebiet spannungsarm ist, kann unter Einhaltung der Toleranzen in vorliegender Richtlinie auf eine lokale Einpassung verzichtet werden.

8. Spannungsarme Gebiete

Durch Kontrollmessungen oder auf Grund vorhandener Messungen kann der Nachweis erbracht werden, dass über ein Gebiet keine lokale Einpassung mehr notwendig ist (=spannungsarmes Gebiet). Der Nachweis umfasst in der Regel mindestens das ganze Baugebiet einer Gemeinde und muss durch das ARV genehmigt werden.

Auch in spannungsarmen Gebieten müssen immer Kontrollpunkte gemessen und die Restklaffen beurteilt werden. Bei Einhaltung der Toleranz ist keine zusätzliche Prüfung der Restklaffen auf systematische Anteile notwendig.

9. Anwendung ausserhalb des Baugebietes TS3/4

Ausserhalb des Baugebietes (TS3/4) wird auf eine lokale Einpassung verzichtet, wenn die Toleranzen gemäss Kap. 13 (Fs auf die Kontrollpunkte < 7 cm) eingehalten werden. Eine zusätzliche Prüfung auf systematische Anteile der Restklaffen ist nicht nötig.

10. Transformation

Die lokale Einpassung erfolgt mit einer einfachen Transformation (2 Translationen dx/dy).

Wenn die Software im Empfänger keine andere Berechnungsmethode zulässt, ist auch die Verwendung einer Helmerttransformation mit 4 Parametern (2 Translationen dx/dy , Rotation und Massstab) zugelassen.

11. Doppelaufnahmen mit GNSS

Die 2. Messung kann unmittelbar folgend auf die 1. Messung mit denselben Einstellungen, also ohne neue lokale Einpassung, ausgeführt werden. Wichtig ist, dass zwischen den beiden Aufnahmen eines Punktes ein Zeitunterschied von mindestens 30 Minuten eingehalten wird.

Bei länger dauernden Arbeiten wird empfohlen, zwischendurch und vor allem am Arbeitsende Kontrollpunkte zu bestimmen. Damit wird sicher gestellt und dokumentiert, dass während der Bearbeitung keine Manipulationsfehler erfolgten.

Nach längeren Unterbrüchen (Tage) muss eine neue Kontrollmessung und sofern erforderlich eine neue lokale Einpassung ausgeführt werden.

12. Kontrolle tachymetrisch bestimmter Koordinaten mit GNSS-Messungen

Die tachymetrischen Messungen sind wesentlich genauer. Die GNSS-Koordinaten dienen nur der Kontrolle und werden deshalb *nicht* mit den tachymetrischen Messresultaten gemittelt. Sofern die Koordinatendifferenzen den geforderten 2-fachen mittleren Fehler gemäss TVAV (Liegenschaften TS2 7 cm, TS3 14 cm, TS4 30 cm) nicht überschreiten, werden die tachymetrisch bestimmten Koordinatenwerte unverändert übernommen und als zuverlässig eingestuft.

13. Toleranzen

Die Toleranzen für die Einpassung sind unabhängig vom Verwendungszweck und ergeben sich alleine aus der Messgenauigkeit von GNSS und der Genauigkeit der Kontrollpunkte. Bei korrekter Konfiguration des Empfängers sollten diese Werte immer eingehalten werden können.

Nr.	Anwendung	Toleranzen Fs	
		TS2	TS3/4
1	Kontrollmessung auf „bekanntem Punkt“ Unabhängig von den Genauigkeitsanforderungen	Fs < 3.5 cm oder dy/dx < 2.5 cm	
2	Lokale Einpassung mit Transformation Restklaffen auf Kontrollpunkte (GNSSTransformiert - AV)	Fs < 7.0 cm ¹⁾ oder dy/dx < 5.0	Fs < 14.0 cm ¹⁾ oder dy/dx < 10.0
3	Keine lokale Einpassung Fs auf Kontrollpunkte(Messresultate GNSS - AV)	Fs < 3.5 cm oder dy/dx < 2.5	Fs < 7.0 cm oder dy/dx < 5.0
4	Doppelaufnahmen mit GNSS: (Messung 1 - Messung 2)	Fs < 7.0 cm oder dy/dx < 5.0 cm	
5	Kontrollmessung tachymetrisch bestimmter Grenzzeichen (Fs GNSS – AV, 2σ)	Fs < 7.0 cm oder dy/dx < 5.0	Fs < 14.0 cm oder dy/dx < 10.0

