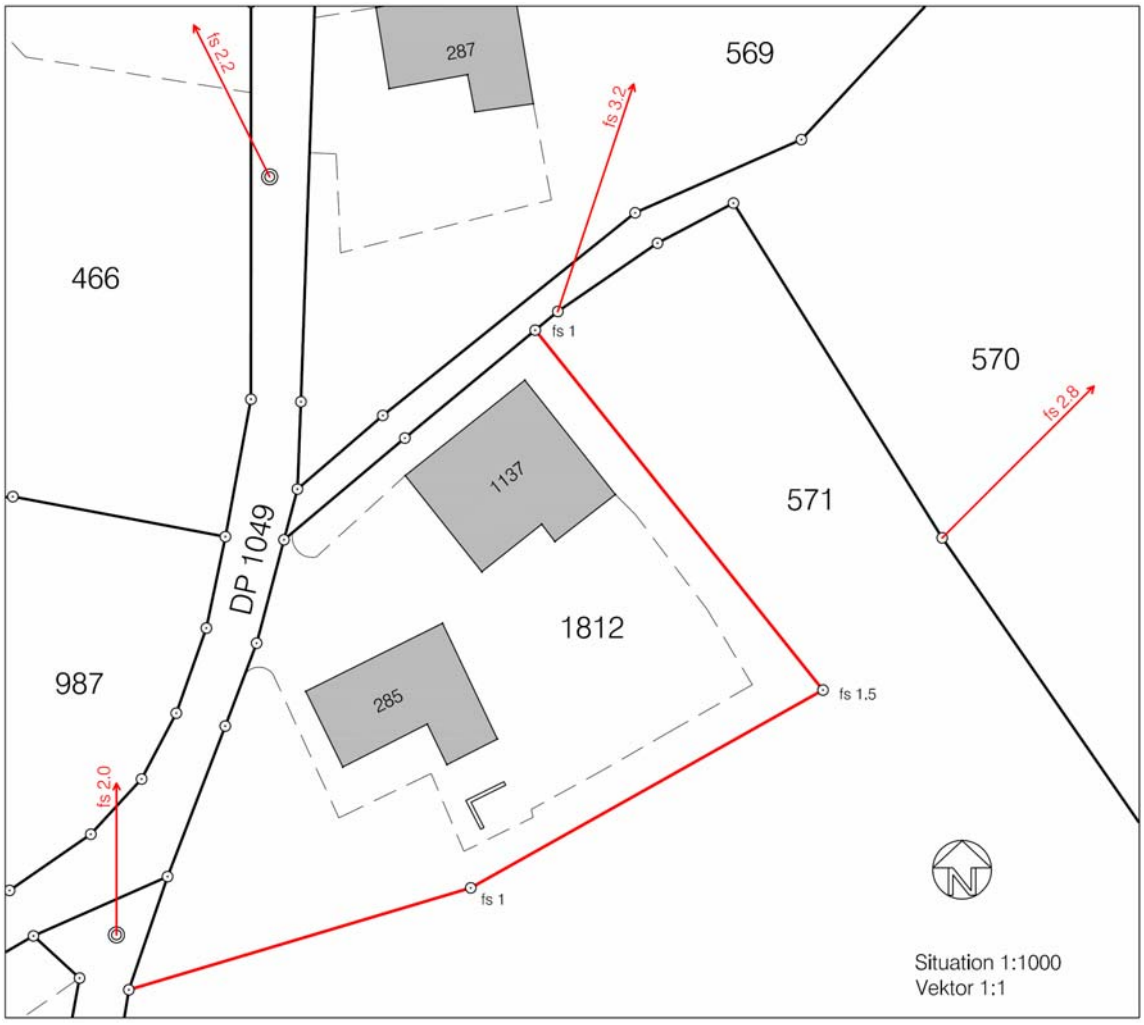
KKVA
CSCC
CSCC
CSCM

KONFERENZ DER KANTONALEN VERMESSUNGSÄMTER
CONFERENCE DES SERVICES CANTONAUX DU CADASTRE
CONFERENZA DEI SERVIZI CANTONALI DEL CATASTO
CONFERENZA DALS SERVETSCHS CHANTUNALS DA MESIRAZIUN

R I C H T L I N I E

Einsatz von GNSS bei der Bestimmung von Detailpunkten in der amtlichen Vermessung



Datum: 3.06.2009

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 3
1.1 Allgemeines ... 3
1.2 Anwendungsbereich ... 4
1.3 Glossar ... 5
2 Messverfahren ... 7
2.1 RTK mit lokaler Referenzstation (RTK-LRS) ... 7
2.1.1 Messmodus RTK-LRS «temporär» ... 7
2.1.2 Messmodus RTK-LRS «permanent» ... 8
2.1.3 Anforderungen ... 9
2.2 RTK mit virtueller Referenzstation (VRS) ... 9
2.2.1 Beschreibung der Methode ... 9
2.2.2 Anwendungsfälle ... 11
3 Messungen ... 12
3.1 Netzgeometrie ... 12
3.2 Einsatztabelle ... 12
3.3 Allgemeine Regeln für den Einsatz von GNSS ... 13
4 Lokale Einpassung ... 14
4.1 Allgemeines ... 14
4.2 Empfängerspezifische Transformationen ... 15
4.3 Entscheidungskriterien ... 15
5 Nachweis der Genauigkeit und Zuverlässigkeit ... 16
5.1 Informationsebenen «Liegenschaften» und «Hoheitsgrenzen» sowie «qualifizierte Einzelpunkte» gem. Art. 8, Abs. 4 TVAV ... 16
5.2 Informationsebenen «Bodenbedeckung» und «Einzelobjekte» ... 17
6 Dokumentation ... 17
6.1 Allgemeine Dokumentation ... 17
6.2 Dokumentation pro Messdurchgang ... 17
6.3 Beispiele von GNSS-Checklisten für den Modus RTK-VRS respektive RTK-LRS ... 17
Anhang ... 20

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Die rasante Entwicklung der in der amtlichen Vermessung eingesetzten Technologien, aber auch das neue Geoinformationsgesetz (GeoIG) – insbesondere die Teilrevision der Verordnung über die amtliche Vermessung (VAV) und der technischen Verordnung des VBS über die amtliche Vermessung (TVAV) – führten nach gut sieben Jahren Anwendung in der Praxis zu einer Ergänzung bzw. Anpassung der vorliegenden Richtlinie.

In der TVAV ist das Produkt «amtliche Vermessung» verbindlich beschrieben. Der Umfang, die zu erreichende Genauigkeit und Zuverlässigkeit sowie die zu erstellenden technischen Dokumente sind dort festgelegt. Die Methode, wie diese Zielanforderungen zu erreichen sind, wird vorab den mit der Ausführung der Vermessungsarbeiten Beauftragten überlassen. Es liegt aber auch an diesen, den Nachweis zu erbringen, dass die erstellte Vermessung die verlangten Anforderungen erfüllt.

In Art. 1 der TVAV wird verlangt, dass die Vermessungsarbeiten «nach den Regeln der Kunst» durchzuführen sind. Weiter wird in der TVAV im 3. Kapitel betreffend Genauigkeit und Zuverlässigkeit festgelegt, dass für das Erreichen der Qualitätsanforderungen ein Nachweis erbracht werden muss. Beim Einsatz der einen oder anderen Messmethode (z.B. GNSS) stellt sich die Frage, was beachtet werden muss, um die definierten Anforderungen zu erfüllen.

Wird GNSS als Messmethode eingesetzt, so soll die vorliegende Richtlinie helfen, die oben erwähnte Frage zu beantworten. Wird die Richtlinie beachtet und fachkundig angewendet, so kann man davon ausgehen, dass die «Regeln der Kunst» eingehalten sind und der Nachweis für Genauigkeit und Zuverlässigkeit erbracht wird, sofern die geforderten Werte erreicht werden.

Für die Messungen in der Lage stellt LV95 den Standardbezugsrahmen dar. Die Beziehung zwischen LV95 und LV03 ist mit CHENyx06 offiziell definiert. Der Übergang von globalen Bezugssystemen wie z.B. WGS84 in den Schweizer Bezugsrahmen LV95 erfolgt mit dem 3-Parametersatz (LV95-Parameter).

Der **Gebrauchshöhen Bezugsrahmen LN02** hingegen wird durch alle Höhenfixpunkte 1. bis 3. Kategorie definiert. HTRANS stellt im Unterschied zu FINELTRA eine Näherungstransformation dar, welche immer eine lokale Einpassung erfordert. In der Regel werden Detailpunkte aber ohne Höhen verwendet. Dabei werden unter Detailpunkten Grenz- und Situationspunkte verstanden.

Im Glossar unter 1.3 sind die technischen Begriffe und Abkürzungen in alphabethischer Reihenfolge aufgeführt und erklärt.

Die Richtlinie wurde erstmals am 23.11.2001 von der KKVA publiziert. Der damaligen Arbeitsgruppe gehörten Alexander Hof (VD), Heinz Lautenschlager (GR), Thomas Signer (L+T), Markus Sinniger (BE) und Dr. Fridolin Wicki (V+D) an.

Die nun überarbeitete und ergänzte Richtlinie wurde von Christian Gamma (AG), Laurent Huguenin (IGS), Markus Scherrer (swisstopo) und Bruno Vogel (swisstopo) erarbeitet.
Sie wurde von der technischen Kommission der KKVA am 3.06.2009 genehmigt.

1.2 Anwendungsbereich

Die vorliegende Richtlinie gilt für die **Bestimmung (Aufnahme sowie Absteckung) von Detailpunkten** in der amtlichen Vermessung mittels GNSS-Messausrüstungen unter Anwendung der Methode der differentiellen Phasenmessung.

