



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Raumentwicklung
Geoinformation



Kataster

Lagefixpunkte 3 (LFP3) Netzanlage, Kennzeichnung, Messungen, Auswertungen

Weisung AV04-2023 vom 1. Oktober 2023



Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines	3
1.1	Einleitung	3
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Grundlagen / Toleranzstufen	4
2.	Netzanlage	4
2.1	Übergeordnetes Fixpunktnetz (LFP1 + LFP2)	4
2.2	Anzahl Lagefixpunkte LFP3	4
2.3	Standortwahl und Verteilung der Lagefixpunkte LFP3	5
2.4	Bestehende alte Lagefixpunkte	5
3.	Kennzeichnung von Lagefixpunkten	5
3.1	Kennzeichnungsmöglichkeiten	6
3.2	Stein- und Bolzensatz	9
3.3	Hilfsfixpunkte	9
3.4	Wegfallende Lagefixpunkte LFP3	10
3.5	Verifikation der Kennzeichnung	10
4.	Messungen	11
4.1	Allgemeines	11
4.2	Lagerungspunkte / Anschlusspunkte	11
4.3	Tachymetrische Messung	11
4.4	GNSS-Messung	12
5.	Berechnung und Genauigkeitsanforderung	12
5.1	Allgemeines	12
5.2	Berechnungsablauf	13
6.	Technische Dokumente	15
6.1	Laufende Nachführung	15
6.2	Erneuerung Lagefixpunktnetz	15

Änderungskontrolle

Version	Datum	Erstellt von	Beschreibung
-	12.06.1997	MEVA	Technische Weisung Reg. Nr. 7
-	26.04.2010	ARV Vermessung	Technische Weisung Reg. Nr. 17
2014	01.09.2014	ARE Geoinformation	Zusammenführung beider Weisungen und formelle Anpassungen an das neue Geoinformationsrecht.
2018	01.10.2018	ARE Geoinformation	Anpassungen nach Umstellung auf LV95
2019	01.10.2019	ARE Geoinformation	Anpassungen auf Grund Fixpunkt-konzept vom 18.09.2017
2023	01.10.2023	ARE Geoinformation	Vermarkung von Fixpunkten in Staatsstrassen



1. Allgemeines

1.1 Einleitung

Das übergeordnete Fixpunktnetz wurde vom Amt für Raumentwicklung (ARE) in den Jahren 2001 bis 2005 erneuert. Bei dieser Überarbeitung wurde die Punktdichte den heutigen Anforderungen entsprechend stark reduziert und die Punktlage neu bestimmt. Bestehende Spannungen wurden nach Möglichkeit weggestellt. Verbleibende und neue Lagefixpunkte 2 (LFP2) sowie teilweise nicht weiter als LFP2 verwendete Punkte wurden hauptsächlich mit GNSS-Methoden gemessen. Das bis Ende 2005 erneuerte Lagefixpunktnetz 1 und 2 (LFP1/2), die Basis für die Amtliche Vermessung AV93, weist im Kanton Zürich noch ca. 1'800 Punkte auf (früher ca. 5'000 Triangulationspunkte I.-IV. Ordnung). Die Koordinaten der LFP1 und LFP2 wurden primär im Bezugsrahmen LV95 bestimmt. Mittels TRANSINT (Transformation und Interpolation) wurden sie bestmöglich in den bis Ende 2016 gültigen Rahmen LV03 eingepasst. Dieses bereinigte LFP1+2 - Netz weist nur noch geringe Spannungen auf und bildet die Grundlage für die LFP3-Netze der Amtlichen Vermessung.

Gleichzeitig wurde die Arbeit „Dreiecksvermaschung Kanton Zürich“ vollendet. Diese ist vom Bundesamt für Landestopografie verifiziert und am 23.10.2006 genehmigt worden. Die Resultate sind in die „Nationale Dreiecksvermaschung“ eingeflossen und sind Bestandteile der Transformationsdatei CHENyx06 für FINELTRA zur Umrechnung LV03 \leftrightarrow LV95. Die Eckpunkte dieser Dreiecksvermaschung sind die Transformationsstützpunkte TSP.

Der Rahmen LV95 ist sehr spannungsarm. Seit dem 01.01.2017 ist der gültige Bezugsrahmen im Kanton Zürich LV95. Sämtliche Messungen und Auswertungen haben in diesem Bezugsrahmen zu erfolgen.

Die gültigen Höhen für beide Systeme sind die Gebrauchshöhen in LN02. Umrechnungen in ellipsoidische oder LHN95-Höhen können mit dem Programm REFRAME (bzw. dem darin enthaltenen Programmteil HTRANS) der swisstopo *online* erfolgen.

1.2 Zielsetzung

Diese Weisung soll ein Hilfsmittel sein und die Bearbeitung von LFP3-Netzen mit GNSS-Messungen, teilweise kombiniert mit terrestrischen Messungen, unterstützen.

Weiter soll erreicht werden:

- Einheitliche Ablieferung und Dokumentation durch die verschiedenen NF-Stellen
- Vereinfachte und effiziente Beurteilung der Resultate bei den NF-Stellen und bei der Verifikation

Bei Einhaltung dieser Weisung kann davon ausgegangen werden, dass die „Regeln der Kunst“ (TVAV, Art. 1) bei LFP3-Netzen erfüllt sind.