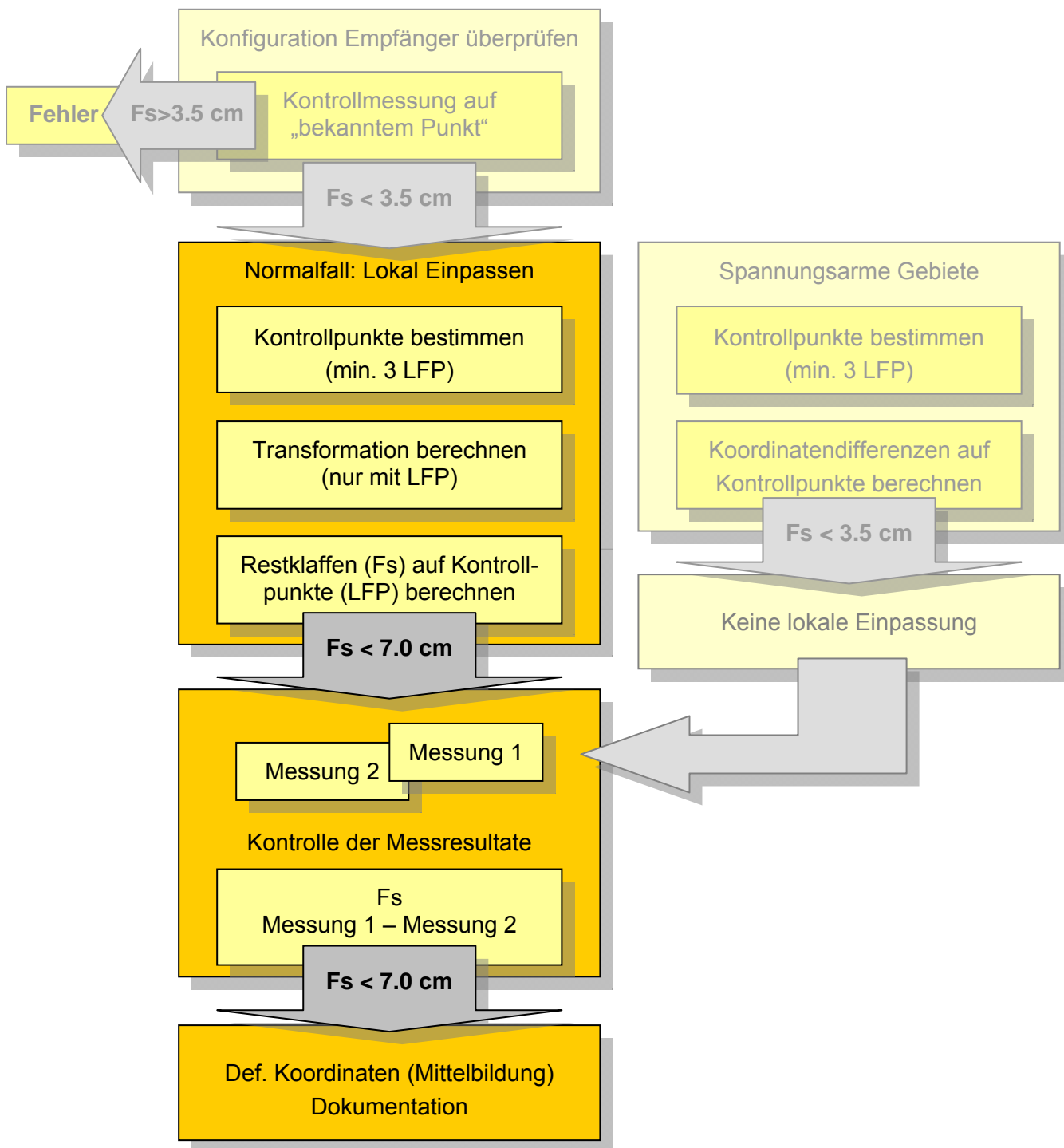
- 1) Diese Werte sind sehr hoch. Bereits bei einem Fs über 5 cm liegt vermutlich ein Messfehler oder ein Koordinatenfehler an einem Kontrollpunkt vor.