Die Richtlinie eignet sich sowohl für Arbeiten der Nachführung wie auch für Ersterhebungen und Erneuerungen. In der Regel wird für solche Arbeiten RTK eingesetzt. In Spezialfällen (z.B. Signalverlust in topografisch schwierigem Gelände) kann auf Rapid-Static umgestellt werden. Statische Messungen mit Beobachtungszeiten von mehr als einer Stunde kommen jedoch kaum zur Anwendung, weshalb diese Methode in der vorliegenden Richtlinie nicht behandelt wird.

Diese Richtlinie gilt **nicht für die Arbeiten der Informationsebene Fixpunkte** wie zum Beispiel die Bestimmung von LFP3, Fixpunktverdichtungen etc. (siehe auch TVAV Art. 47, Abs. 4 und die Richtlinien zur Bestimmung von Fixpunkten der amtlichen Vermessung vom November 2005, die über www.cadastre.ch → Dokumentation → Publikationen bezogen werden kann).

Bei spannungsbehafteten Netzen geht man davon aus, dass das Erheben von Detailpunkten innerhalb von kleinen Einsatzgebieten geschieht. In der Regel handelt es sich um räumlich lokale Arbeitsperimeter, deren Randpunkte als lokale Anschlusspunkte gewählt werden müssen. Grundsätzlich gilt: Je grösser die lokalen Zwänge, desto kleinräumiger muss gearbeitet werden.

In spannungsarmen Gebieten, wo also die erforderliche Genauigkeit über Kontrollpunkte nachgewiesen wurde, bringt hingegen die GNSS-Methode erhebliche Vorteile, indem die Daten in Echtzeit erhoben und ausgewertet werden können, ohne eine lokale Einpassung vorzunehmen.

In Gebieten mit dauernder Bodenverschiebung kann die Richtlinie nur bedingt Anwendung finden. Es müssen sämtliche unmittelbar benachbarten Elemente der behandelten Informationsebene (Detailpunkte) mit gemessen und zur Beurteilung der Anschlusspunkte berücksichtigt werden.

Werden für die Bestimmung von Detailpunkten die Höhen (z.B. Punkte der Informationsebene Höhen) auch verwendet, ist diese Richtlinie sinngemäss anzuwenden. Das «Merkblatt für Höhenbestimmungen mit GPS in der amtlichen Vermessung» ist dabei zu beachten (cadastre.ch → Dokumentation → Publikationen).

1.3 Glossar

AGNES	Automatisches GNSS-Netz Schweiz mit ca. 30 permanent betriebenen GNSS-Stationen
Ambiguities	Phasenmehrdeutigkeiten
Basislinie	Raumvektor zwischen zwei gleichzeitig gemessenen GNSS – Stationen
Bezugsrahmen	Realisierung und Nutzbarmachung des geodätischen Bezugssystemes für die praktische Vermessung, durch Koordinatensätze, geodätische Fixpunktnetze und Permanentnetze
Bezugssystem	Definition eines Koodinatensystemes mit dem geltenden geodätischen Erstellungsdatum
	Globale terrestrische Bezugssysteme sind geozentrische kartesische Koordinatensysteme mit dem Ursprung im Massenschwerpunkt der Erde
	Lokale Bezugssysteme sind die offiziellen, nationalen Koordinaten- und Höhensysteme, die Bezugsellipsoide, Geoidmodelle und Kartenprojektionen
CH1903	Bezugssystem des Bezugsrahmens LV03
CH1903+	Erneuertes, lokal gelagertes Bezugssystem des Bezugsrahmens LV95
CHENyx06	Offizieller Datensatz zu FINELTRA für die Berechnung des Bezugsrahmenwechsels LV03 ⇔ LV95
CHTRF95	Schweizerischer Terrestrischer Referenzrahmen Epoche 1995
CHTRS95	Schweizerisches Terrestrisches Referenzsystem 1995 (global)
Detailpunkt	Grenz- und Situationspunkt
DOP-Wert	Dilution of Precision ist bei GNSS ein Mass für die Streubreite der Messwerte. Weil DOP von der relativen Position der Satelliten zueinander und zum Beobachter abhängt, spricht man auch von Geometric Dilution of Precision (GDOP).
ETRS89	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989
FINELTRA	Software für die affine Transformation über finite Elemente
Galileo	weltweites satellitengestütztes Positionierungssystem Europas (operativ voraussichtlich ab 2013)
GeoIG	Bundesgesetz über Geoinformation vom 5. Oktober 2007 (SR 510.62)
GLONASS	weltweites satellitengestütztes Positionierungssystem von Russland
GNSS	Global Navigation Satellite Systems (Oberbegriff für weltweite Navigations- und Positionierungssysteme mittels Satelliten)
GNSS-Messung	GNSS-Detailpunktaufnahme pro Rover-Stationierung
GPRS	General Packet Radio Service (Datenübertragung via Internet)
GPS	Global Positioning System (weltweites satellitengestütztes Positionierungssystem der USA)
GSM	Global System for Mobil Communications (Datenübertragung per Mobiltelefon)
HTRANS	Software für die Transformation LN02 ⇔ LHN95
Initialisierung	Lösung der Phasenmehrdeutigkeit zu Beginn oder während des

	Messvorganges
IGS	Ingenieur Geometer Schweiz: gesamtschweizerische Unternehmer-Organisation der Ingenieur-Geometer
ITRS	Internationales Terrestrisches Referenzsystem
LSKS	Länder spezifisches Koordinatensystem (im GNSS-Empfänger integrierter km-Raster, als Näherungslösung der offiziellen Transformation mit CHENyx06, für Leica-Geräte)
LHN95	Landeshöhennetz 1995: Höhenbezug mit orthometrischen Höhen
LN02	Landesnivellement 1902: In der AV verwendete Gebrauchshöhen („Meereshöhen“)
LRS	Lokale Referenzstation
LV03	Bezugsrahmen der Landesvermessung 1903 (Triangulation)
LV95	Bezugsrahmen der Landesvermessung 1995
Messdurchgang	Ein Messdurchgang beinhaltet alle GNSS-Messungen, die folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllen: - Die GNSS-Messungen erfolgen bezüglich der gleichen Referenzstation resp. -stationen (VRS) - Die GNSS-Messungen erfolgen am gleichen Tag - Die GNSS-Messungen erfolgen mit der gleichen lokalen Einpassung
Rapid Static	Messmodus für statische GNSS-Auswertungen mit einer Messdauer von 5 bis 15 min. Die Daten werden erst nachträglich im Büro ausgewertet
Referenzstation	Station, bezüglich welcher die Messungen des Rovers ausgewertet werden. Auf dieser Station wird während der ganzen Session statisch gemessen
Rover	beweglicher GNSS-Empfänger, der im Feld Satellitensignale aufzeichnet und diese bezüglich der Referenzstation in Positionen umrechnet
RTK	Real Time Kinematik Messmodus (kinematische Echtzeit-Vermessung)
RTK-LRS	RTK mit lokaler Referenzstation: - temporär: vorübergehend aufgestellte Referenzstation - permanent: fest installierte Referenzstation (z.B. auf Dach oder an Mast montiert)
RTK-VRS	RTK mittels virtueller Referenzstation (Messung mit Positionierungsdiensten wie z.B. swipos)
Satelliten-konfiguration	Räumliche Satellitenanordnung zu einem bestimmten Zeitpunkt bezogen auf den eingesetzten GNSS-Empfänger
Session	Dauer, während der eine Referenzstation ununterbrochen betrieben wird
Standard-abweichung	theoretische: mittlerer Fehler a priori empirische: mittlerer Fehler a posteriori
Situationspunkt	Einzelpunkt der Informationsebenen gemäss TVAV (z.B. Bodenbedeckung, Einzelobjekte, Rohrleitungen)
SGF	Shift Grid File (im GNSS-Empfänger integrierter km-Raster, als Näherungslösung der offiziellen Transformation mit CHENyx06, für Trimble-Geräte)

swipos	Echtzeit-Positionierungsdienst von swisstopo
TVAV	Technische Verordnung des VBS über die amtliche Vermessung (SR 211.432.21)
VAV	Verordnung über die amtliche Vermessung (SR 211.432.2)
VRS	Virtuelle Referenzstation, welche in einem automatischen GNSS-Netz auf der Basis von Messungen von GNSS-Permanentstationen für das Einsatzgebiet des Rovers berechnet wird
WGS84	World Geodetic System 1984 (Referenzsystem von GPS)

2 Messverfahren

Dieses Kapitel beschreibt die gängigen Verfahren zur Bestimmung von Detailpunkten in der amtlichen Vermessung, wobei vorausgesetzt wird, dass geodätische GNSS-Empfänger eingesetzt werden (und nicht die handlichen Outdoor-Empfänger oder Fahrzeug-GNSS).

Im Gegensatz zur trigonometrischen Punktbestimmung, welche naturgemäss lokal funktioniert, kann mit GNSS sowohl global wie auch lokal gearbeitet werden. Es ist wichtig, dass sich GNSS-Anwender stets bewusst sind über ihr Handeln und die Konsequenzen ihrer Entscheide im Hinblick auf lokale resp. globale Arbeitsweisen.

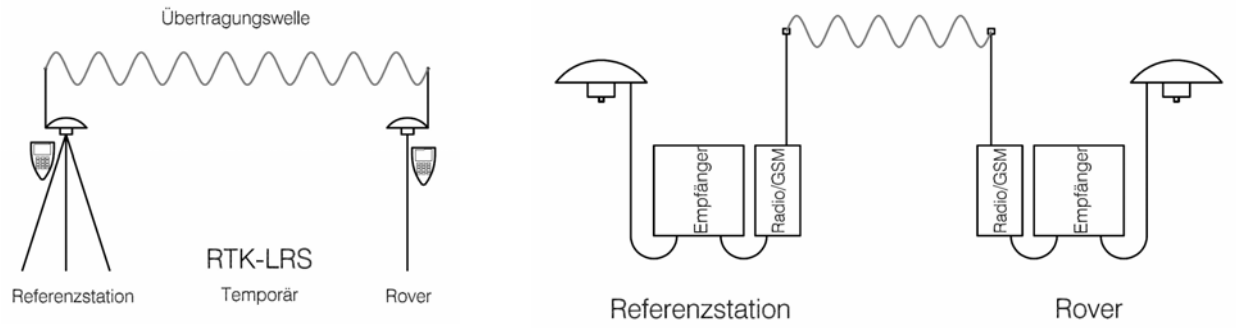
2.1 RTK mit lokaler Referenzstation (RTK-LRS)

Das Prinzip beim Einsatz von GNSS im Messmodus RTK-LRS beruht, wie bei allen RTK-Anwendungen, auf der Übermittlung der Korrektursignale von einer temporär oder permanent betriebenen Referenzstation auf den Rover in Echtzeit. Voraussetzung ist, dass die Geräte vor der eigentlichen Koordinatenbestimmung erfolgreich initialisiert wurden (Lösung der Phasenmehrdeutigkeit).