1.3 Grundlagen / Toleranzstufen

Für die Ausführung von Arbeiten an Lagefixpunkten sind die folgenden Grundlagen massgebend:

- Technische Verordnung der Amtlichen Vermessung (TVAV) vom 10. Juni 1994
- Richtlinien zur Bestimmung von Fixpunkten in der Amtlichen Vermessung, Bundesamt für Landestopografie swisstopo, November 2005, Revision Dezember 2010 (Richtlinie swisstopo)
- Bezugssysteme in der Praxis (Technischer Bericht 99-20 der L+T), August 1999
- Anleitungen zu den Programmen LTOP, TRANSINT und FINELTRA sowie analogen Programmen

In dieser Weisung wird als Ausgleichsprogramm LTOP angegeben. Für die offizielle Umrechnung für die Gebrauchshöhen ist das Programm HTRANS anzuwenden. Anstelle LTOP und TRANSINT können gleichwertige Programme eingesetzt werden. Es liegt in der Verantwortung des Geometers, sicherzustellen, dass die Resultate den Qualitätsanforderungen genügen.

Bei neuen Fixpunktnetzen sind die Qualitätsanforderungen der Toleranzstufen 2 und 3 einzuhalten.

2. Netzanlage

2.1 Übergeordnetes Fixpunktnetz (LFP1 + LFP2)

Die Lagefixpunkte 1+2 im erweiterten Bearbeitungsgebiet sind rechtzeitig zu begehen und dabei mit der Wasserwaage zu überprüfen. Mängel an der Versicherung (schief, zerstört, eingewachsen, GNSS-Tauglichkeit etc.) sind dem ARE zu melden. Die Werte der Steinschiefe sind in den Richtlinien swisstopo, Kap. 2.3.1, ersichtlich. Vorgängig ist beim ARE abzuklären, ob sich die Begehung erübrigt (z.B. Begehung durch das ARE im Rahmen der periodischen Nachführung).

Die ehemaligen LFP1+2, die in den LFP2-Erneuerungen gemessen und zu LFP3 abklassiert wurden, können auch als Anschluss-/Festpunkte verwendet werden, sofern ihr Versicherungszustand gleich wie bei der LFP2-Erneuerung ist. Allfällige leichte Steinschiefen zum Zeitpunkt der Messung sind beim ARE dokumentiert und wurden der NF-Stelle mitgeteilt.

2.2 Anzahl Lagefixpunkte LFP3

Gemäss Art. 49 TVAV beträgt der Richtwert für die Punktdichte im Baugebiet (TS2) 70 LFP3/km² oder der durchschnittliche Punktabstand 150m. Je nach Überbauungsgrad und den topografischen Verhältnissen kann die Anzahl der LFP3 auf maximal das Doppelte erhöht werden.



2.3 Standortwahl und Verteilung der Lagefixpunkte LFP3

Um ein gutes Lagefixpunktnetz für die Nachführung zu erhalten, sind bei der Wahl der Standorte folgende Kriterien zu beachten:

- Homogenes Netz
- Anschlussvisuren: bleibend gesicherte Sichtverbindung auf möglichst zwei Lagefixpunkte in der näheren Umgebung, möglichst im Strassenraum mit genügend Abstand zu Bepflanzungen
- gut zugänglich, möglichst auf öffentlichem Grund
- Gute Lage gegenüber Überbauung und unter Berücksichtigung der Vegetation (gute Visuren möglich)
- GNSS-Tauglichkeit und Sichtbarkeit aus der Luft (Photogrammetrie)
- möglichst geschützt vor Verkehr für Stationierung (wenig verkehrsbehindernd, bevorzugt in Trottoirs/Verkehrinseln)
- Rücksichtnahme auf vorhandene Werkleitungen (Leitungskatasterpläne konsultieren)
- in Landwirtschafts- und Waldstrassen mit Kiesbelag in Wegmitte
- nur ausnahmsweise auf Grenzpunkten

Die Fixpunktverteilung und die Netzanlage wird bei Erst-/Zweiterhebungen und Erneuerungen vom ARE verifiziert (TVAV Art. 52).

2.4 Bestehende alte Lagefixpunkte

Alte Lagefixpunkte an geeigneten Standorten mit intakter Kennzeichnung, welche den Bestimmungsanforderungen für Lagefixpunkte genügen (aktuelle Koordinaten), werden als LFP3 verwaltet.

Alte, für den Datenbestand massgebende, den Anforderungen an LFP3 aber nicht genügende Fixpunkte (Kennzeichnung, Bestimmung), werden als Hilfsfixpunkte (LFP4) verwaltet.

