

**Richtlinien zum  
Einsatz von satellitengeodätischen Verfahren  
im Vermessungspunktfeld**

**– GPS - Richtlinien –**

Stand vom 02. 09. 2002

1. Nachtrag: 15. 04. 2003

Herausgeber: Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen  
Herstellung und Vertrieb: Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen

2002

## **Inhalt**

### **1 ALLGEMEINES**

#### **1.1 Vorschriften**

#### **1.2 Grundsätze**

- 1.2.1 Verfahren
- 1.2.2 Einsatzbereiche
- 1.2.3 Bezugssysteme
- 1.2.4 Informationen zum GPS, Glossar

### **2 GPS-MESSUNG**

#### **2.1 Allgemeines**

- 2.1.1 Satellitenkonstellation
- 2.1.2 Messverfahren
- 2.1.3 GPS-Referenzstationen
- 2.1.4 SAPOS<sup>®</sup>
- 2.1.5 Echtzeitsysteme
- 2.1.6 Eichung, Antennenparameter
- 2.1.7 Prinzip der Nachbarschaft
- 2.1.8 Arbeitsmethoden mit GPS

#### **2.2 Vorbereitung der GPS-Messung**

- 2.2.1 Anschlusspunkte
- 2.2.2 Erkundung
- 2.2.3 Netzentwurf und Erläuterungsbericht

#### **2.3 Durchführung der GPS-Messung**

- 2.3.1 Aufbau temporärer Referenzstationen
- 2.3.2 Zentrierung und Höhenbestimmung der GPS-Antennen
- 2.3.3 Ausrichtung der GPS-Antennen, Einflüsse der Antennenparameter
- 2.3.4 Messungen für Post-processing Auswertungen
- 2.3.5 Messungen für Echtzeitauswertungen, Initialisierung
- 2.3.6 Kontrollen
- 2.3.7 Messung auf den Anschlusspunkten

#### **2.4 Messwerte**

#### **2.5 Systemeinstellungen, Dokumentation der Messwerte**

- 2.5.1 Allgemeines
- 2.5.2 Systemeinstellungen
- 2.5.3 Dokumentation der Messwerte
- 2.5.4 Netzriss
- 2.5.5 Vermessungsriss

### **3 AUSWERTUNG**

#### **3.1 Allgemeines**

- 3.1.1 Programme
- 3.1.2 Auswerteschritte

- 3.2 Startwert**
- 3.3 Basislinienberechnung**
  - 3.3.1 Basislinien
  - 3.3.2 Berechnung der Basislinien
- 3.4 Behandlung der Redundanz der Messwerte**
  - 3.4.1 Mittel- und Differenzbildung
  - 3.4.2 Ausgleichung
- 3.5 Überführung in die amtlichen Lagebezugssysteme**
  - 3.5.1 Allgemeines
  - 3.5.2 Umrechnungen und Abbildungen
  - 3.5.3 Transformationen
  - 3.5.4 Transformationsparameter
  - 3.5.5 Stützpunkte der Transformation
- 3.6 Überführung in das amtliche Höhenbezugssystem**
- 3.7 Nachbarschaftsanpassung**
- 3.8 Dokumentation der Auswertung**
- 4 VERMESSUNGSSCHRIFTEN**
  - 4.1 Grundsätze**
  - 4.2 Umfang**
  - 4.3 Fertigungsaussage**

## **Anlagen**

- Anlage 1      Arbeitsmethoden mit GPS**
- Anlage 2      Netzentwurf, Netzriss, Legende**
- Anlage 3      NHN-Undulationsmodell**
- Anlage 4      Dokumentation**
  - Blatt 1: Verwaltungsdaten**
  - Blatt 2: Allgemeine Daten zur GPS-Messung**
  - Blatt 3: Messwerte**
  - Blatt 4: Mittelungsprotokoll**
  - Blatt 5: VP-Liste – Einpassung der Messung in das Zielsystem**

## **Sachverzeichnis**

## **Glossar**

# **Richtlinien zum Einsatz von satellitengeodätischen Verfahren im Vermessungspunktfeld – GPS-Richtlinien –**

## **1 ALLGEMEINES**

### **1.1 Vorschriften**

(1) Nach Nr. 15.1 VPErl. sind satellitengeodätische Verfahren zur Bestimmung von Vermessungspunkten der Landesvermessung zugelassen. Zur Qualitätssicherung und im Interesse einer einheitlichen Anwendung dieser Verfahren werden die folgenden Richtlinien herausgegeben (Nr. 29.3 VPErl.).