Die Längen der Basislinien haben einen direkten Einfluss auf die Genauigkeit der Positionsbestimmung. Je kürzer also die Basislinien gewählt werden, umso besser fällt die Nachbarschaftsgenauigkeit aus.

2.1.1 Messmodus RTK-LRS «temporär»

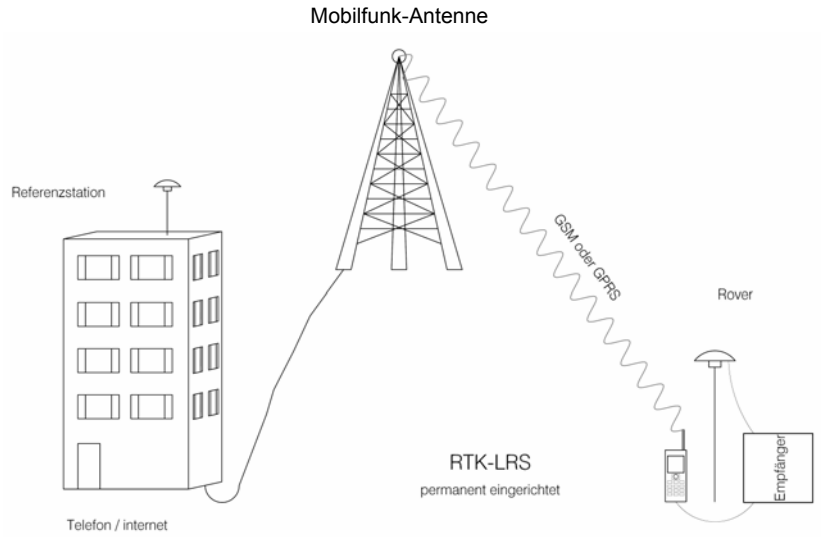
Im Messmodus RTK-LRS «temporär» wird die Referenzstation nur für die vorübergehende Dauer einer Mess-Session möglichst in der Nähe des Einsatzgebietes aufgestellt. Diese auf einem bekannten Fixpunkt gelegene oder auch an beliebiger Stelle zu installierende Referenzstation übermittelt die Korrektursignale per Funk an den Rover.



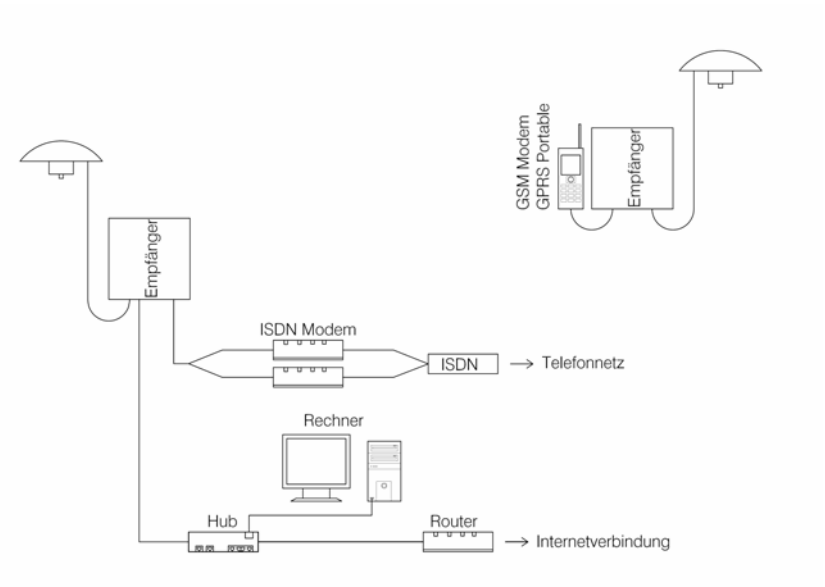
Darstellung 1: Prinzip und Verkabelungsschema beim Messmodus RTK-LRS mit temporär eingerichteter, lokaler Referenzstation

2.1.2 Messmodus RTK-LRS «permanent»

Im Messmodus RTK-LRS «permanent» wird, wie der Name schon sagt, die Referenzstation an geeigneter Lage (freier Horizont, sicherer Standort, Stromversorgung, …) permanent eingerichtet. Die Korrektursignale werden hier als Folge einer besseren Infrastruktur üblicherweise per GSM oder noch vorteilhafter via GPRS auf den Rover übertragen. Diese Messvorrichtung kann als Zwischenlösung des vorher beschriebenen Messmodus RTK-LRS «temporär» und den offiziell angebotenen Positionierungsdiensten (z.B. swipos) betrachtet werden.



Darstellung 2: Prinzip beim Messmodus RTK-LRS mit permanent eingerichteter, lokaler Referenzstation



Darstellung 3: Beispiel Verkabelungsschema beim Messmodus RTK-LRS mit permanent eingerichteter, lokaler Referenzstation

2.1.3 Anforderungen

Zur Permanentstation:

- Richtige Wahl des Bezugssystems resp. -rahmens für die Bestimmung und Übermittlung der Koordinaten der Referenzstation
- Einrichtung der Antenne mit entsprechenden Sicherheitsmassnahmen (z.B. Blitzschutz, Zugänglichkeit, Befestigung, …)
- Regelmässige Kontrolle der Antennenstabilität (bezüglich Lage und Höhe)
    - Messmethode: statische Messung (mind. 2-mal 12 h) zu den AGNES-Stationen oder lokale Einmessung der exzentrischen Zeichen
    - Genauigkeit: Standardabweichung 1б für Lage < 1 cm bzw. für Höhe < 2 cm
    - Häufigkeit: vor jeder grösseren Messkampagne, mind. alle 2 Monate
    - Stabilität: Beurteilung der regelmässigen Einmessung und der Verankerung der Antenne
- Zustand / Unterhalt der Ausrüstung; ein System ist so gut wie sein schwächstes Element. Es ist demzufolge sicherzustellen, dass der Standard der Referenzstation und der Rover übereinstimmen.

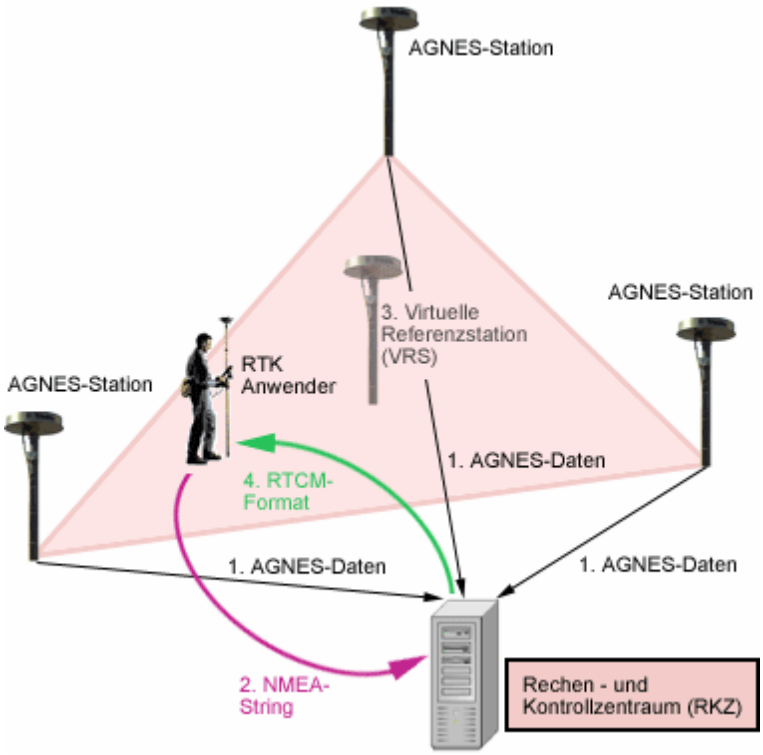
Zum Rover:

- Übereinstimmung mit der Wahl bezüglich Bezugssystem resp. -rahmen für die Koordinaten der Referenzstation
- Periodische Überprüfung der gewählten Transformationsparameter anhand mehrerer Kontrollmessungen auf bekannten Punkten

2.2 RTK mit virtueller Referenzstation (RTK-VRS)

2.2.1 Beschreibung der Methode

Bei der VRS-Methode werden aus den Daten umliegender Referenzstationen «virtuelle» GNSS-Messungen für den aktuellen Standort des Benutzers interpoliert. Diese interpolierten Daten entsprechen im Wesentlichen den Daten, die an der Benutzerposition effektiv gemessen worden wären, falls sich dort eine GNSS-Referenzstation befunden hätte. Voraussetzung bei RTK-Messungen nach der Methode mit VRS ist, dass die GNSS-Referenzstationen mit einer Zentrale verbunden sind und dass die Daten in einer Zentrale in Echtzeit ausgewertet und dem Benutzer und der Benutzerin zur Verfügung gestellt werden können.



Darstellung 4: Prinzip beim Messmodus RTK mit virtueller Referenzstation

Der Einsatz von VRS erfordert eine bidirektionale Kommunikationsverbindung, da die Näherungsposition des Benutzers bzw. der Benutzerin zuerst in die Zentrale übertragen werden muss, wo die VRS-Berechnung gestartet wird und anschliessend die Korrekturdaten zum Benutzer übertragen werden. In der Praxis wird hierzu GSM eingesetzt, oder die Korrekturdaten werden über Internet (z.B. GPRS oder andere Kommunikationsstandards) bezogen.