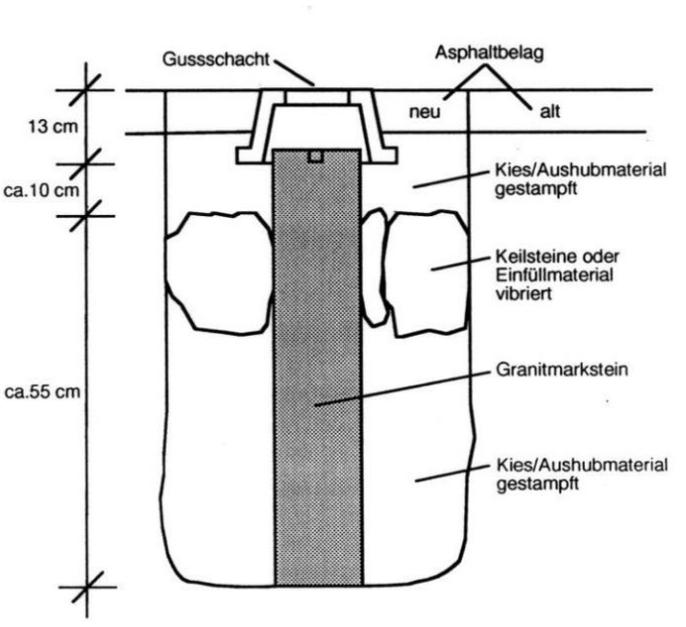
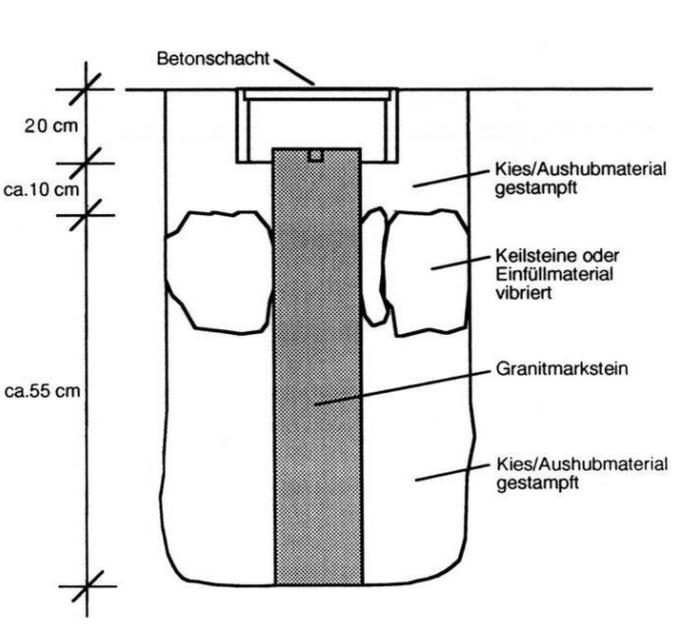
3. Kennzeichnung von Lagefixpunkten

Bestehende Kennzeichnungen sind bei Bedarf zu revidieren.

Bei Erst-/Zweiterhebungen und Erneuerungen ist die Punktversicherung vor der Messung durch das ARE verifizieren zu lassen. Nachfolgend sind bewährte Kennzeichnungsmöglichkeiten aufgeführt. Es können nach Rücksprache mit der Vermessungsaufsicht auch andere Methoden (z.B. Camponovo-Schacht) angewendet werden.

3.1 Kennzeichnungsmöglichkeiten

3.1.1 Befahrbare Abdeckungen

Material	Standort	Schnitt
<p>Granitmarkstein unter Gusschacht.</p> <p>Stein 14 cm x 14 cm / 65-70 cm gesägt oder behauen mit Zentrumsloch \varnothing 1 cm und 1 cm tief sowie geschliffener Steinkopfoberfläche.</p>	<p>Strassen, Wege, Trottoirs und Plätze mit Asphaltbelag ohne Leitungen in geringer Tiefe.</p>	
<p>Granitmarkstein unter Beton- / Zementrohrschaft mit Gussdeckel.</p> <p>Schacht \varnothing ca. 32 cm und 20 cm hoch, Gussdeckel mit Ring.</p>	<p>Landwirtschafts- und Waldstrassen (Mitte) sowie wenig befahrene Plätze mit Kiesbelag.</p>	



Material	Standort	Schnitt
<p>Granitmarkstein mit Chromstahlplatte und Betondeckel.</p> <p>Chromstahlplatte 13 cm x 13 cm mit Zentrumsaussparung von mindestens \varnothing 4 cm.</p>	<p>Landwirtschafts- und Waldstrassen (Mitte) sowie befahrbare Plätze mit Kiesbelag (Aufsuchen mit Metallsuchgerät).</p>	<p>Betondeckel 10-15 cm dick \varnothing 25-30 cm</p> <p>2 cm</p> <p>10-15 cm</p> <p>5-8 cm</p> <p>ca.65 cm</p> <p>Chromstahlplättli ca.13 x 13 cm</p> <p>Kies/Aushubmaterial gestampft</p> <p>Keilsteine oder Einfüllmaterial vibriert</p> <p>Granitmarkstein</p> <p>Kies/Aushubmaterial gestampft</p>
<p>Messingbolzen mit der Aufschrift PP in Betonsockel unter Gusschacht.</p>	<p>Strassen, Wege (ausserhalb der Fahrspur), Trottoirs und Plätze mit Asphaltbelag über Leitungen in geringer Tiefe.</p>	<p>Gusschacht</p> <p>Asphaltbelag neu alt</p> <p>13 cm</p> <p>ca.5 cm</p> <p>ca.25 cm</p> <p>30 cm</p> <p>sandiger Feinkies/ Aushubmaterial verdichtet</p> <p>Messingbolzen</p> <p>Beton</p>

