



Kanton Zürich  
Baudirektion  
**Amt für Raumentwicklung**  
Geoinformation



Kataster

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

Weisung AV04-<sup>^</sup>2018 vom 1. <sup>^</sup>Oktober <sup>^</sup>2018

*ÄNDERUNGEN IM DOKUMENT:*

*Ergänzungen in rot*

*Löschungen mit blauem <sup>^</sup>*



# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>3</b>
1.1	Einleitung	3
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Grundlagen / Toleranzstufen	4
<b>2.</b>	<b>Netzanlage</b>	<b>4</b>
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
<b>3.</b>	<b>Kennzeichnung von Lagefixpunkten</b>	<b>6</b>
3.1	Kennzeichnungsmöglichkeiten	6
3.2	Stein- und Bolzensatz	9
3.3	Rückversicherung (sekundäre Zeichen)	10
3.4	Hilfsfixpunkte	10
3.5	Wegfallende Lagefixpunkte LFP3	11
3.6	Verifikation der Kennzeichnung	11
<b>4.</b>	<b>Messungen</b>	<b>11</b>
4.1	Allgemeines	11
4.2	Lagerungspunkte / Anschlusspunkte	12
4.3	Tachymetrische Messung	12
4.4	GNSS-Messung	12
<b>5.</b>	<b>Berechnung und Genauigkeitsanforderung</b>	<b>13</b>
5.1	Allgemeines	13
5.2	Berechnungsablauf	14
<b>6.</b>	<b>Technische Dokumente</b>	<b>16</b>
6.1	Laufende Nachführung	16
6.2	Erneuerung Lagefixpunktnetz	16

## 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



# 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, November 2005
- 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 (Programmversion 4) angegeben. Für die offizielle Umrechnung <sup>^</sup> für die Gebrauchshöhen ist das Programm HTRANS anzuwenden. <sup>^</sup> Anstelle LTOP und TRANSINT können gleichwertige Programme eingesetzt werden.*

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. 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/km<sup>2</sup>. 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)
- Punkte mit möglichst geringer Verkehrs- und Messbehinderung
- 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.

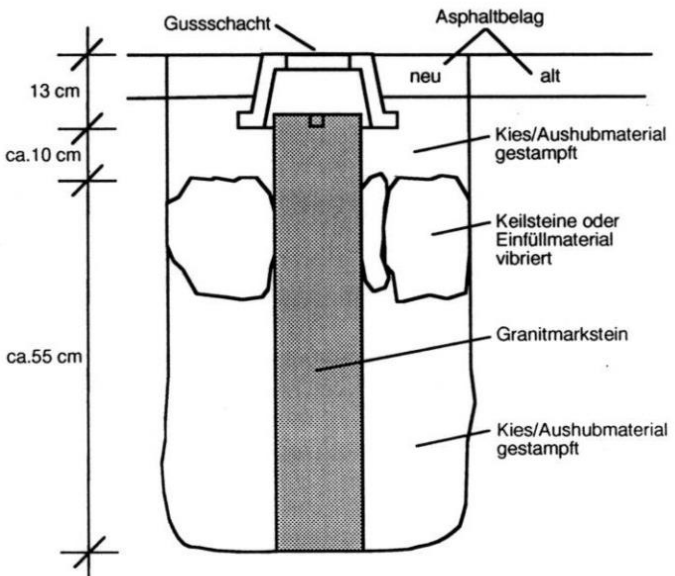
### 3. Kennzeichnung von Lagefixpunkten

Bestehende Kennzeichnungen sind bei Bedarf zu revidieren.