Mit der neuen Landesvermessung LV95 und dem Aufbau des automatischen GNSS-Netzes Schweiz (AGNES) sind in der Schweiz die Grundlagen für eine moderne satellitengestützte Vermessung vorhanden. Basierend auf den GNSS-Permanentnetzen des Bundes und privater Anbieter wurden in der Schweiz in den Jahren 1999–2002 Positionierungsdienste aufgebaut, welche landesweit die Bestimmung von relativen GNSS-Positionen in Echtzeit erlauben. Seit 2007 sind diese Dienste im Positionierungsdienst swipos vereinigt. Mit der korrekten (im Empfänger richtig konfigurierten) Verwendung von AGNES, welches Bestandteil von LV95 ist, wird durch swisstopo sichergestellt, dass der Benutzer und die Benutzerin im Modus RTK-VRS im offiziellen Bezugsrahmen der Schweiz LV03 oder LV95 messen.

Die neue satellitengestützte Landesvermessung basiert auf dem neuen Bezugssystem CHTRS95 (global) bzw. CH1903+ (lokal). Der Bezugsrahmen LV95 zeichnet sich durch eine hohe und vor allem homogene Genauigkeit bezüglich seiner Referenzpunkte aus. Diese liegt landesweit in der Lage bei ca. 1 cm und wird langfristig aufrechterhalten.

Die Frage nach der maximalen Basislinienlänge stellt sich bei der VRS-Methode nicht in derselben Art und Weise wie bei RTK-LKS. Die Qualität der Interpolation der VRS-Daten ist abhängig von der Distanz zwischen den GNSS-Referenzstationen. Für die in der Schweiz verfügbaren Netze beträgt diese ca. 50–70 km. Die «virtuelle» Basislinie, welche bei VRS gemessen wird, ist sehr kurz (einige Meter) und hängt von der angegebenen Näherungsposition ab.

Die erreichbaren Genauigkeiten (Standardabweichung / m.F. (1σ) bezüglich eines gut gelegenen Punktes der Schweiz (ohne Horizontabdeckung) im Bezugsrahmen LV95 resp. LHN95) liegen im Bereich von < 2 cm (Lage) und < 4 cm (Höhe).

2.2.2 Anwendungsfälle

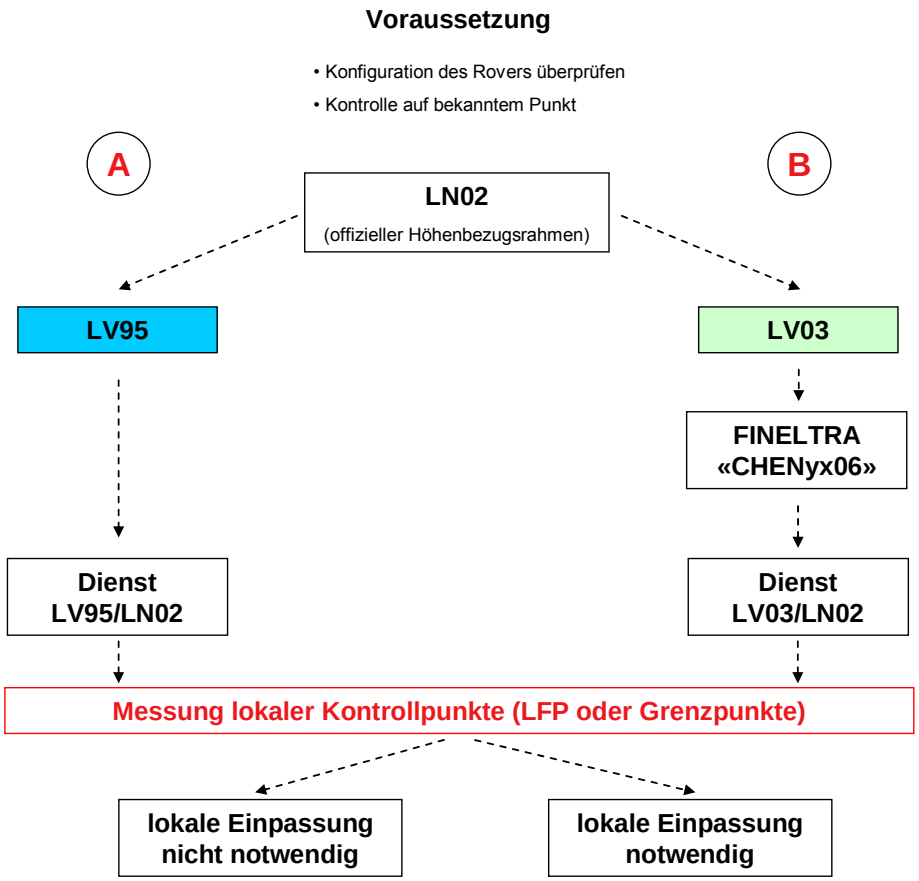
Grundsätzlich messen und verarbeiten die GNSS-Empfänger ihre Daten in einem globalen Referenzsystem wie WGS84 (ITRS), ETRS89 oder CHTRS95. Daraus abgeleitet können die GNSS-Instrumente die Resultate in einem frei wählbaren Referenzrahmen exportieren.

Es ist äusserst wichtig, dass in den Empfängern und in der Auswertesoftware die richtigen Parameter eingestellt sind, insbesondere für die Wahl des Referenzsystems bzw. -rahmens.

Der Positionierungsdienst swipos bietet in RTK folgende Möglichkeiten zur Wahl des Referenzrahmens an:

	LV95 / LHN95	Geoidmodell CHGeo2004 empfängerseitig berücksichtigt
A	*LV95 / LN02*	dito, zusätzliche Umrechnung mit HTRANS
B	*LV03 / LN02*	dito, zusätzliche Umrechnung mit HTRANS und FINELTRA «CHENyx06«

Die aktuellen, empfängerseitigen Einstellungen bei swipos sind über das Web-Portal von swisstopo einsehbar: www.swisstopo.ch → Produkte → Dienste → Positionierung (swipos) → swipos-GIS/GEO → Konfiguration.



Darstellung 5: Entscheidungsschema zur Wahl des Referenzrahmens

3 Messungen

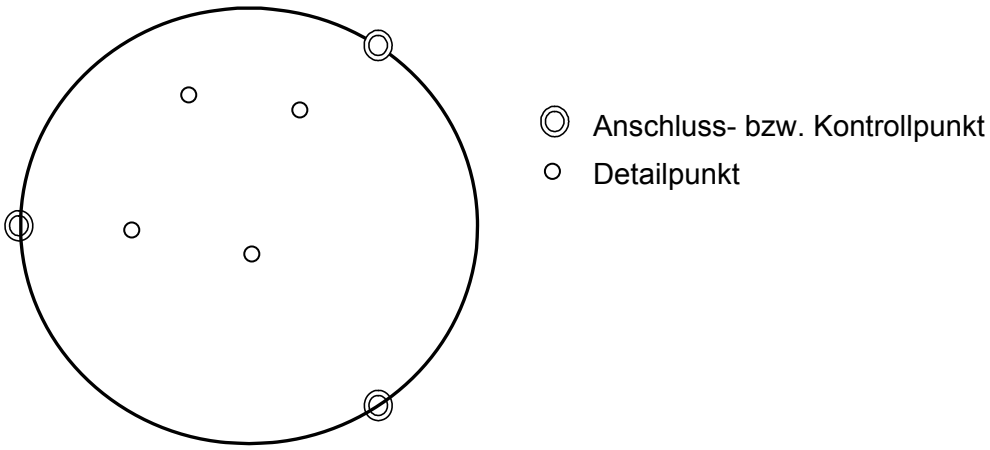
3.1 Netzgeometrie

Die Fixpunktnetze der amtlichen Vermessung (LFP3-Netz) sind oft nicht spannungsarm. Auch nach dem Bezugsrahmenwechsel von der alten Landesvermessung LV03 auf die neue Landesvermessung LV95 können lokale Spannungen bestehen bleiben.

Eine lokale Einpassung oder der Nachweis, dass auf eine solche verzichtet werden kann (siehe Kapitel 4), ist in jedem Fall zu dokumentieren.

Es gilt:

- Das Prinzip der Nachbargenauigkeit zu den nächsten Anschlusspunkten ist zu beachten. Klaffungen zu solchen Punkten sind durch eine lokale Einpassung zu minimieren. In hierarchischen Netzen (alte Polygonnetze) muss der Netzaufbau beachtet werden.
- In Gebieten mit Zwängen sind die unmittelbar benachbarten Punkte als Anschlusspunkte zu verwenden.
- Messungen auf Punkten ausserhalb des Arbeitsperimeters (siehe Darstellung 6) sind zu vermeiden. Sind solche unumgänglich, müssen die zu erwartenden Nachbargenauigkeiten beurteilt werden.
- In Gebieten mit homogenen Vermessungen, wo innerhalb des Arbeitsperimeters (siehe Darstellung 6) die Nachbargenauigkeit gewährleistet ist, sollen Kontrollpunkte am Rand des Arbeitsperimeters einbezogen werden.



Darstellung 6: Arbeitsperimeter

3.2 Einsatztabelle

Unabhängig der eingesetzten GNSS-Methode gelten die in der unten stehenden Tabelle aufgeführten Bedingungen. Dabei müssen alle gewählten Kontrollpunkte für den Arbeitsperimeter repräsentativ sein.