(2) Die Richtlinien berücksichtigen den derzeitigen Stand der Technik und die Erfahrungen, die bisher beim Einsatz des Global Positioning Systems (GPS) gesammelt wurden.

(3) Soweit in diesen Richtlinien nichts Anderes geregelt wird, gelten die Bestimmungen des TP-Erl., VPErl. und des FortfVERl.

### **1.2 Grundsätze**

#### **1.2.1 Verfahren**

(1) Für satellitengeodätische Vermessungsverfahren wird im folgenden der Begriff "GPS-Verfahren" verwendet.

(2) Für Messungen im Vermessungspunktfeld der Landesvermessung (VP-Feld) kommen zur Einhaltung der erforderlichen Genauigkeit nur präzise differentielle GPS-Verfahren (PDGPS) zum Einsatz. Dabei werden die Satellitensignale von mindestens zwei GPS-Empfängern simultan empfangen und ausgewertet.

(3) Die Ergebnisse der GPS-Vermessungen können im Felde direkt zur Verfügung stehen (Echtzeit-Verfahren) oder erst nach späterer Auswertung (Post-processing).

#### **1.2.2 Einsatzbereiche**

GPS-Messungen können im VP-Feld für Lage- und Höhenbestimmungen eingesetzt werden:

- zur flächenhaften Punktbestimmung,
- zur Einzelpunktbestimmung und
- zur Absteckung,

wobei eine Kombination mit anderen geodätischen Aufnahmeverfahren sinnvoll sein kann.

#### **1.2.3 Bezugssysteme**

(1) Als Ergebnisse der GPS-Messungen liegen zunächst dreidimensionale Koordinaten im World Geodetic System 1984 (WGS 84) (vgl. Nr. 2.3 und 2.6 TP-Erl.) vor. Zur Überführung in eines der Bezugssysteme der Landesvermessung ist eine Transformation erforderlich.

(2) Das WGS 84 stimmt mit dem im europäischen Raum einheitlich eingeführten Bezugssystem ETRS 89 im Rahmen seiner Systemgenauigkeit (< 1 m) überein. Insofern können beim polaren Messverfahren direkt ETRS 89-Koordinaten erzeugt werden, wenn die Referenzstationen im ETRS 89 – wie z.B. die SAPOS<sup>®</sup>-Stationen – koordiniert sind.

(3) Im Rahmen von GPS-Messungen können ellipsoidische Höhen bezogen auf das GRS 80-Ellipsoid des ETRS 89 bestimmt werden. Sollen Höhen im amtlichen Höhenbezugssystem DHHN 92 berechnet werden, sind die Abstände (Undulationen, ca. 45 m) zwischen der Quasigeoid genannten Bezugsfläche (Bezugsfläche der NHN Landeshöhen) und dem GRS 80-Ellipsoid zu berücksichtigen (siehe **Anlage 3**, vgl. 3.6).

#### **1.2.4 Informationen zum GPS, Glossar**

(1) Das Informations- und Beobachtungssystem GIBS des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie gibt Informationen über den Zustand des GPS-Systems, Bahndaten (Ephemeriden), Satellitenausfälle usw. auf verschiedenen Kommunikationswegen heraus.

(2) Weitere Informationen z.B. zu SAPOS<sup>®</sup> und den großräumigen Transformationsparametern sind im Internet unter [www.lverma.nrw.de](http://www.lverma.nrw.de) eingestellt.