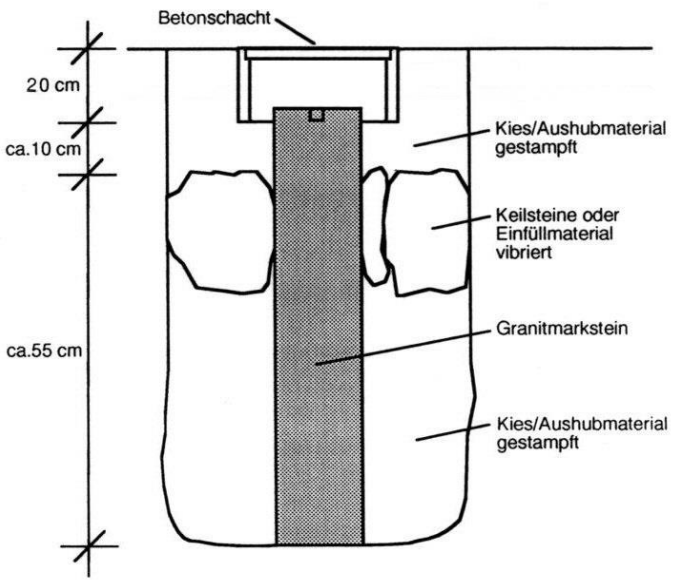
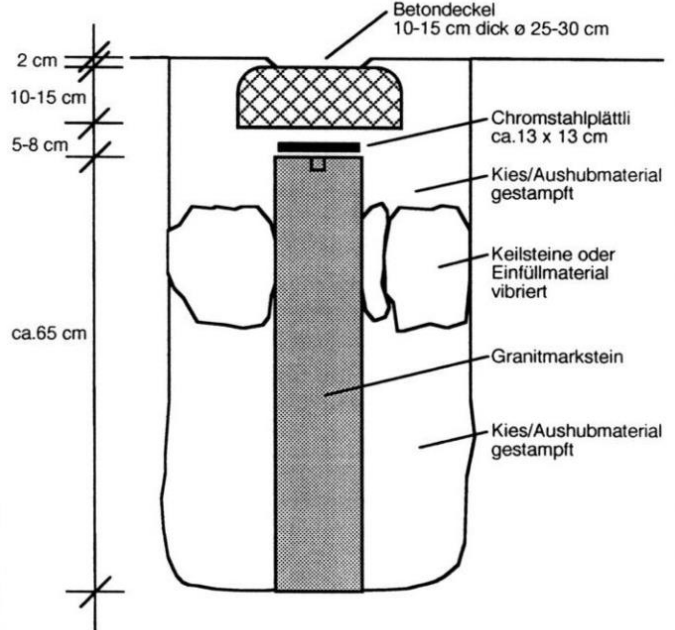
Bei Erst-/Zweiterhebungen und Erneuerungen ist die Punktversicherung vor der Messung durch das ARE verifizieren zu lassen.