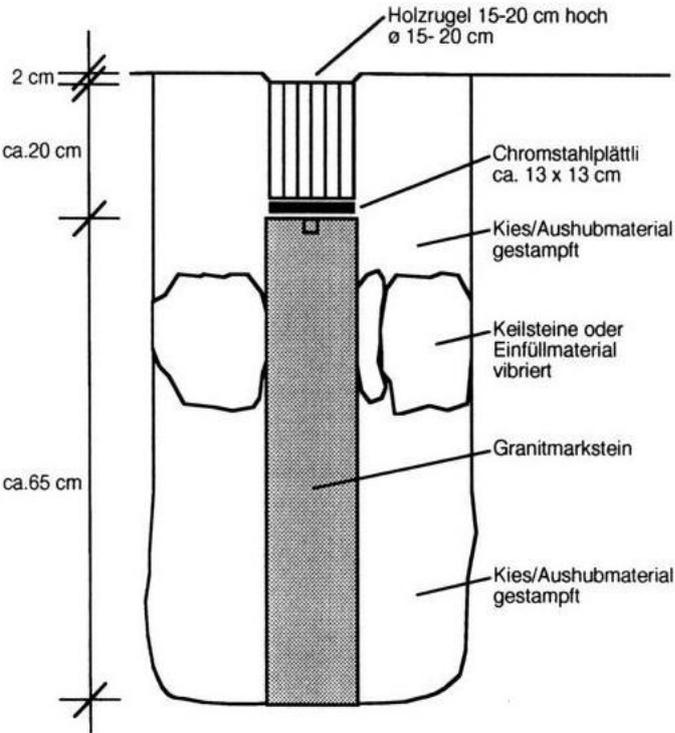
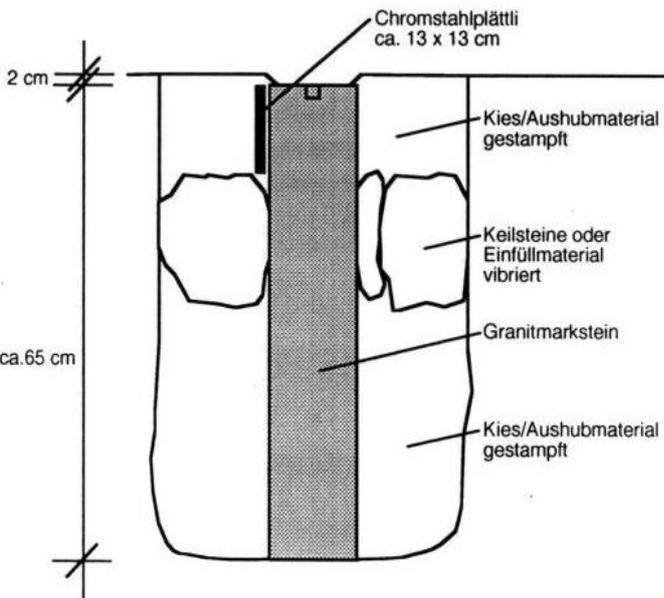
In Staatsstrassen und angrenzenden Rad- und Gehwegen gilt die vom Tiefbauamt herausgegebene Normalie 111 – Vermessungsschacht vom September 2023:

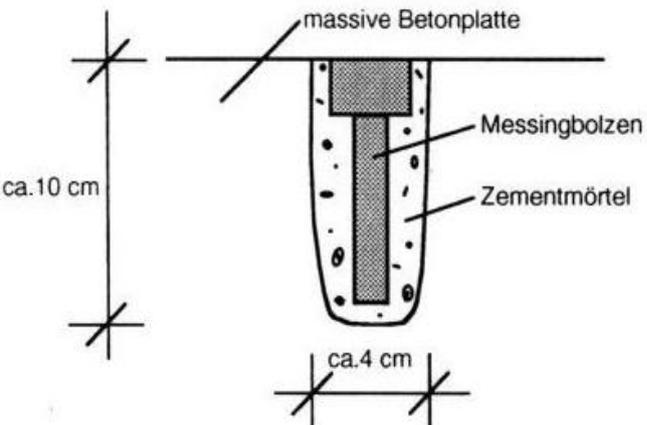
[111 Vermessungsschacht \(Sept 23\) \(zh.ch\)](https://www.zh.ch/de/vermessung/vermessungsschacht)

An Staatsstrassen sind in 1. Priorität die neuen Vermessungspunkte mit Bolzen in den Randabschlüssen zu versetzen. In 2. Priorität können die neuen Vermessungspunkte im Strassenraum mit Vermessungsschächten erstellt werden.