(3) Unter der in Absatz 2 genannten Internetadresse sind auch in einem Glossar Erläuterungen zu Begriffen zusammengestellt, die bei GPS-Messungen verwendet werden und Hinweise zu anderen Fundstellen enthalten (z.B. IGS, Antennenparameter).

## 2 GPS-MESSUNG

### 2.1 Allgemeines

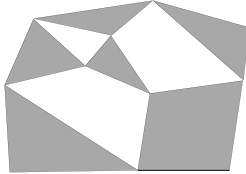
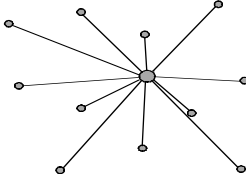
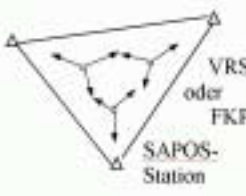
#### 2.1.1 Satellitenkonstellation

(1) Die Satellitenkonstellation (Anzahl der zur Verfügung stehenden Satelliten und DOP-Werte) kann vorab mit Hilfe geeigneter Software (Planungsmodul) für die geplante Messkampagne ermittelt werden. Eine gute Konstellation drückt sich durch einen kleinen DOP-Wert aus.

(2) Die zur Planung notwendigen genäherten Satellitenbahndaten (Almanachdaten) können mit Hilfe eines GPS-Empfängers aktualisiert werden. Weitere Informationen sind über das Informationssystem GIBS (Nr. 1.2.4) erhältlich. Ferner lässt sich bei den meisten GPS-Empfängern die aktuelle Satellitenkonstellation in Form von Tabellen, Skyplots und DOP-Werten anzeigen.

#### 2.1.2 Messverfahren

(1) Für die Punktbestimmung können unterschiedliche Messverfahren eingesetzt werden. Das Messverfahren beschreibt die Messungsanordnung und die Auswerte-Technik. Die Messungsanordnung kann in Aufstellungsgruppen oder polar erfolgen. Aufstellungsgruppen werden in Verbindung mit nachträglicher Auswertung (Post-processing) eingesetzt, bei polaren Messverfahren ist zusätzlich auch eine Auswertung in Echtzeit (Real Time, Real Time Kinematic, RTK) möglich.

MESSVERFAHREN	MESSUNGSANORDNUNG	AUSWERTE – TECHNIK		ANWENDUNG		
		Post-processing	Echtzeit (RTK)	TP	AP	Kataster
in Aufstellungsgruppen		X		X	X	
polar mit einer Referenzstation		X	X		X	X
polar mit vernetzten Referenzstationen		nur VRS	X	nur VRS im Post-processing	X	X

(2) Bei Messverfahren in Aufstellungsgruppen wird ein mit „n“ GPS-Empfängern besetztes n-Eck als Session beobachtet, wobei die GPS-Empfänger auf den Punkten gleichzeitig Satellitensignale aufzeichnen. Mehrere Sessions können zu einer flächenhaften Netzanlage verknüpft werden. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen sollten die Aufstellungsgruppen möglichst wenige gemeinsame Kanten aufweisen.

(3) Bei den polaren Messverfahren mit einer Referenzstation wird ein GPS-Empfänger kontinuierlich als Referenzempfänger (vgl. Nr. 2.1.3) betrieben. Ein mobiler GPS-Empfänger (Roverempfänger; Rover) wird nacheinander auf den zu bestimmenden Punkten aufgestellt. Mehrere Roverempfänger können unabhängig voneinander und ohne zeitliche Abstimmung untereinander in Bezug auf einen Referenzempfänger eingesetzt werden. Alle Messungen in Bezug auf eine Referenzstation bilden ein Standpunktsystem im Referenzpunkt.