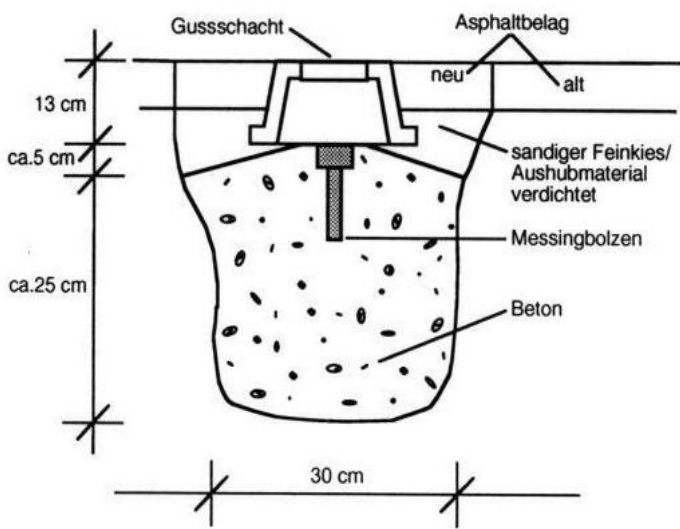
#### 3.1 Kennzeichnungsmöglichkeiten

##### 3.1.1 Befahrbare Abdeckungen

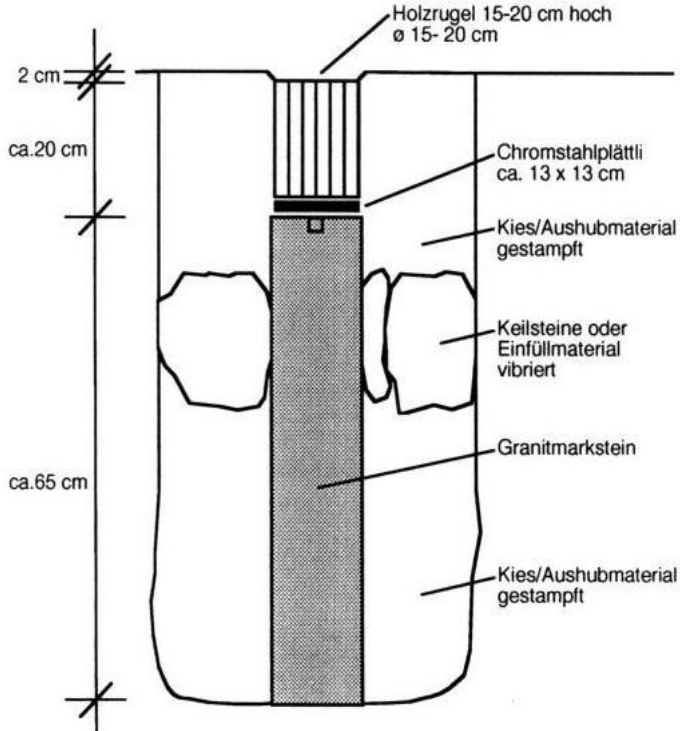
Material	Standort	Schnitt
Granitmarkstein unter Gusschacht.  Stein 14 cm x 14 cm / 65-70 cm gesägt oder behauen mit Zentrumsloch $\varnothing$ 1 cm und 1 cm tief sowie geschliffener Steinkopfoberfläche.	Strassen, Wege, Trottoirs und Plätze mit Asphaltbelag ohne Leitungen in geringer Tiefe.	



Material	Standort	Schnitt
<p>Granitmarkstein unter Beton- / Zementrohrschacht mit Gussdeckel.</p> <p>Schacht <math>\varnothing</math> ca. 32 cm und 20 cm hoch, Gussdeckel mit Ring.</p>	<p>Landwirtschafts- und Waldstrassen (Mitte) sowie wenig befahrene Plätze mit Kiesbelag.</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a manhole. At the top, there is a concrete shaft (Betonschacht) with a height of 20 cm. Below it is a cast iron cover (Gussdeckel) with a height of approximately 10 cm. The shaft is surrounded by compacted gravel or ash material (Kies/Aushubmaterial gestampft). The shaft itself is made of granite blocks (Granitmarkstein) and is surrounded by compacted gravel or ash material. The total height of the shaft is approximately 55 cm.</p>
<p>Granitmarkstein mit Chromstahlplatte und Betondeckel.</p> <p>Chromstahlplatte 13 cm x 13 cm mit Zentrumsausparung von mindestens <math>\varnothing</math> 4 cm.</p>	<p>Landwirtschafts- und Waldstrassen (Mitte) sowie befahrbare Plätze mit Kiesbelag (Aufsuchen mit Metallsuchgerät).</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a manhole. At the top, there is a concrete cover (Betondeckel) with a thickness of 10-15 cm and a diameter of 25-30 cm. Below the cover is a chrome steel plate (Chromstahlplättli) with a thickness of 2 cm and a diameter of approximately 13 cm. The plate has a central hole. Below the plate is a layer of compacted gravel or ash material (Kies/Aushubmaterial gestampft) with a thickness of 5-8 cm. The shaft is made of granite blocks (Granitmarkstein) and is surrounded by compacted gravel or ash material. The total height of the shaft is approximately 65 cm.</p>