Bedingung	Einsatz von GNSS für die Bestimmung von:	
	Grenzpunkten	Situationspunkten
Minimal notwendige Anschlusspunkte für die **Aufnahme** von Neupunkten und die **Rekonstruktion** fehlender Punkte	3 LFP *(vgl. Darstellung 6)* 2 LFP + 2 GP 1 LFP + 3 GP (4 GP nur wenn keine LFP3 vorhanden sind)	3 GP *(vgl. Darstellung 6)*
Restriktionen	Geometrische Bedingungen wie Orthogonalität und Linearität sind speziell zu beachten	Liegen die neuen Punkte nahe bei Grenzen, ist mind. ein Grenzpunkt in der Nähe als Kontrollpunkt zu wählen

3.3 Allgemeine Regeln für den Einsatz von GNSS

- Die für die Referenzstation eingegebenen globalen Koordinaten sind mit den offiziellen LV95-Parametern aus den lokalen Koordinaten zu berechnen.
- Bei RTK-Messungen können mit der gleichen Initialisierung praktisch beliebig viele Punkte gemessen werden. Es wird jedoch empfohlen, die Initialisierung periodisch neu vorzunehmen. Dies muss spätestens vor der Zweitmessung eines Punktes erfolgen.
- Die Messzeit (inkl. Verbindungsaufbau und Initialisierung) beträgt typischerweise ca. 2 Minuten, wobei zu beachten ist, dass die Einwahl in den VRS-Dienst über GSM ca. 15 Sekunden länger dauert als der Verbindungsaufbau auf eine LRS. Beim Verbindungsaufbau über Internet (GPRS) verkürzt sich die Einwahlzeit wesentlich.
- Wie bei den LRS muss auch bei RTK-VRS durch die Betreibenden des Positionierungsdienstes sichergestellt werden, dass die Referenzstationen im Hinblick auf Stabilität und zuverlässige Operabilität periodisch überprüft werden.
- Die Grenzwerte für die Genauigkeitsindikatoren der Empfänger-Hersteller müssen eingehalten werden (z.B. erforderliche DOP-Werte).
- Den nicht kompensierbaren GNSS-Instrumentenfehlern ist Rechnung zu tragen: Mehrwegausbreitungen (Multipath) von Satellitensignalen (Spiegelungen an Häuser, Fahrzeugen, Gewässern etc.) und andere Signalstörungen (Beugung der Satellitensignale z.B. an Gebüschen etc.) können Fehler im Zentimeter- bis Dezimeterbereich verursachen.
- Bei der Verwendung der swipos-Dienste mit RTK-VRS ist der Dienst VRS-LV03-LN02 oder VRS-LV95-LN02 zu verwenden. Vor Messbeginn sind die Einstellungen am Rover bzw. Empfänger zu überprüfen.
- Sicherstellen, dass der richtige Antennentyp und das richtige Antennenmodell eingestellt sind und mit der Einstellung der Referenzstation kompatibel sind.
- Für die Höhenberechnung (ellipsoidische Höhen zu Gebrauchshöhen) sind die Transformationsprodukte von swisstopo Geoid «CHGeo2004» und HTRANS zu verwenden resp. sicher zustellen, dass diese herstellerseitig bereits schon implementiert sind.
- Die zweite unabhängige Punktaufnahme mit GNSS erfolgt in einem unterschiedlichen Messfenster (unterschiedliche Satellitenkonfiguration). In der Regel muss der Tageszeitunterschied zur ersten Aufnahme mindestens 30 Minuten betragen. Die Parameter der lokalen Einpassung können übernommen werden.

4 Lokale Einpassung

Mit der lokalen Einpassung soll die Nachbargenauigkeit im bestehenden Vermessungswerkes aufrecht erhalten bleiben. Durch einen unüberlegten Einsatz von GNSS-Methoden darf keinesfalls die Qualität des originären Vermessungswerkes zerstört werden.

So müssen beispielsweise bei Nachführungsarbeiten in einem Vermessungswerk, dem ein hierarchisches Polygonnetz zu Grunde liegt, die alten Züge berücksichtigt werden (fehlende Querverbindungen, Rekonstruktionen etc.).

Grundsätzlich muss beim Einsatz von GNSS bei der Bestimmung von Detailpunkten in der amtlichen Vermessung immer eine lokale Einpassung vorgenommen werden.

Ein Verzicht auf die lokale Einpassung ist nur zulässig, wenn die Kontrollmessungen die Entscheidungskriterien gemäss Kapitel 4.3 erfüllen.

Das Verfahren der lokalen Einpassung muss in Gebieten mit grossen lokalen Verzerrungen angewendet werden, wo also die Transformation mit der Dreiecksvermaschung nicht genügt und damit die Genauigkeitsanforderungen gemäss TVAV nicht eingehalten werden können. In Gebieten mit dauernden Bodenverschiebungen gelten selbstverständlich sinngemäss spezielle Anforderungen. Dies muss jeweils anhand von Referenzmessungen auf bekannten Punkten überprüft werden. In der amtlichen Vermessung ist in solchen Gebieten oftmals eine lokale Entzerrung zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen. Weitere Informationen können den KKVA-Empfehlungen «Behandlung von dauernden Bodenverschiebungen in der amtlichen Vermessung» entnommen werden (www.cadastre.ch → Dokumentation → Publikationen).

4.1 Allgemeines

Die Transformation vom globalen, geozentrischen Bezugssystem (CHTRS95) ins lokal gelagerte geozentrische Koordinatensystem (CH1903+) erfolgt an Hand der offiziellen LV95-Parametern. Dies geschieht in der Regel bereits schon in den GNSS-Empfängern, zusammen mit der anschliessenden Umrechnung in den betroffenen Bezugsrahmen (Projektionssystem).

geozentrische globale Koordinaten (CHTRS95)	geozentrische lokale Koordinaten (CH1903+)
=> geozentrische lokale Koordinaten (CH1903+)	=> geozentrische globale Koordinaten (CHTRS95)
DX = -674.374 m	DX = + 674.374 m
DY = - 15.056 m	DY = + 15.056 m
DZ = -405.346 m	DZ = + 405.346 m

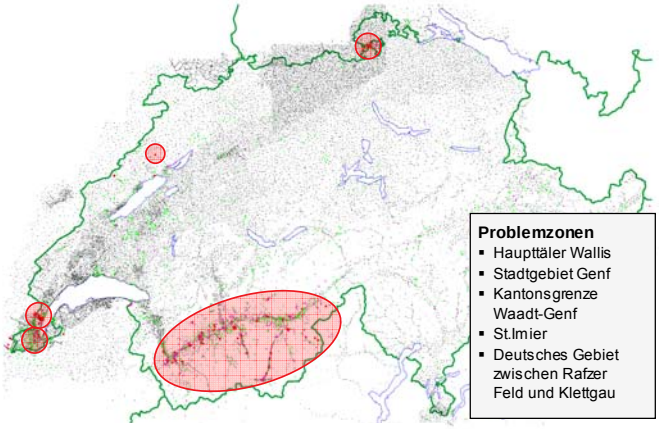
Es ist wichtig, dass für die Berechnung der globalen Koordinaten der Referenzstation die identischen Parameter verwendet werden. Die GRANIT-Parameter dürfen **nicht mehr** Verwendung finden.

Die Einpassung der Projektionskoordinaten in die lokale Umgebung erfolgt anschliessend über lokale Passpunkte im gleichen Bezugsrahmen, in der Regel mit einer 2-4 Parameter-Transformation für die Lage.

Die Kantone können Gebiete bezeichnen, in denen auf eine lokale Einpassung verzichtet werden kann. Es bedarf allerdings weiterhin entsprechender Kontrollmessungen, um eine Plausibilisierung der Messungen sicherzustellen. Bei der Plausibilisiserung geht es darum, nachzuweisen, dass Gerätekonfiguration und Initialisierung korrekt erfolgten und mit keinen groben Fehlern zu rechnen ist.

4.2 Empfängerspezifische Transformationen

Werden weitere, empfängerspezifische Transformationsmodule eingesetzt, so sind die Anweisungen der Instrumentenhersteller zu beachten. Für die in Empfängern häufig benutzten offiziellen Gridlösungen (CHENyx06) wie LSKS bzw. SGF sind die Regeln der betreffenden Merkblätter einzuhalten (www.swisstopo.ch → Themen → Vermessung → Bezugsrahmenwechsel → CHENyx06/Downloads → Entzerrungsgitter → Merkblätter LSKS resp. SGF).



Darstellung 7: Übergang LV95 → LV03: Problemzonen mit LSKS/SGF

Eigenständig erhobene lokale (z.B. gemeinde- bzw. gemeindeverbundsweise) Lösungen sind in der amtlichen Vermessung zulässig, unterliegen jedoch folgenden drei Einschränkungen.

1) Sie entbinden nicht vom Nachweis der Entscheidungskriterien gemäss Kapitel 3.2 bzw. 4.3.

2) Sie unterliegen der Genehmigung durch die kantonale Vermessungsaufsicht.

3) Die Datensätze dürfen selbstverständlich keinesfalls zur Bestimmung von Fixpunkten Verwendung finden.

In den empfängerspezifischen Transformationen sind die Gebiete mit dauernden Bodenverschiebungen nicht berücksichtigt. Diese zahlreichen Problemzonen sind in der Darstellung 7 nicht ersichtlich.

4.3 Entscheidungskriterien

Um den Nachweis zu erbringen, dass auf eine örtliche bzw. lokale Einpassung verzichtet werden kann, sind die identischen Punkte (Kontrollpunkte) zu überprüfen, welche für eine lokale Einpassung als Anschlusspunkte verwendet würden (Anwendungsbeispiele im Anhang).

Einerseits müssen die Differenzen (f_s) zu allen Anschluss- bzw. Kontrollpunkten kleiner sein als die erforderliche Genauigkeit (einfache Standardabweichung in cm) gemäss TVAV. Andererseits muss die Systematik anhand der Komponenten (y/x bzw. E/N) beurteilt werden. Die Kriterien der Verteilung der Anschlusspunkte und die Abdeckung des Arbeitsperimeters müssen dabei Beachtung finden (siehe Darstellung 6). Dazu eignet sich beispielsweise eine Helmert-

Transformation. Die festgestellten Differenzen sind in jedem Fall auszuweisen. Bei einer Helmert-Transformation müssen zusätzlich die geschätzten Parameter sowie deren empirische Standardabweichung ausgewiesen und kritisch überprüft werden.