3.1.2 Beschränkt befahrbare Abdeckungen

Material	Standort	Schnitt
Granitmarkstein mit Chromstahlplatte und Holzrugel.	Landwirtschafts- und Waldstrassen (Mitte) sowie wenig befahrene Plätze mit Kiesbelag, Wiesen und Wald (Aufsuchen mit Metallsuchgerät).	 <p>Holzrugel 15-20 cm hoch ø 15-20 cm</p> <p>2 cm</p> <p>ca. 20 cm</p> <p>ca. 65 cm</p> <p>Chromstahlplättli ca. 13 x 13 cm</p> <p>Kies/Aushubmaterial gestampft</p> <p>Keilsteine oder Einfüllmaterial vibriert</p> <p>Granitmarkstein</p> <p>Kies/Aushubmaterial gestampft</p>
Granitmarkstein, mit Chromstahlplatte wo nötig (bodeneben).	Gärten, Parkanlagen (Rasen).	 <p>Chromstahlplättli ca. 13 x 13 cm</p> <p>2 cm</p> <p>ca. 65 cm</p> <p>Kies/Aushubmaterial gestampft</p> <p>Keilsteine oder Einfüllmaterial vibriert</p> <p>Granitmarkstein</p> <p>Kies/Aushubmaterial gestampft</p>

Material	Standort	Schnitt
Messingbolzen mit Aufschrift PP in Mörtel.	Betonstrassen, betonierte und gepflästerte Wege und Plätze, Randsteinfugen.	

3.2 Stein- und Bolzensatz

Müssen wegen Hindernissen (z.B. Fels) Steine gekürzt werden, sind diese solid einzubetonieren. Die geschliffene Steinoberfläche muss horizontal sein.

Wird zusätzlich eine Schachtabdeckung über dem Lagefixpunktstein oder -bolzen gesetzt, darf diese damit keine Verbindung aufweisen. Die Schachtabdeckung darf nicht einsinken. Allfällig in den Schacht eingedrungenes Regenwasser muss zwischen Steinkopf und Schacht abfliessen können, zum Beispiel durch Einbau eines Abflussrohres.

Sollen beim Stationieren über tiefer gesetzten Granitmarksteinen mit Betondeckel oder Holzrugelabdeckung die Chromstahlplatten nicht entfernt werden, sind solche mit einer Zentrumsaussparung (\varnothing mindestens 4 cm) zu verwenden.

LFP-Bolzen (Aufschrift PP) sind mit Zementmörtel oder Beton vorzugsweise in die Fuge zwischen zwei Randsteinen zu setzen. Die Bolzenoberfläche soll horizontal sein und darf auf keinen Fall vorstehen.

Das zu verwendende Material für LFP-Steine und -bolzen sowie die erforderlichen Grössen und Konstruktionsmasse sind in Kap. 3.1 beschrieben.

3.3 Hilfsfixpunkte

Bei den Hilfsfixpunkten wird zwischen zwei Arten unterschieden, welche sich in Bezug auf die Herkunft zwar unterscheiden, in den Daten jedoch nicht unterschiedlich attribuiert werden:

- LFP4: Basispunkt, Verdichtungspunkt, Polygonpunkt oder Passpunkt nach altem Recht, der Nachführung nicht unterliegend (vgl. Kap. 2.4)
- LAP: Lageaufnahmepunkt (Netzpunkte oder freie Stationierungen) ohne dauernde Versicherung (Punktzeichen = unversichert), Genauigkeitsanforderungen wie LFP3

Die für Detailaufnahmen, Absteckungen und Netzversteifungen notwendigen Hilfsfixpunkte (LAP) sind am ausgewählten Standort möglichst kostengünstig zu erstellen und mit der Bestandesänderung aus dem Datensatz zu löschen.

Hilfsfixpunkte vom Typ LFP4 sind in das LFP3-Netz einzupassen.



Je nach Standort eignen sich folgende Materialien für eine temporäre Kennzeichnung:

Material	Standort
Holz- / Kunststoffpfähle mit Nagel	Wiesen, Rasen, Parkanlagen, Wald
Stahlnägel (Messpunkt), Eisendorne, Bolzen, Bohrloch	Asphaltbelag, Pflasterung, Betonplatte
Eisenrohre mit Kunststoffkappen (Messpunkt)	Kiesweg, Plätze, Wiesen, Rasen, Parkanlagen, Wald
Eisenrohre, Eichenpfähle	Bachrand, Moor
Kunststoffmarken, Polyesterbetonsteine	Kiesweg, Plätze, Wiesen, Rasen, Parkanlagen, Wald
Zielmarken	Glatte und ebene Oberflächen wie Mauern oder Gebäudefassaden

Pflöcke, Röhren, Bolzen und Kunststoffmarken sollen solid mit dem jeweiligen Untergrund verbunden sein. Sie dürfen im Gelände nicht vorstehen (zum Schutz vor Beschädigungen).

Bei Zielmarken ist zu beachten, dass die automatische Feinzielung bzw. die automatische Zielerkennung nicht oder nur eingeschränkt möglich ist, sie sind daher manuell anzuzielen. Der horizontale und vertikale Auftreffwinkel (mindestens 50gon) sowie die minimalen und maximalen Zielweiten sind gemäss Herstellerangaben einzuhalten.