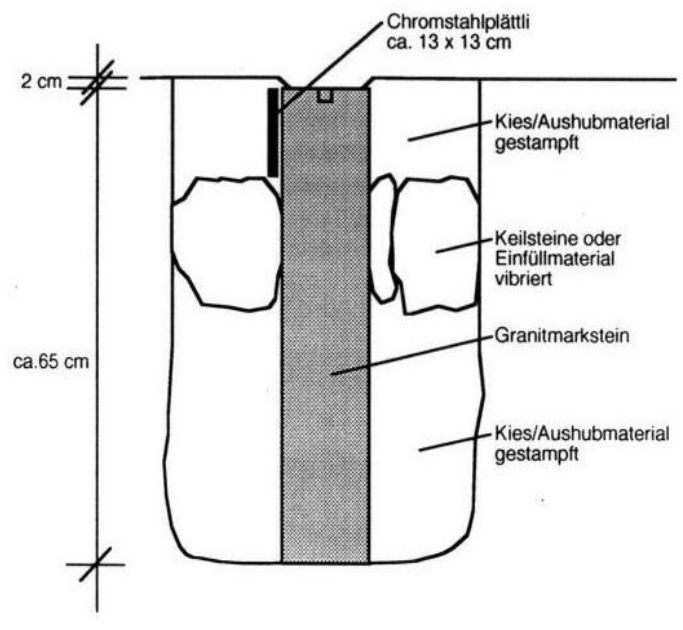
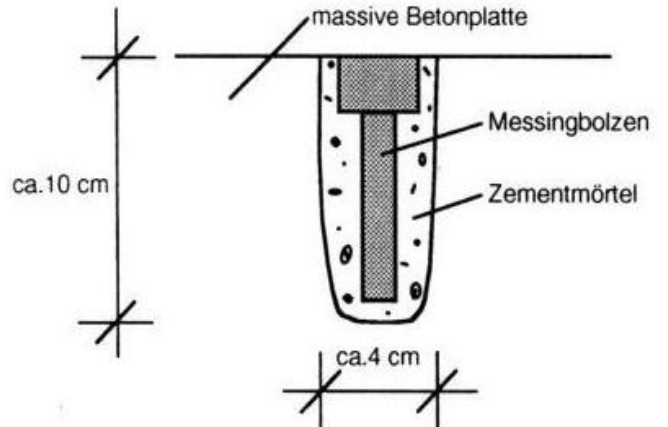
Material	Standort	Schnitt
Messingbolzen mit der Aufschrift PP in Betonsockel unter Gusschacht.	Strassen, Wege (ausserhalb der Fahrspur), Trottoirs und Plätze mit Asphaltbelag über Leitungen in geringer Tiefe.	

### 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).	





Material	Standort	Schnitt
Granitmarkstein mit Chromstahlplatte (boden-eben).	Gärten, Parkanlagen (Rasen).	
Messingbolzen mit Aufschrift PP in Mörtel.	Betonstrassen, betonierte und gepflästerte Wege und Plätze, Randsteinfugen.	

### 3.2 Stein- und Bolzensatz

Vor der Grabarbeit wird der durch Pflock oder Nagel vorübergehend versicherte LFP-Standort rückversichert. Das Aushubmaterial wird schichtweise wieder eingefüllt und gut verdichtet. Alle Steine sind mit einem oberen Steinkranz solid zu verkeilen oder einzubetonieren (bis maximal 5 cm unter Steinoberfläche). Darüber ist das wieder eingefüllte Material ebenfalls gut zu verdichten.

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.

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



LFP-Bolzen (Aufschrift PP) sind mit ausreichend Zementmörtel oder Beton 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 Rückversicherung (sekundäre Zeichen)

Wichtige Lagefixpunkte (Bauzone ca. 2-3 LFP/km<sup>2</sup>; Nicht-Bauzone ca. 1 LFP/km<sup>2</sup>) können folgendermassen rückversichert werden, um eine einfache und genaue Rekonstruktion zu ermöglichen:

- mit zentrischer Bodenplatte mindestens 10 cm unter LFP-Stein in Feld und Wald. Der senkrechte Abstand zwischen Stein- und Bodenplattenoberfläche ist zu bestimmen und zu dokumentieren.
- mit Rückversicherungsmassen (Genauigkeit: mm) auf mindestens zwei nahegelegene, an dauerhaften Standorten gesetzte Rückversicherungsbolzen.
- Die Einmessung wird in einem Punktprotokoll dargestellt. Darin sind aufzuführen:
  - Punktnummer
  - Datum der Erstellung / Personal
  - Kennzeichnung LFP3 und Art der Rückversicherung
  - Lageskizze des LFP3 mit exzentrischen Rückversicherungen und Einmessungen
  - GNSS- / Photogrammetrietauglichkeit
  - Einmessung der exzentrischen Rückversicherungen mit Richtung und Distanz
  - Besonderheiten (z.B. Zugang)