Können die Toleranzen für die Restklaffen auf die Kontrollpunkte (2 und 3) nicht eingehalten werden, sind zusätzliche Messungen notwendig. Erst auf Grund einer Analyse der Resultate kann entschieden werden, wie die weitere Bearbeitung erfolgen soll.

14. Dokumentation

- Checkliste oder Arbeitsanweisung mit Protokoll pro Messdurchgang.
- Dokumentation der Messungen auf die Kontrollpunkte durch Liste (z.B. Excel-Tabelle) mit Punktnummer, Koordinaten der einzelnen Aufnahmen.
- Dokumentation der lokalen Einpassung (Kontroll- bzw. Anschlusspunkte mit Koordinaten, Messungen, Transformationsparameter und Restklaffen).
- Darstellung des Aktionsfeldes mit den Kontrollpunkten und allen gemessenen Punkten (Plot der Netzgeometrie oder Situationsplan mit eingezeichneten Punkten).
- Dokumentation der Detailpunktaufnahmen durch Liste (z.B. Excel-Tabelle) mit Punktnummer, Koordinaten der einzelnen Punktaufnahmen, Mittel der Koordinaten, Lagedifferenzen Fs (cm) der Doppelaufnahmen, Statistik/Standardabweichung der Fs.
- Separate Statistik der Differenzen bei Punktkontrolle durch Kontrollmassvergleich (gerechnetes - gemessenes Kontrollmass in cm).