3.4 Wegfallende Lagefixpunkte LFP3

Im Siedlungsgebiet mit neuem Fixpunktnetz müssen alte Lagefixpunkte ohne aktuelle Koordinaten (vgl. Kap. 2.4) unkenntlich gemacht werden, um Verwechslungen auszuschliessen. Dazu sind Schachtabdeckungen (ev. nur Schachtdeckel) und Bolzen zu entfernen. Bei bodenebenen Granitsteinen ist zumindest der Kopf abzuschlagen. Beschädigter Strassenbelag und entstandene Löcher sind instand zu stellen.

Es soll kein ausserordentlicher Suchaufwand betrieben werden (die Absteckung mit einem Instrument ist nicht ausserordentlich).

Ausserhalb der Bauzone bleiben die alten Fixpunkte bestehen, sofern keine unmittelbare Verwechslungsgefahr existiert.

Punkte, die zugleich Grenzpunkte sind, werden im Datensatz der Ebene Fixpunkte gelöscht oder abklassiert. Die Vermarkung bleibt bestehen.

3.5 Verifikation der Kennzeichnung

Die Verifikation der Kennzeichnung wird durch das ARE operatsbegleitend vorgenommen. Neu erstellte und wiederverwendete LFP sind gebietsweise vor der Durchführung von weiträumigen Feldmessungen dem ARE zur Verifikation anzumelden. Bei der Verifikation wird die vorschrifts- bzw. vertragsgemässe Arbeitsausführung geprüft. Die Resultate werden in einem Bericht zu Händen des Unternehmers zusammengestellt.

Die Mängel sind innerhalb der im Verifikationsbericht festgesetzten Frist durch den Unternehmer zu beheben. Die ausgeführte Mängelbehebung ist dem ARE schriftlich mitzuteilen.



4. Messungen

4.1 Allgemeines

- Die Wahl der eingesetzten Messmittel und GNSS-Methoden ist frei.
- Die zentrische Signalisierung und Stationierung ist mit höchster Sorgfalt durchzuführen. Die geforderte Standardabweichung soll dabei 3mm nicht überschreiten. Die Libellen der eingesetzten Geräte, speziell der Lotstöcke, sind regelmässig zu prüfen und zu justieren.
- Die Instrumenten- und Signalhöhen sind mindestens zweimal unabhängig zu ermitteln. War eine Station zeitweise unbeaufsichtigt, sind Zentrierung, Stationshöhe und die Zielhöhe vor der Messung zu kontrollieren. Die geforderte Standardabweichung soll dabei 3mm nicht überschreiten.
- Es wird empfohlen, auf jeder Station ein Stationsprotokoll zu führen, welches mindestens das Datum, die Punktnummer, die Instrumentenhöhe und allfällige Unregelmässigkeiten bei den Messungen enthält; bei terrestrischen Messungen zusätzlich die vor Ort gemessene Temperatur und den Luftdruck.
- Lagefixpunktnetze sind an vorhandene HFP1+2 anzuschliessen, sofern kein kommunales Höhenfixpunktnetz vorhanden ist und deshalb die LFP3 ohne Höhe geführt werden. Dabei ist zu beachten, dass der Anschluss mittels GNSS nur dann eine Verbesserung ergibt, wenn diese Messungen frei von Fehlereinflüssen sind (Multipath, Abdeckungen, usw).

4.2 Lagerungspunkte / Anschlusspunkte

Neue Fixpunktnetze sind auf den für das Bearbeitungsgebiet gültigen LFP1 bis LFP2 abzustützen, in der Nachführung auf benachbarte LFP3.

Bei grossflächiger neuer Netzanlage sind die Anschlusspunkte des übergeordneten Netzes gemäss Kap. 2.1 zu verwenden. Grundsätzlich sind die als TSP der nationalen Dreiecksvermaschung bestimmte LFP1 und LFP2 als Anschlusspunkte zu bevorzugen. Für den Höhenanschluss sind LFP2, welche nivellierte Höhen aufweisen, vorzuziehen.

Extrapolationen sind zu vermeiden (Nachbarschaftsprinzip). Somit sind auch Anschlusspunkte ausserhalb des Bearbeitungsperimeters in das Netz einzubeziehen.

4.3 Tachymetrische Messung

- Die tachymetrischen Messungen sind – nach Möglichkeit – zwangszentriert vorzunehmen. Die Zentrierung ist jeweils bei der Instrumentenumstellung zu überprüfen und die Instrumenten- bzw. Signalhöhen zu kontrollieren.
- Richtungsmessungen sollen nach Möglichkeit als Satzmessungen durchgeführt werden.
- Bei Distanzmessungen ist, im Hinblick auf das jeweilige Ausgleichsprogramm, die Distanzreduktion in der korrekten Reihenfolge anzubringen:
 - Atmosphärische Korrektur
 - Reduktion auf Horizontaldistanz
 - Reduktion auf Meereshöhe
 - Korrektur wegen Projektionsverzerrung