Standardabweichung (1σ) in cm gemäss TVAV:

Punkt-kategorie	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5
Grenzpunkt (exakt definiert)	*	3.5	7	15	35
Grenzpunkt (nicht exakt definiert)	*	20	35	75	150
Detailpunkt (exakt definiert)	*	10	20	50	100
Detailpunkt (nicht exakt definiert)	Gemäss TVAV Art. 29 Abs. 2				

*) gemäss kantonalen Vorschriften, mindestens aber wie TS2

Werden die oben aufgeführten Bedingungen nicht erfüllt, so muss eine lokale Einpassung vorgenommen werden. Dabei sind die Transformations-Parameter sowie die Restklaffungen auf den verwendeten Anschlusspunkten nachzuweisen. Bei Restklaffungen, welche die erforderliche Standardabweichung überschreiten, oder bei aussergewöhnlichem Massstab resp. Rotation ist die Messanordnung im Hinblick auf die Anschluss- bzw. Kontrollpunkte zu überprüfen und gegebenenfalls durch zusätzliche Punkte zu ergänzen. Falls trotz Ergänzungsmessungen die erforderlichen Vorgaben nicht eingehalten werden können, muss mit der kantonalen Vermessungsaufsicht eine Lösung gefunden werden.

5 Nachweis der Genauigkeit und Zuverlässigkeit

Die Dokumentation (Berechnungsprotokoll) soll über die erreichte Genauigkeit Auskunft geben.

Die geforderte Genauigkeit ist für jeden Punkt nachzuweisen. Kann diese nicht erreicht werden, sind die Ursachen abzuklären. Allenfalls müssen Wiederholungs- oder Ergänzungsmessungen vorgenommen werden.

5.1 Informationsebenen «Liegenschaften» und «Hoheitsgrenzen» sowie «qualifizierte Einzelpunkte» gem. Art. 8, Abs. 4 TVAV

Bei Punkten dieser Themen (vornehmlich Grenzpunkte) ist gemäss TVAV die empirische Standardabweichung (m.F., 1б) rechnerisch und die Zuverlässigkeit durch geeignete Kenngrössen nachzuweisen. Der Nachweis wird in der Praxis durch den Vergleich überschüssiger Messelemente mit dem berechneten Wert erbracht.

Dazu ist eine wirksame Kontrolle zwingend nötig. Es sind verschiedene Methoden möglich:

- Mehrfache unabhängige Punktaufnahmen mit GNSS (zweite Messung). Die Koordinaten werden in der Regel gemittelt, sofern eine vergleichbare Aufnahmequalität auftritt.
- Mehrfache unabhängige Punktaufnahmen mit GNSS und tachymetrischer Methode. Die Koordinaten werden in der Regel gemittelt, sofern eine vergleichbare Aufnahmequalität auftritt.
- Einfache Punktaufnahme mit GNSS und wirksame Kontrollmasse. Die Kontrollmasse müssen so gewählt werden, dass eine Kontrolle in zwei (Lage-) Dimensionen möglich ist. Die Kontrollmessungen können sowohl zwischen neu bestimmten wie auch bestehenden Punkten erfolgen. Die Koordinaten der Punktaufnahme werden übernommen.

Die Kontrollmessungen müssen die gleichen Genauigkeitsanforderungen erfüllen wie jene der Erstbestimmung.

Für die Lagegenauigkeit (Attribut LageGen) können generell die empirischen Standardabweichungen als Qualitätsnachweis gesetzt werden oder die entsprechenden maximal zulässigen Werte gemäss TVAV bzw. kantonaler Vorgaben. Die nachgewiesene (empirische) Standardabweichung muss kleiner oder gleich der geforderten theoretischen Standardabweichung sein.

Die Zuverlässigkeit (Attribut LageZuv) kann bejaht werden, falls die Beurteilung der Einpassung gemäss Kapitel 4.3 erfolgreich durchgeführt worden ist.

5.2 Informationsebenen «Bodenbedeckung» und «Einzelobjekte»

Bei Einzelpunkten ist die theoretische Standardabweichung der Mess- und Berechnungsmethode nachzuweisen. Ein Nachweis der Zuverlässigkeit ist nicht gefordert. Nebst der Messgenauigkeit muss auch die Feststellungsungenauigkeit einbezogen werden.

6 Dokumentation

6.1 Allgemeine Dokumentation

Die Dokumentation muss derart erfolgen, dass sowohl die definitive Koordinatenberechnung als auch eine allfällige lokale Einpassung nachvollzogen werden kann.

Für jede GNSS-Ausrüstung ist eine systemspezifische Checkliste zu erstellen. Die Empfängerkonfiguration sämtlicher eingesetzten GNSS-Empfänger sowie auf der permanenten Referenzstation muss sowohl digital wie auch analog (Papier) den Benutzern zur Verfügung stehen. Diese Teile müssen Bestandteil eines firmeneigenen Qualitätsmanagements darstellen und entsprechend dokumentiert werden. Es empfiehlt sich, die Einstellungen vor versehentlichen und unsachgemässen Änderungen zu schützen, indem sie z.B. gesperrt werden.

6.2 Dokumentation pro Messdurchgang

Die Durchführung und die Ergebnisse der Prüfungen sind auf einer Checkliste zu protokollieren. Die gesamte Dokumentation entspricht sinngemäss jener von terrestrischen Arbeiten in der amtlichen Vermessung, muss jedoch zusätzlich Angaben zum gefällten Entscheid bezüglich lokaler Einpassung (Anschlusspunkte, Transformationsparameter, Restklaffungen, evtl. Vektorplan) enthalten.

6.3 Beispiele von GNSS-Checklisten für den Modus RTK-VRS respektive RTK-LRS

Die ausführenden Vermessungsfachleute erstellen häufig ihre eigene, für jede GNSS-Ausrüstung angepasste Checkliste im Rahmen des firmeneigenen Qualitätsmanagements. Die Mess- und Berechnungsprotokolle dokumentieren die Arbeiten noch nicht vollständig. Daher müssen diese gegebenenfalls an Hand einer Checkliste ergänzt werden. Eine Checkliste kann wie folgt aussehen und sollte folgende Informationen beinhalten (s. nächste Seiten):

Checkliste für GNSS – Messungen (RTK-VRS)

Projekt:			
Gemeinde:		Toleranzstufe:	TS2 ☐ TS3 ☐ TS4 ☐
Sachbearbeiter/in:		Datum:	

Positionierungsdienst: (swipos-GIS/GEO)	☐ VRS-LV95-LHN95 ☐ VRS-LV95-LN02 ☐ VRS-LV03-LN02		
Empfängertyp (Rover):	Typ:	Antennentyp (Rover)	Typ: .....
Empfängerseitige Einstellungen:	☐ Transformationsparameter (LV95-Parameter): $X_{1903+} = X_{CHTRS95}$ – 674.374 m $Y_{1903+} = Y_{CHTRS95}$ – 15.056 m $Z_{1903+} = Z_{CHTRS95}$ – 405.346 m ☐ Projektion (LV03 / LV95) ☐ LSKS / SGF ausgeschaltet ☐ Geoid CHGEO2004 ☐ Antennentyp		
Empfängerseitige Angabe zur Genauigkeit:	Horizontal 0.02 m / (Vertikal: 0.03 m)		
Lokale Einpassung:	JA ☐ NEIN ☐		
Anschluss- bzw. Kontrollpunkte:	LFP:	GP:	
Evtl. genehmigter Transformationssatz:			

		Messung I	*Messung II*
Vorarbeiten:	Empfängerseitige <u>Einstellungen</u>, <u>Kompatibilität</u> der Einstellung mit gewähltem Positionierungsdienst gegeben und <u>Initialisierung</u> erfolgreich durchgeführt	☐	☐
Antennenhöhe (Rover):	Höhe in Meter und Zentimeter		
Start Messdurchgang:	Startzeit in Stunden und Minuten		
Netzgeometrie für Punktaufnahme:	Bedingungen bzgl. Arbeitsperimeter: - Anschluss- bzw. Kontrollpunkte liegen am Rand - Punktaufnahmen alle innerhalb	☐	☐
Messdauer:	Durchschnittliche Messdauer für eine GNSS-Messung in Sekunden		

Bemerkungen:

Checkliste für GNSS-Messungen (RTK-LRS)