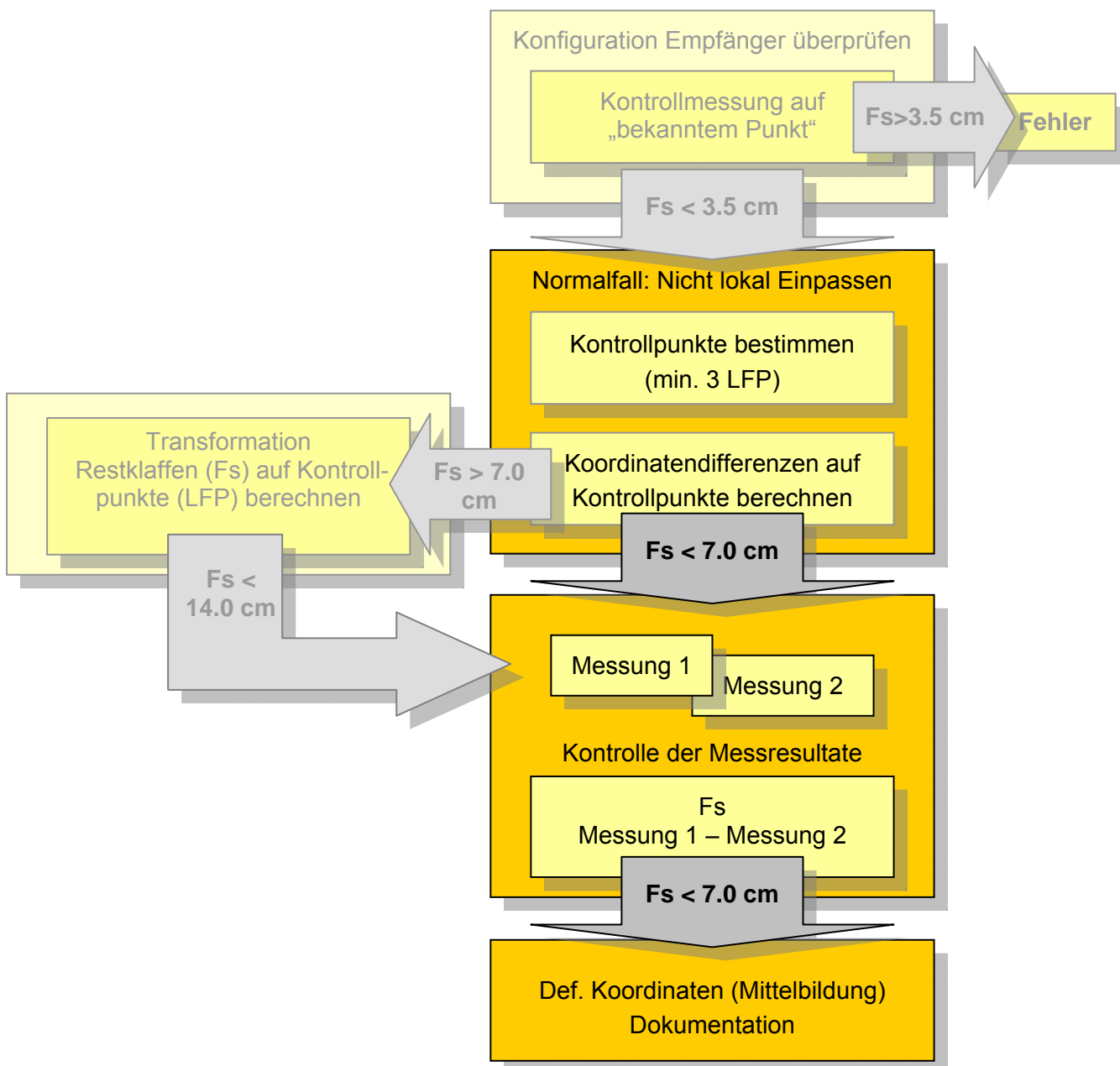
Schematische Darstellung Anwendung im Baugebiet TS2



Massnahmen, wenn die Toleranzen für Restklaffen auf die Kontrollpunkte überschritten werden:

1. Messungen überprüfen (Zweitmessung, die Koordinaten wurden ja nur einmal bestimmt).
2. Kontrollpunkte überprüfen (Punktverwechslung oder falsche Koordinaten).
3. Zusätzliche Kontrollpunkte messen, F_s beurteilen.

Schematische Darstellung Anwendung ausserhalb des Baugebietes TS3/4



Massnahmen, wenn die Toleranzen für Restklaffen auf die Kontrollpunkte überschritten werden:

1. Messungen überprüfen (Zweitmessung, die Koordinaten wurden ja nur einmal bestimmt).
2. Kontrollpunkte überprüfen (Punktverwechslung oder falsche Koordinaten).
3. Zusätzliche Kontrollpunkte messen, Fs beurteilen.

Praktisches Beispiel

Anwendung im Baugebiet TS2

Hinweis: Die Berechnung der Höhen wird normalerweise nicht ausgeführt, wird hier aber der Vollständigkeit halber auch aufgezeigt. Für die Lagerung werden keine Toleranzen angegeben.

1. Kontrollmessung auf „bekanntem Punkt“

Immer wenn das Gerät von einer anderen Messequipe übernommen und/oder die Einstellungen verändert wurden.