### 3.4 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.

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

Material	Standort
Holz- / Kunststoffpfähle	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

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



### 3.5 Wegfallende Lagefixpunkte LFP3

In Baugebieten mit neuem Fixpunktnetz müssen alte Lagefixpunkte ohne aktuelle Koordinaten (vgl. Kap. 2.4) unkenntlich gemacht werden, um Verwechslungen auszuschliessen. Dazu sind Schachtabdeckungen 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 Baugebiete bleiben die alten Fixpunkte bestehen, sofern keine unmittelbare Verwechslungsgefahr existiert.

Punkte, die zugleich Grenzpunkte sind, werden belassen.

### 3.6 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 Handen 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. Geforderte Zentriergenauigkeit: < 3 mm. Die Libellen der eingesetzten Geräte, speziell der Lotstöcke, sind regelmässig zu prüfen und zu justieren.
- Die Instrumenten- und Signalhöhen sind zweimal unabhängig zu ermitteln.
- 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 gemessene Temperatur und der 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 Dreiecksvermessung bestimmte LFP1 und LFP2 als Anschlusspunkte zu bevorzugen.

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.
- Bei Richtungsmessungen ist die Regel der Satzmessung einzuhalten.
- 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

### Allgemein

- Es ist zu beachten, dass GNSS nicht zu jeder Tageszeit gleich genau ist. Es gilt die „DOP“-Werte mit dem jeweils neuesten Almanach zu konsultieren. GNSS funktioniert nur richtig, wenn auf Referenz- und Roverstation genügend gemeinsam empfangene Satelliten, in guter Konstellation (mindestens 5 für RTK) vorhanden sind.
- Ein verlässliches Zeichen für eine gute Messung ist, wenn die Genauigkeiten der Einzelmessung vor der Registrierung für Lage und Höhe zwischen 10 und 20 mm liegen.
- Die Messung der Anschluss- und Neupunkte hat in mindestens zwei unabhängigen Sessions zu erfolgen. Unter unabhängiger Session ist eine andere Satellitenkonstellation sowie eine neue Stationierung der Referenzstation zu verstehen.
- Mehrere Sessions sind untereinander durch mindestens 3 gemeinsame Verknüpfungspunkte genügend zu verbinden. Die Messungen dieser Punkte müssen kleine mittl. Fehler aufweisen.
- Bei Arbeit mit einer fest installierten Referenzstation entfallen zusätzliche Stationierungen. Die Permanentstation ist zu überwachen resp. regelmässig zu kontrollieren. Zu beachten sind die Spezifikationen der Hersteller (zum Beispiel: 5 mm + 1 ppm, das heisst bei 30 km Entfernung ist ein mittl. Fehler von 35 mm zu erwarten).
- Bei Benützung des Positionierungsdienstes swipos entfällt die Stationierung einer Referenzstation.
- Zur Genauigkeitssteigerung ist die Methode rapid static / fast static oder noch genauer, die statische Methode empfohlen. Diese Methoden sind sowohl mit eigener Referenzstation, wie auch mit swipos möglich. Dabei arbeitet man mit längeren Messzeiten und im „Post processing-Verfahren“. Die Korrekturdaten für swipos werden nachträglich für die entsprechenden „Zeitfenster“ vom AGNES-Webserver herunter geladen. Diese Methoden kommen auch zur Anwendung, wenn keine Funk- oder Telefonverbindungen möglich sind.



- Die Messungen müssen in LV95 / LHN95 erfolgen. Die LV95-Lagekoordinaten für die erste Referenzstation sind beim Fixpunktserver der swisstopo zu beziehen, der LHN95-Wert ist mit REFRAME (bzw. HTRANS) aus dem LN02-Wert zu ermitteln. Mit swipos kann direkt im System LV95/LHN95 gemessen werden.