(4) Beim Verfahren der Vernetzung von Referenzstationen werden die Neupunkte unter Verwendung von mindestens drei umliegenden Referenzstationen koordiniert. Dabei werden die Fehlereinflüsse verringert, der Nutzbarkeitsradius der Stationen vergrößert und eine schnellere Koordinatenbestimmung erreicht. Als programmtechnische Lösungen sind derzeit das Verfahren mit Flächenkorrekturparametern (FKP) und virtuellen Referenzstationen (VRS) verfügbar. Wird das VRS-Verfahren angewendet, werden virtuelle Messdaten unter Zuhilfenahme der realen GPS-Rohdaten von mindestens drei umliegenden Permanentstationen erzeugt. Die fingierten Messungen beziehen sich auf eine virtuelle Referenzstation und werden zusammen mit den Koordinaten der virtuellen Referenzstation benutzt, um Neupunkte mit einem mobilen GPS-Empfänger zu bestimmen.

(5) Bei nachträglicher Auswertung (Post-processing) werden die Satellitensignale zunächst in den GPS-Empfängern getrennt gespeichert und erst später zusammengeführt und ausgewertet. Während der Messung muss keine gegenseitige Verbindung der GPS-Empfänger bestehen.

(6) Bei der Echtzeitauswertung werden während der Messung die Messdaten bzw. Korrekturdaten des Referenzempfängers zum Rover übertragen, wo sie zur Lösung der Phasenmehrfachdeutigkeit (Initialisierung) (2.3.5) und anschließenden Messung benutzt werden. Dabei werden noch während der Messung Koordinaten des Roverpunktes berechnet. In der Regel genügt eine Messzeit von wenigen Sekunden. Echtzeitverfahren eignen sich für Aufmessungen und Absteckungen gleichermaßen.

(7) Die Auswahl des Messverfahrens soll unter Berücksichtigung aller Randbedingungen, wie z.B. der aktuellen Leistungsfähigkeit der eingesetzten GPS-Vermessungssysteme (Hard- und Software), der örtlichen Gegebenheiten, der Zielsetzungen und der wirtschaftlichen Kriterien erfolgen.

### 2.1.3 GPS-Referenzstationen

GPS-Empfänger, die bei polaren Messverfahren kontinuierlich auf einem koordinierten Punkt betrieben werden, nennt man GPS-Referenzstationen. Dabei wird unterschieden zwischen:

- **SAPOS<sup>®</sup>-Permanentstationen**, die im amtlichen Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung – SAPOS<sup>®</sup> – (vgl. 2.1.4) stationär eingerichtet und dauerhaft betrieben werden
- **Temporären Referenzstationen**, die nur projektbezogen eingesetzt werden
- **Virtuellen Referenzstationen**, die die Aufgaben einer projektnahen Referenzstation übernehmen
- **Anderen permanenten Referenzstationen**, die zwar stationär eingerichtet und dauerhaft betrieben werden, aber nicht zum amtlichen Positionierungsdienst (SAPOS<sup>®</sup>) gehören. Diese Stationen können wie temporäre Referenzstationen genutzt werden.

### 2.1.4 SAPOS<sup>®</sup>

(1) Im Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS<sup>®</sup>) werden flächendeckend Permanentstationen aufgebaut, mit denen auf verschiedenen Übertragungswegen Daten für Echtzeitvermessungen sowie für nachträgliche Auswertungen zur Verfügung gestellt werden (multifunktionale Permanentstationen). SAPOS<sup>®</sup>-Permanentstationen sind im amtlichen Bezugssystem ETRS 89 koordiniert (vgl. 1.2.3 (2)). Sie arbeiten mit firmenunabhängigen Standards. Der SAPOS<sup>®</sup>-Dienst stellt für die präzise Punktbestimmung Daten in zwei verschiedenen Servicebereichen zur Verfügung:

1. Im Hochpräzisen Echtzeit-Positionierungs-Service (HEPS) werden über Funk oder GSM Korrekturdaten übertragen, die eine auf Zentimeter genaue polare Punktbestimmung in Echtzeit ermöglichen. Die Korrekturdaten werden im Format RTCM bereitgestellt.
2. Im Geodätischen Präzisen Positionierungs-Service (GPPS) werden Trägerphasenmessungen im empfängerunabhängigen RINEX-Format bereitgestellt. Sie werden über Telekom-

munikationseinrichtungen (Telefon, Modem, Mailbox, Internet) abgegeben. Damit können Basislinien in beliebiger Länge wie auch Messdaten von mehreren Permanentstationen gleichzeitig ausgewertet werden. Die dabei erreichbare Genauigkeit ist abhängig von der Messzeit.