Pkt. Nr.	GNSS Messresultat		
	y	x	h
TSP10513310	679'694.687	269'291.028	490.138

LFP2/TSP2

Pkt. Nr.	Transformationsstützpunkt (TSP)		
	y	x	h
TSP10513310	679'694.680	269'291.040	490.100

Pkt. Nr.	Differenz: AV - GNSS		
	dy	dx	dh
TSP10513310	-0.007	0.012	-0.038

Fs
0.014

Beurteilung: $F_s < 3.5$ cm
(oder $dy/dx < 2.5$ cm)
Die Toleranz wird eingehalten

2. Lokal Einpassen (im Baugebiet Normalfall)

2.1 Kontrollpunkte bestimmen

Pkt. Nr.	GNSS Messresultate		
	y	x	h
1001	681'846.768	269'437.894	388.065
1002	681'702.337	269'536.549	384.918
1003	681'643.975	269'388.305	385.620

LFP3
LFP3
LFP3

Pkt. Nr.	LFP Koordinaten aus der AV		
	y	x	h
1001	681'846.810	269'437.890	387.998
1002	681'702.330	269'536.530	384.890
1003	681'644.009	269'388.264	385.605

2.2 Transformation berechnen, 2 Translationen dy und dx (bei Bedarf auch dh)

Pkt. Nr.	Differenz: AV - Gemessen		
	dy	dx	dh
1001	0.042	-0.004	-0.067
1002	-0.007	-0.019	-0.028
1003	0.034	-0.041	-0.015

Translation	0.023	-0.021	-0.037
--------------------	--------------	---------------	---------------

(=Mittelwert $dy/dx/dh$)

2.3 Transformation der Messungen

Pkt. Nr.	GNSS Messresultate Messmodus: swipos LV03/LN02		
	y	x	h
1001	681'846.768	269'437.894	388.065
1002	681'702.337	269'536.549	384.918
1003	681'643.975	269'388.305	385.620

Translation 0.023 -0.021 -0.037

Pkt. Nr.	Transformierte Koordinaten		
	y (+0.023)	x (-0.021)	h (-0.037)
1001	681'846.791	269'437.873	388.028
1002	681'702.360	269'536.528	384.881
1003	681'643.998	269'388.284	385.583

2.4 Einpassung kontrollieren

Restklaffen auf Kontrollpunkte berechnen

Pkt. Nr.	Transformierte Koordinaten		
	y (+0.023)	x (-0.021)	h (-0.037)
1001	681'846.791	269'437.873	388.028
1002	681'702.360	269'536.528	384.881
1003	681'643.998	269'388.284	385.583

Pkt. Nr.	LFP Koordinaten aus AV		
	y	x	h
1001	681'846.810	269'437.890	387.998
1002	681'702.330	269'536.530	384.890
1003	681'644.009	269'388.264	385.605

Pkt. Nr.	Restklaffen			Fs
	dy	dx	dh	
1001	0.019	0.017	-0.030	0.025
1002	-0.030	0.002	0.009	0.030
1003	0.011	-0.020	0.022	0.023

Vergleich mit Toleranzen

Toleranzen für die Restklaffen auf die Kontrollpunkte gem Tabelle Kap. 13:

TS 2: $F_s < 7.0 \text{ cm}$ oder $dy/dx < 5.0 \text{ cm}$

Alle F_s sind kleiner als 7 cm.

Oder: Alle dy/dx sind kleiner als 5 cm. Die Berechnung der F_s wäre in diesem Beispiel nicht notwendig.

Die Toleranzen werden eingehalten.