### **RTK-Messungen**

- Die Initialisierung ist regelmässig zu überprüfen resp. neu vorzunehmen.
- Die Standardabweichung bei der Registrierung der Messung soll in der Lage 10 mm und in der Höhe 20 mm nicht überschreiten.
- Im Gerät ist die Schweizer Projektion, das „Marti-Geoid“ (CHGeo04) und für den Datumsübergang Bessel Ellipsoid  $\leftrightarrow$  WGS84 der „3-Parameter-Satz“ (vgl. Richtlinien für die Bestimmung von Fixpunkten, 2005, Kap. 3.2.1) einzustellen.

### **Rapid Static / Fast Static**

- Es dürfen nur Basislinien (Koordinaten) übernommen werden, bei denen die Phasenmehrdeutigkeit (Ambiguities) gelöst werden konnte.
- Im Gerät ist die Schweizer Projektion, das „Marti-Geoid“ (CHGeo04) und für den Datumsübergang Bessel Ellipsoid  $\leftrightarrow$  WGS84 der „3-Parameter-Satz“ (vgl. Richtlinien für die Bestimmung von Fixpunkten, 2005, Kap. 3.2.1) einzustellen.

## **5. Berechnung und Genauigkeitsanforderung**

### **5.1 Allgemeines**

- Die Messungen sind nach der Methode der kleinsten Quadrate auszugleichen (LTOP oder ähnliche Programme). In der definitiven Berechnung sind die terrestrischen und GNSS-Messungen gemeinsam auszugleichen. Die Berechnung neuer Fixpunktnetze erfolgt in LV95/LHN95.
- In der Beschreibung (Handbuch LTOP-Version 94 02-d) zur Software LTOP ist in Kapitel 5 ein allgemein gültiger Berechnungsablauf umschrieben.
- Für den Übergang von  $\wedge$  LHN95  $\leftrightarrow$  LN<sup>0</sup> 2 ist  $\wedge$  HTRANS  $\wedge$  einzusetzen<sup>^</sup> (<sup>^</sup> in REFRAME enthalten).
- Für allfällige weitere 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 zur Bestimmung von Fixpunkten in der AV**“, Ausgabe November 2005, Kapitel 2.6.1, Seite 13, Abb. 2-1.

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

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

**Frei gelagertes Netz:** Ausgleichung mit minimalem Datum, Ausgleichung mit minimaler Lagerung, Freie Ausgleichung

Zur Lokalisierung von allfälligen Fehlern in den Messungen und Fehlern in den Anschlusspunkten wird eine weich gelagerte (allenfalls robuste) Ausgleichung oder eine Ausgleichung mit minimaler Lagerung und anschliessender Helmert-Transformation durchgeführt.

Dabei gilt 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.

- Die einzelnen GNSS-Messungen sind ohne Mittelbildung separat in die Ausgleichsberechnung 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. Dies wird, zum Beispiel in LTOP, erreicht, indem man die Drehung und den Massstab in der Parameterdefinition auf “=” wie bei der 1. Session setzt. Das Programm rechnet dann aus allen Sessions ein gewichtetes Mittel für diese Unbekannten. Dies gilt nur, wenn mit einer Referenzstation gemessen wurde oder wenn die Koordinaten der weiteren Referenzstationen aus den vorangehenden Sessions übertragen wurden.
- In kombinierten Netzen sind für die Genauigkeitsangaben a priori der terrestrischen und GNSS-Messungen realistische, ausgewogene Werte einzusetzen.
- Zur Erreichung der Genauigkeitsanforderung gemäss TVAV sind für die mit GNSS gemessenen Punkte die folgenden mittleren Fehler einzuhalten:
  - Lage  $\leq 10$  mm
  - Höhe  $\leq 20$  mm
- Die Kontrolle der GNSS-Messungen kann vor dem Hinzufügen der trigonometrischen Messungen und der nivellierten Höhendifferenzen in separaten Berechnungsgängen erfolgen.
- Zur Beurteilung der Anschlusspunkte in einer frei gelagerten Ausgleichung werden ihre Koordinaten als Beobachtungen mit grossen mittleren Fehlern (z.B. Lage 100 mm / Höhe 150 mm) eingefügt. Anschlusspunkte mit zu grossen Verbesserungen sind als Neupunkte zu definieren. Solche Punkte sind zu untersuchen und die getroffenen Massnahmen im Begleitbericht zur Berechnung zu beschreiben.
- 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.
- Treten zu grosse Verbesserungen auf (grosse Verbesserungen gehören nicht zu den begründeten Ausnahmefällen!), müssen die betreffenden Messungen eliminiert werden. Kann auf diese Messungen nicht verzichtet werden, sind Nachmessungen nötig.