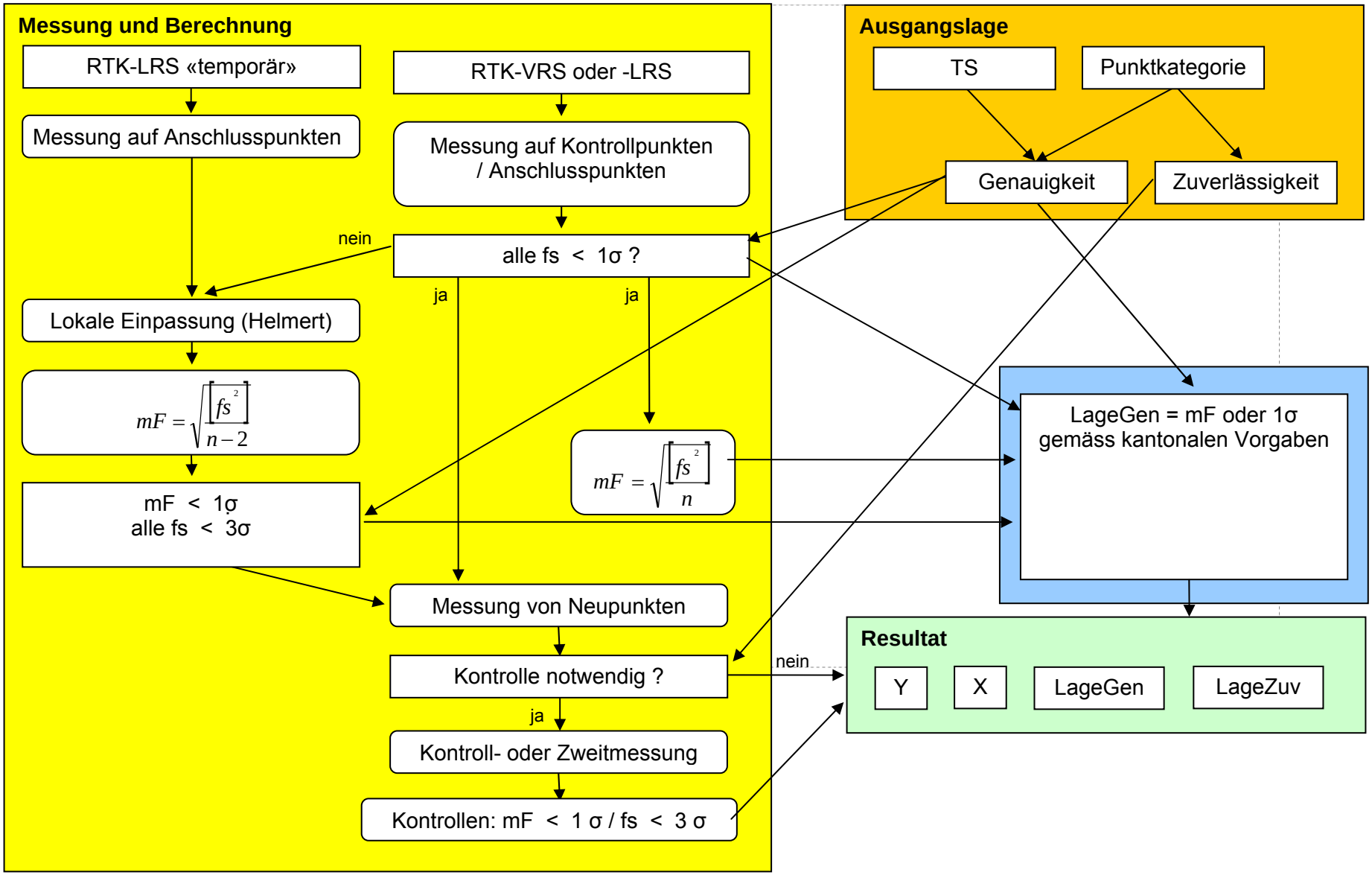
Projekt:			
Gemeinde:		Toleranzstufe:	TS2 ☐ TS3 ☐ TS4 ☐
Sachbearbeiter/in:		Datum:	

Empfängertyp (Referenzstation):	Typ:	Antennentyp (Referenzstation)	Typ: .....
Angaben zur Referenzstation:	TEMPORÄR ☐ PERMANENT ☐ Referenz: ..... (Koord.: ..... / ..... Höhe: .....)		
Empfängertyp (Rover):	Typ:	Antennentyp (Rover)	Typ: .....
Empfängerseitige Einstellungen:	☐ Geoid CHGEO2004 ☐ LSKS / SGF ☐ Antennentyp		
Empfängerseitige Angabe zur Genauigkeit:	Horizontal 0.02 m / (Vertikal: 0.03 m)		
Lokale Einpassung:	JA ☐ NEIN ☐		
Anschluss- bzw. Kontrollpunkte oder genehmigter Transformationssatz:	LFP:	GP:	
Evtl. genehmigter Transformationssatz:			

		Messung I	*Messung II*
Vorarbeiten:	Empfängerseitige Einstellungen, Kompatibilität der Einstellung mit Referenzstation gegeben und Initialisierung erfolgreich durchgeführt	☐	☐
Antennenhöhe (Referenzstation):	Höhe in Meter und Zentimeter		
Start Referenzmessung:	Startzeit in Stunden und Minuten		
Ende Referenzmessung:	Endzeit in Stunden und Minuten		
Antennenhöhe (Rover):	Höhe in Meter und Zentimeter		
Start Messdurchgang:	Startzeit in Stunden und Minuten		
Netzgeometrie für Punktaufnahme:	Bedingungen bzgl. Arbeitsperimeter: - Anschluss- bzw. Kontrollpunkte liegen am Rand - Punktaufnahmen alle innerhalb	☐	☐
Messdauer:	Durchschnittliche Messdauer für eine GNSS-Messung in Sekunden		

Bemerkungen:

Anhang


Messung und Berechnung
RTK-LRS «temporär»
RTK-VRS oder -LRS
Messung auf Anschlusspunkten
Messung auf Kontrollpunkten / Anschlusspunkten
nein
alle fs < 1σ ?
ja
ja
Lokale Einpassung (Helmert)
$mF = \sqrt{\frac{[fs^2]}{n-2}}$
$mF = \sqrt{\frac{[fs^2]}{n}}$
mF < 1σ
alle fs < 3σ
Messung von Neupunkten
Kontrolle notwendig ?
nein
ja
Kontroll- oder Zweitmessung
Kontrollen: mF < 1 σ / fs < 3 σ
Ausgangslage
TS
Punktkategorie
Genauigkeit
Zuverlässigkeit
LageGen = mF oder 1σ gemäss kantonalen Vorgaben
Resultat
Y
X
LageGen
LageZuv

Beispiele zum Gebrauch der Entscheidungstabelle

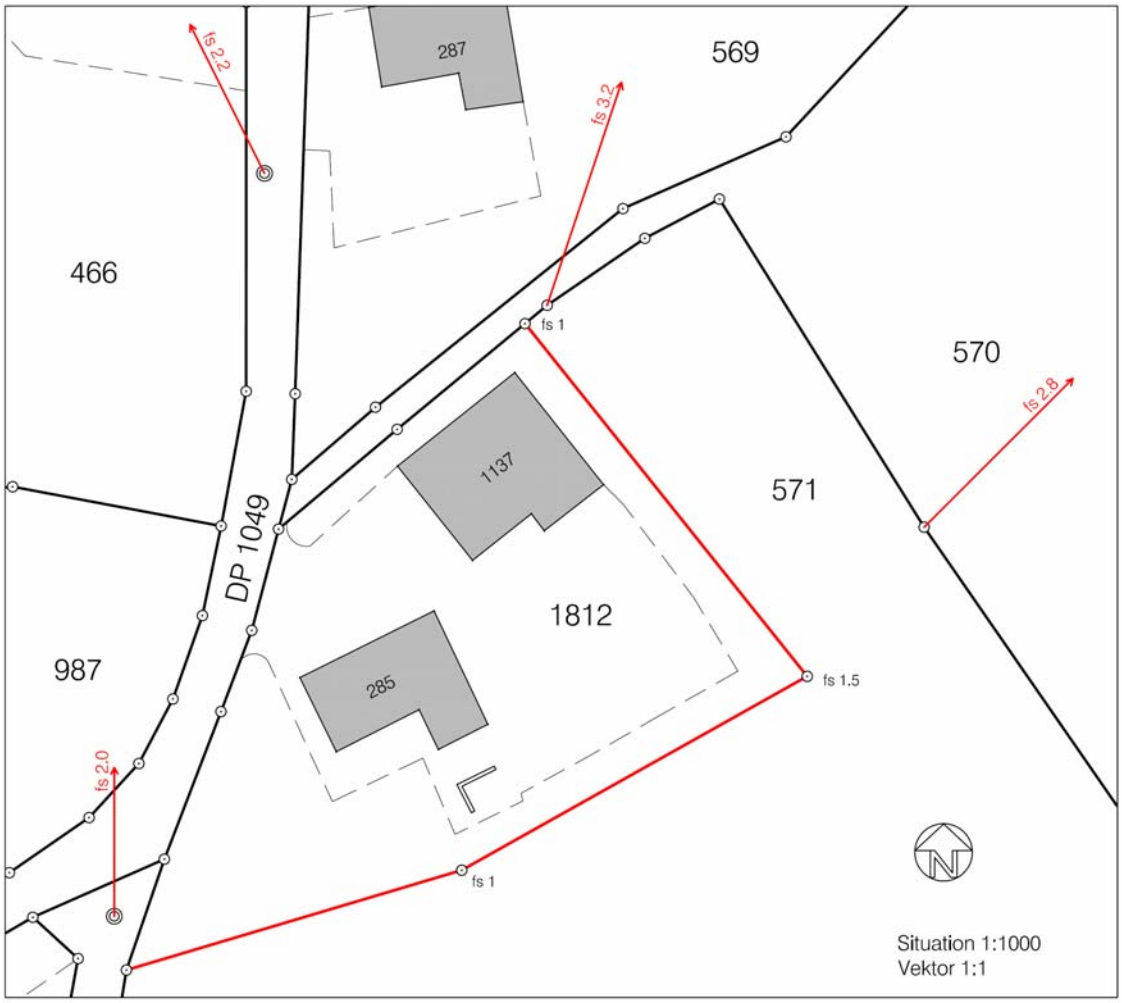
a) TS2, Mutation in der Ebene «Liegenschaften», 3 Neupunkte (exakt definiert)

Die Neupunkte müssen zuverlässig sein. Die zu erreichende Genauigkeit (1σ gemäss TVAV) beträgt 3.5 cm.

Die Messungen erfolgen nach der Methode RTK-VRS auf 4 Kontrollpunkten:
2 LFP3 und 2 GP.

Die resultierenden Verbesserungen auf diesen 4 Punkten betragen (-1; 2), (0; 2), (1; 3) und (2; 2) cm oder als f_s 2.2, 2.0, 3.2 und 2.8 cm. Alle f_s liegen unter 3.5 cm (1σ). Eine lokale Einpassung erübrigt sich demzufolge (auch wenn die Vektoren eine gewisse Systematik in X-Richtung anzeigen). Die Standardabweichung (Schätzung von σ) liegt bei 2.6 cm.