4.4 GNSS-Messung

- GNSS-Messungen können als alleiniges Messmittel oder kombiniert mit terrestrischen Messmethoden zur Bestimmung von Lagefixpunkten benutzt werden. Die Messanforderungen sind für beide Verfahren gleich.
- Es wird aus Wirtschaftlichkeitsgründen empfohlen, die Methode Real-Time-Kinematic (RTK) zu verwenden. Dazu dürfen nur genehmigte Positionierungsdienste (swipos, refnet) oder eine eigene Referenzstation (fest installiert oder temporär) verwendet werden. Bei fehlenden Funk- oder Telefonverbindungen kann auf die Methode rapid static / fast static zurückgegriffen werden.
- Alle Anschluss- und Neupunkte sind mindestens in zwei Sessionen zu messen. Die Sessionen müssen mit unterschiedlichen Satellitenkonstellationen (Zeitunterschied bei gleichen Satellitensystemen ca. 2 Stunden) gemessen werden, sowie mit einer neuen (virtuellen) Referenz.
- Pro Beobachtungspunkt soll eine Messung mehrere RTK-Korrekturen verwenden und aus mehreren Beobachtungen gemittelt werden. Die Standardabweichung soll aber bereits bei der Registrierung nicht mehr als 15 mm in der Lage und 20 mm in der Höhe betragen. Der GDOP-Wert soll dabei nicht höher als 5 sein.
- Um eine ausreichende Zuverlässigkeit zu erreichen darf die Abweichung desselben Punktes in zwei Sessionen nicht höher als 20 mm in der Lage sein.
- Die Messungen müssen in LV95/LN02 erfolgen und im Gerät ist die Schweizer Projektion (CHGeo04-Geoid) zu verwenden. Für den Datumsübergang Bessel Ellipsoid ↔ WGS84 ist der „3-Parameter-Satz“ zu verwenden (vgl. Richtlinien für die Bestimmung von Fixpunkten, 2005, Kap. 3.2.1).
- Mehrere Sessionen sind untereinander durch mindestens drei gemeinsame Verknüpfungspunkte zu verbinden.

5. Berechnung und Genauigkeitsanforderung

5.1 Allgemeines

Die Messungen sind nach der Methode der kleinsten Quadrate auszugleichen. Bei einer kombinierten Messung (terrestrisch/GNSS) sind alle Messungen gemeinsam auszugleichen.

Für einen allgemein gültigen Berechnungsablauf kann Kapitel 5 der Beschreibung zur Software LTOP (Handbuch LTOP-Version 94 02-d) hinzugezogen werden.

Für allfällige Transformationen oder Interpolationen können folgende Programme eingesetzt werden: TRANSINT, FINELTRA (mit lokalen Stütz-/Lagerungspunkten) oder mit den gleichen Algorithmen operierende Programme.



5.2 Berechnungsablauf

Siehe auch „Ablaufschema Berechnung“ in den Richtlinien swisstopo, Kapitel 2.6.1.

In den verschiedenen Programmen, Richtlinien und Anleitungen werden für die Ausgleichsberechnungen die folgenden Begriffe oder deren Synonyme verwendet:

Freies Netz: Ausgleichung mit minimalem Datum, Ausgleichung mit minimaler Lagerung, Freie Ausgleichung.

Weich gelagertes Netz: Robuste oder nicht robuste, weich gelagerte Ausgleichung mit Anschlusspunkten als Beobachtungen, Ausgleichung mit weicher Lagerung, frei gelagerte Ausgleichung.

Gezwängtes Netz: Ausgleichung mit Anschlusspunkte als Festpunkte (Standardabweichung = 0), Gezwängte Ausgleichung

Berechnungsablauf

- Mittels einer freien Ausgleichung werden grobe Fehler an den Messungen detektiert.
- Mit einer weich gelagerten Ausgleichung (für die Verifikation soll diese nicht-robust sein) werden die Verschiebungen der Anschlusspunkte festgestellt.
- Zur Bestimmung der definitiven Koordinaten wird eine gezwängte Ausgleichung durchgeführt.

Es gilt zudem die folgende Einschränkung: Ein Fixpunktnetz, das in sich nicht kontrollierbar ist, ist für die Überprüfung der Anschlusspunkte problematisch, da z.B. bei offenen Polygonzügen, die noch mit Fehlern behaftet sind, Falschinterpretationen bei den Anschlusspunkten möglich sind.

Allgemeine Anmerkungen

- Um die Verschiebungen der Anschlusspunkte festzustellen zu können, kann die Standardabweichung der als Beobachtungen eingeführten Anschlusskoordinaten sehr hoch angesetzt werden. Dabei ist aber zu beachten, dass das stochastische Modell nicht mehr auf realistischen Annahmen beruht und somit der globale Modelltest und die einzelnen Residuen (W_i) keine Aussagekraft mehr haben. Die Überprüfung der Qualität der einzelnen Anschlusspunkte muss daher manuell erfolgen.
- Alternativ können realistische Werte für die Standardabweichung angenommen werden (diese sind in jedem Fall von den lokalen Gegebenheiten abhängig). Anhand des globalen Modelltest kann dann das stochastische Modell überprüft werden und mittels der Residuen können Fehler in den Anschlusspunkten detektiert werden.
- Treten zu grosse Verbesserungen auf, respektive sind die Differenzvektoren zu gross, sind diese Anschlusspunkte als Neupunkte mit neuer LFP-Nummer zu definieren.
- Für die Verifikation ist eine weich gelagerte, nicht robuste Ausgleichung durchzuführen.
- Nur in begründeten Fällen darf ausnahmsweise der mittlere Fehler für einzelne Punkte vergrössert werden. Im Begleitbericht zur Berechnung sind die betroffenen Messungen zusammen mit der Begründung für den grösseren individuellen mittleren Fehler aufzulisten.
- Es ist darauf zu achten, dass bei Nachmessungen (meistens durch Unstimmigkeiten verursacht) zusätzlich mindestens drei gut zu messende Punkte der ursprünglichen Messung in die Messanordnung einbezogen werden. Bei Problempunkten können dann bei genügender Überbestimmung allenfalls die mittleren Fehler erhöht werden.