- Es ist darauf zu achten, dass bei Nachmessungen (meistens durch Unstimmigkeiten verursacht) zusätzlich mindestens drei gut zu messende Punkte der ursprünglichen Messung in die Session einbezogen werden. Bei Problempunkten können dann bei genügender Überbestimmung allenfalls die mittleren Fehler erhöht werden.

Für die Verifikation ist eine weich gelagerte, nicht robuste Ausgleichung durchzuführen.

- In dem zu erstellenden Punkteplan im Übersichtsplanmassstab sind alle Punkte mit Punktnummern (gültige LFP1-3; Unterscheidung Anschlusspunkte/Neupunkte) und die für die gültige (definitive) Berechnung verwendeten tachymetrischen Messungen einzutragen. Weiter sind die Differenzvektoren „Bestehende Koordinaten → Zwangsfrei bestimmte Koordinaten“ auf den Anschlusspunkten, für Lage und Höhe, im Massstab 1:1 zu visualisieren. Bei Bedarf erfolgen diese Informationen auf verschiedenen Plänen.
- Mit der Darstellung der Anschlusspunkte für die Höhe (mit einbezogene HFP1+2+3, nivellierte Anschluss-/Festpunkte, weitere Anschlusspunkte für die Höhe) wird der Punkteplan vervollständigt. Auch Lage-Neupunkte können Anschlusspunkte für die Höhe sein.
- Der Begleitbericht zur Berechnung, der später ganz oder teilweise in den Technischen Bericht des Unternehmers integriert werden kann, soll etwa den folgendem 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  $w_i$ , Massnahmen/Nachmessungen
  - Begründung von individuell zugeordneten grösseren mittl. Fehlern

## Zwischenverifikation

- Dem ARE werden vor den weiteren Berechnungen folgende Unterlagen zur Beurteilung vorgelegt:
    - Oben erwähnter Plan (Pläne)
    - Resultat der vermittelnden (nicht robusten) weich gelagerten Ausgleichung
    - GNSS-Rohdaten (Mess-File): Messprotokolle der GNSS-Software, z.B. File mit Punktnummer, Versicherungsart, Y, X, H, Qualität/m.F., Anzahl Epochen oder Messdauer, Sessionsnummer (Mindestinhalt unterstrichen)
    - Begleitbericht
  - Die gezwängte Ausgleichung in Lage und Höhe (ohne Kippung) liefert bei homogenen Anschlusspunkten die definitiven Lagekoordinaten in LV95 und Höhen in LHN95.
- ± ^ Die Höhen in LN02 liefert die Transformation LHN95 → LN02 mittels HTRANS (^ in REFRAME enthalten).^

## Dokumentation

- Darstellung der Fehlerellipsen und Zuverlässigkeitsrechtecke in adäquatem Massstab, in der Regel 1:1, auf einem Übersichtsplan, üblicherweise Lage und Höhe getrennt.
- Bei Erneuerungsarbeiten: Koordinatenvergleich alte PP-Koordinate – neue Koordinate LFP3/Hilfsfixpunkt. Darstellung der Differenzvektoren 1:1 auf Übersichtsplan.



## **Verifikation definitive Berechnung**

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 ~~evtl.~~ 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 oder frei gelagerten Ausgleichung und der definitiven Berechnung (gezwängte Ausgleichung<sup>^</sup>).
- Interlis-Transfer-File mit den vollständigen Angaben aller Fixpunkte

## **6.2 Erneuerung Lagefixpunktnetz**

Zusätzlich zu den Dokumenten gemäss Kap. 6.1:

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