Der Operateur fährt fort mit der Aufnahme (oder Absteckung) der drei Neupunkte und macht nach ca. 30 Minuten eine Zweitmessung mit der gleichen Einstellung der Parameter. Er erhält Abweichungen (f_s) von 1.0, 1.5 und 1.0 cm. Die entsprechende Standardabweichung ergibt 1.2 cm und alle f_s liegen unter 10.5 cm (3σ).



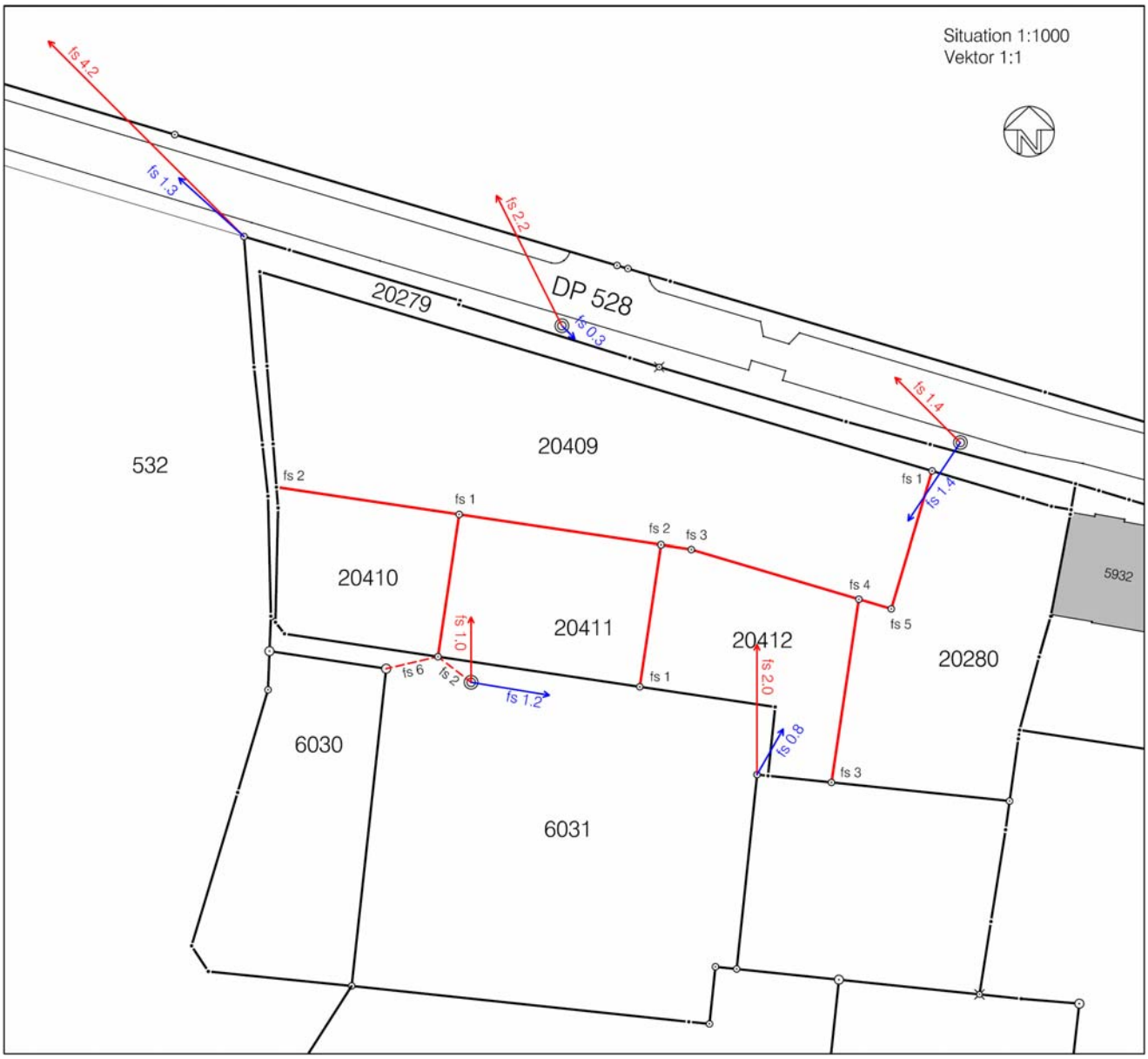
Die Koordinaten können gemittelt werden. Die Attribute LageGen und LageZuv erhalten entsprechend die Werte 3.0 cm und «ja» (der Wert 3.0 cm entspricht der kantonalen Vorgabe).

b) TS2, Mutation in der Ebene «Liegenschaften», 10 Neupunkte (exakt definiert)

Die Neupunkte müssen zuverlässig sein. Die zu erreichende Genauigkeit 1σ (gemäss TVAV) beträgt 3.5 cm.

Die Messungen erfolgen nach der Methode RTK-VRS auf 5 Kontrollpunkten:
3 LFP3 und 2 GP.

Die resultierenden Verbesserungen auf diesen 5 Punkten betragen (-1; 1), (-1; 2), (0; 1), (0; 1) und (-3; 3) cm oder als f_s 1.4, 2.2, 1.0, 2.0 und 4.2 cm. Ein f_s liegt über 3.5 cm (1σ). Eine lokale Einpassung (als Helmert-Transformation) wird notwendig. Die daraus resultierenden Verbesserungen auf den gewählten Anschlusspunkten erreichen: (-0.8; 1.2), (0.2; -0.2), (1.2; 0.2), (0.4; 0.7) und (-1.0; 0.9) cm, respektive als f_s 1.4, 0.3, 1.2, 0.8 und 1.3 cm. Die Standardabweichung (1σ) liegt bei 1.4 cm und alle f_s liegen unter 10.5 cm (3σ).



Der Operateur fährt fort mit der Bestimmung (oder Absteckung) der 10 Neupunkte und macht nach ca. 30 Minuten eine Zweitmessung mit der gleichen Einstellung der Parameter. Er erhält gegenüber der Erstmessung Abweichungen (f_s) von 2, 1, 2, 2, 3, 4, 5, 3 und 1 cm. Der zehnte Punkt konnte infolge eines Hindernisses nicht mehr ein zweites Mal mit GNSS gemessen werden. Es war hingegen möglich, zwei Messbanddistanzen auf einen benachbarten Grenzpunkt und auf einen als Anschlusspunkt benutzen LFP3 zu erheben. Die Verbesserungen auf diese zwei Distanzen ergeben 6 und 2 cm. Die Standardabweichung aus allen Beobachtungen (inkl.

Messbanddistanzen) beträgt 3.3 cm. 3 f_s liegen über 3.5 cm, bleiben aber unter 10.5 cm. Die f_s aus der Kontrolle liegen auch unter 10.5 cm.
→ Die Messung und Berechnung kann akzeptiert werden.

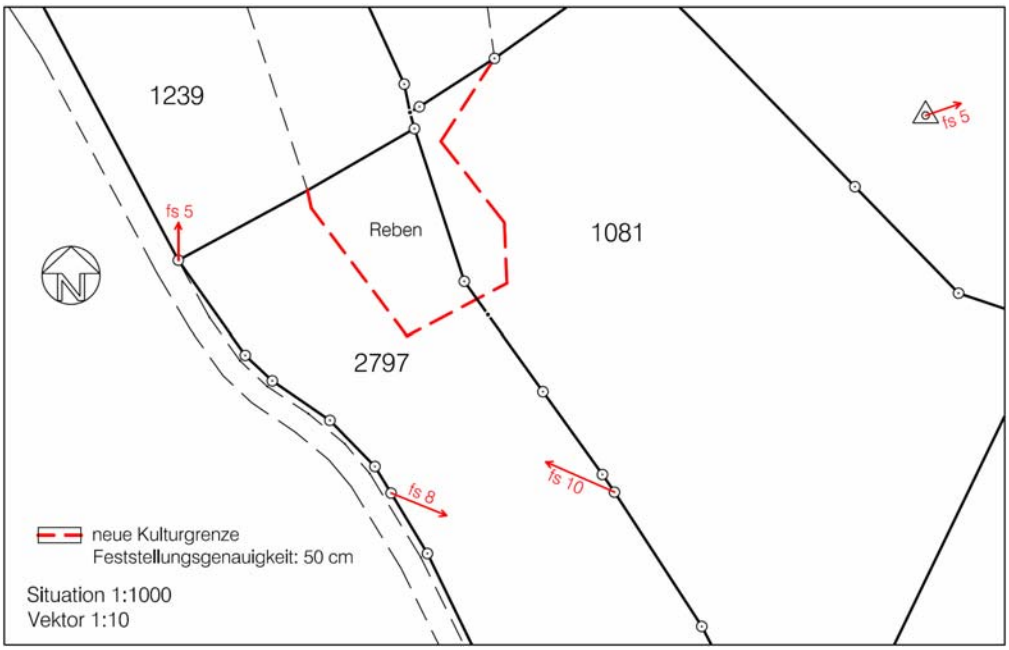
Die Koordinaten können gemittelt werden und erhalten das Attribut LageGen = 3.3 cm resp. LageZuv = ja (der Wert 3.3 cm resultiert aus der Fehlerrechnung bzw. entspricht der kantonalen Vorgabe).

c) TS3, Mutation in der Ebene «Bodenbedeckung», 5 Neupunkte (nicht exakt definiert)

Die Neupunkte müssen nicht streng zuverlässig sein, die Genauigkeit entspricht jener der Feststellungsgenauigkeit.

Die Messungen erfolgen nach der Methode RTK-VRS auf 4 Kontrollpunkten:
1 LFP2 und 3 GP.

Die f_s auf diesen 4 Punkten ergeben 5, 5, 8 und 10 cm. Die Standardabweichung liegt bei 7.3 cm. Dieser Wert liegt innerhalb der Feststellungsgenauigkeit, die mit 50 cm geschätzt worden ist. Die Punkte können durch eine einfache Messung bestimmt werden. Sie erhalten die Attribute LageGen = 50.0 cm resp. LageZuv = nein.



Wichtige Bemerkung: Eine solche Einpassung berechtigt nicht zur Bestimmung von Grenzpunkten.