Anmerkungen zu GNSS-Messungen:

- Bei kombinierten Messungen sind die GNSS-Messungen ohne Mittelbildung separat in die Ausgleichsberechnungen einzuführen. Normalerweise bildet eine Session einen Koordinatensatz. Die Massstäbe und Rotationen (Drehungen) der verschiedenen Koordinatensätze sollen innerhalb der Messgenauigkeit übereinstimmen. In den definitiven Berechnungen sollten für alle Koordinatensätze der gleiche Massstab und die gleiche Rotation (Drehung) definiert werden.
- Die Kontrolle der GNSS-Messungen kann vor dem Hinzufügen der trigonometrischen Messungen und der nivellierten Höhendifferenzen in separaten Berechnungsgängen erfolgen.

Zwischenverifikation

Bei einer Neuvermessung oder Erneuerungen von grossen Teilnetzen müssen vor der gezwängten Ausgleichung folgende Unterlagen zur Beurteilung dem ARE vorgelegt werden:

- Resultat der nicht robusten und weich gelagerten Ausgleichung
- Punkteplan im Übersichtsplanmassstab muss folgende Elemente enthalten:
 - Alle Punkte mit Punktnummern (gültige LFP1-3 mit Unterscheidung zwischen Neu- und Anschlusspunkten)
 - Für die Berechnung verwendete tachymetrische Messung (Visuren)
 - Mit GNSS gemessene Punkte umkreisen
 - Differenzvektoren der Anschlusspunkte (bestehende Koordinaten ↔ ausgeglichene Koordinaten) für Lage und Höhe im geeigneten Massstab
 - Anschlusspunkte für Höhe (einbezogene HFP 1+2+3, nivellierte Anschlusspunkte-/Festpunkte)
- Bei GNSS-Messungen: Rohdaten (Mess-File) und Messprotokolle. Darin enthalten sollten sein:
 - Punktnummer
 - Versicherungsart
 - E, N, H
 - Qualität/m.F.
 - Anzahl Epochen oder Messdauer
 - Sessionsnummer
- Begleitbericht: Der Begleitbericht soll den folgenden Inhalt aufweisen:
 - Begehung / Kontrolle der Anschlusspunkte (vom ARE neu bestimmte LFP2/3, LFP3 von Nachbaroperaten)
 - Punktversicherung LFP3
 - Instrumentarium
 - Prüfung Instrumentarium
 - Software
 - Messanlage
 - Messungen
 - GNSS-Methode
 - Probleme mit GNSS
 - Netzlagerung
 - Eliminierte Messungen
 - Berechnung
 - Grosse WI, Massnahmen/Nachmessungen
 - Begründung von individuell zugeordneten grösseren mittleren Fehlern



Verifikation definitiver Berechnung

Darstellung der Fehlerellipsen und Zuverlässigkeitsrechtecke in der Regel 1:1, bei Bedarf abweichender Massstab, auf einem Übersichtsplan in Lage und Höhe getrennt.

Bei Erneuerungsarbeiten: Koordinatenvergleich alte PP-Koordinate – neue Koordinate LFP3/Hilfsfixpunkt. Darstellung der Differenzvektoren 1:1 auf Übersichtsplan.

Die definitive Berechnung ist dem ARE zur Verifikation vorzulegen, bevor weitere Informationsebenen bearbeitet werden.

6. Technische Dokumente

6.1 Laufende Nachführung

- Prüfprotokolle der Instrumente (z.B. von Eichstrecke Distanzmesser) nicht älter als 1 Jahr
- Stationsprotokolle
- Messprotokolle
- Punkteplan (Übersichtsplan) mit Darstellung der Anschluss- und Neupunkte, Visuren der terrestrischen Messungen, Fehlerellipsen 1:1 und Zuverlässigkeitsrechtecken
- Bei grösseren Ergänzungen (ab Perimeterfläche > 5 ha) zusätzlich Punkteplan (Übersichtsplan) mit Darstellung der Anschluss- und Neupunkte, Visuren der terrestrischen Messungen und Differenzvektoren auf den Anschlusspunkten 1:1 oder 2:1
- Vollständige Unterlagen der weich gelagerten Ausgleichung und der definitiven Berechnung (gezwängte Ausgleichung).

6.2 Erneuerung Lagefixpunktnetz

Zusätzlich zu den Dokumenten gemäss Kap. 6.1:

- Übersichtsplan mit Differenzvektoren LFP-Koordinate / neue LFP3/Hilfsfixpunkt-Koordinate
- Begleitbericht