3. Detailpunkte bestimmen

3.1 Messungen auf Detailpunkten ausführen, Kontrolle der Messresultate

Pkt. Nr.	Messung 1 (transf. Koordinaten)			Messung 2 (transf. Koordinaten)			Koordinatendifferenzen			Fs
	y (+0.023)	x (-0.021)	h (-0.037)	y (+0.023)	x (-0.021)	h (-0.037)	dy	dx	dh	
5	681'727.795	269'457.794	387.087	681'727.813	269'457.803	387.105	0.018	0.009	0.018	0.020
6	681'731.961	269'463.819	387.005	681'731.975	269'463.819	387.013	0.014	0.000	0.008	0.014
7	681'735.306	269'464.309	386.880	681'735.327	269'464.305	386.891	0.021	-0.004	0.011	0.021
8	681'727.302	269'470.971	386.908	681'727.289	269'470.923	386.948	-0.013	-0.048	0.040	0.050
9	681'724.071	269'474.590	386.756	681'724.070	269'474.559	386.799	-0.001	-0.031	0.043	0.031
10	681'717.891	269'470.225	386.848	681'717.895	269'470.238	386.820	0.004	0.013	-0.028	0.014
11	681'720.404	269'459.004	387.117	681'720.418	269'459.017	387.147	0.014	0.013	0.030	0.019

Messung 1 ⇒ Min. 30 Minuten Zeitunterschied ⇒ Messung 2

51	681'648.892	269'389.730	385.745			
52	681'647.248	269'395.501	385.928			
81				681'723.232	269'412.965	387.325
82				681'727.956	269'415.956	387.445
83				681'729.509	269'422.004	387.520

Beurteilung der Koordinatendifferenzen:

Alle Fs sind kleiner als 7 cm (TS2) oder alle dy/dx sind kleiner als 5 cm.
Die Toleranzen werden eingehalten.

3.2 Definitive Koordinaten berechnen (Mittelbildung bei Doppelaufnahmen)

Pkt. Nr.	Messung 1 (transf. Koordinaten)			Messung 2 (transf. Koordinaten)			Arithmetisches Mittel = def. Resultat		
	y (+0.023)	x (-0.021)	h (-0.037)	y (+0.023)	x (-0.021)	h (-0.037)	y _{Mittel}	x _{Mittel}	h _{Mittel}
5	681'727.795	269'457.794	387.087	681'727.813	269'457.803	387.105	681'727.804	269'457.799	387.096
6	681'731.961	269'463.819	387.005	681'731.975	269'463.819	387.013	681'731.968	269'463.819	387.009
7	681'735.306	269'464.309	386.880	681'735.327	269'464.305	386.891	681'735.317	269'464.307	386.886
8	681'727.302	269'470.971	386.908	681'727.289	269'470.923	386.948	681'727.296	269'470.947	386.928
9	681'724.071	269'474.590	386.756	681'724.070	269'474.559	386.799	681'724.071	269'474.575	386.778
10	681'717.891	269'470.225	386.848	681'717.895	269'470.238	386.820	681'717.893	269'470.232	386.834
11	681'720.404	269'459.004	387.117	681'720.418	269'459.017	387.147	681'720.411	269'459.011	387.132

51	681'648.892	269'389.730	385.745
52	681'647.248	269'395.501	385.928

Einfachmessung = Kontrollmessung		
681'648.892	269'389.730	385.745
681'647.248	269'395.501	385.928

81	681'723.232	269'412.965	387.325
82	681'727.956	269'415.956	387.445
83	681'729.509	269'422.004	387.520

Einfachmessung = def. Resultat		
681'723.232	269'412.965	387.325
681'727.956	269'415.956	387.445
681'729.509	269'422.004	387.520

- Pkt. Nr. 5 bis 11: Doppelaufnahmen (Grenzpunkte)
 Pkt. Nr. 51 und 52: Kontrollmessungen auf tachymetrisch bestimmte Grenzpunkte
 Pkt. Nr. 81 bis 83: Einfache, unkontrollierte Aufnahmen (Situationspunkte)

3.3 Kontrollmessungen auf tachymetrisch bestimmte Punkte

Pkt.	GNSS - Kontrollmessung		Tachym. Koordinaten		Differenzen			TS2 Fs < 0.070	Definitive Koordinaten	
	y	x	y	x	dy	dx	Fs		y	x
51	681'648.892	269'389.730	681'648.845	269'389.768	0.047	-0.038	0.060	JA	681'648.845	269'389.768
52	681'647.248	269'395.501	681'647.187	269'395.623	0.061	-0.122	0.136	NEIN	Nachmessen	