Zur einheitlichen Ausgestaltung in Deutschland hat die deutsche Landesvermessung die SAPOS<sup>®</sup>-Standards -Pflicht- und SAPOS<sup>®</sup>-Standards -Option- festgelegt.

(2) Die SAPOS<sup>®</sup>-Permanentstationen in NRW und die in den Nachbarländern nächstgelegenen Stationen werden zu einem Netz zusammengeschlossen, um die entfernungsabhängigen Fehlereinflüsse durch flächenhafte Fehlermodellierungen zu reduzieren.

### **2.1.5 Echtzeitsysteme**

(1) Als Echtzeitsysteme (RTK) werden in der Regel geschlossene, mit temporären Referenzstationen arbeitende GPS-Vermessungssysteme bezeichnet. Sie bestehen aus:

- einem GPS-Empfänger als Referenzempfänger mit Datenübertragungseinrichtung (Funk oder GSM) zur Übertragung von Korrekturdaten und
- einem GPS-Empfänger als Roverempfänger mit Datenübertragungseinrichtung und Software zur Ermittlung von Koordinaten in Echtzeit (Rover).

(2) Der Aktionsradius eines Echtzeitsystems ist abhängig von:

- der Entfernung, in der eine zuverlässige Initialisierung in Echtzeit möglich ist,
- der Reichweite der Datenübertragung.

(3) RTK-Systeme verwenden in der Regel eigene Datenformate. Zur Nutzung von SAPOS<sup>®</sup> muss das jeweils festgelegte herstellernerneutrale Datenformat (zur Zeit RTCM 2.3) unterstützt werden.

### **2.1.6 Eichung, Antennenparameter**

(1) Für die Eichung und Prüfung des GPS-Vermessungssystems gilt Nr. 16 VPErl.. Die Prüfung des GPS-Vermessungssystems ergibt sich im Rahmen der Arbeit in den jeweiligen Vermessungsprojekten.

(2) Bei der Eichung der GPS-Antennen werden Antennenparameter bestimmt. Es wird empfohlen, die Eichung der GPS-Antennen auf einer kurzen, koordinatenmäßig bekannten Basislinie durchzuführen. Es können individuelle, für einzelne GPS-Antennen geltende oder gruppeneinheitliche, auf einen GPS-Antennentyp bezogene Parameter ermittelt werden.

(3) Alle GPS-Antennen der SAPOS<sup>®</sup>-Permanentstationen werden individuell geeicht. Das Landesvermessungsamt gibt die Antennenparameter im Internet ([www.lverma.nrw.de](http://www.lverma.nrw.de)) bekannt.

(4) Für alle Vermessungspunktbestimmungen genügen GPS-Antennen, für die typbezogene Parameter im IGS-Format vorliegen. Die Antennenparameter sind in Abhängigkeit von der Aufgabe rechnerisch zu berücksichtigen (vgl. 2.3.3). Für präzise Höhenbestimmungen müssen bei allen eingesetzten GPS-Antennen auch die elevationsabhängigen und azimutabhängigen Parameter berücksichtigt werden. Dies setzt voraus, dass die GPS-Antennen einheitlich nach Norden ausgerichtet sind.

### **2.1.7 Prinzip der Nachbarschaft**

(1) Die Regelungen des VPErl. zur Einhaltung des Prinzips der Nachbarschaft sind zu beachten.

(2) Das Messverfahren in Aufstellungsgruppen stellt eine nachbarschaftliche Aufmessung dar; die Verfahrenspunkte sind optimal miteinander verknüpft. In Gebieten mit Netzspannungen ermöglicht es eine optimale nachbarschaftstreue Punktbestimmung, wenn alle im Verfahren liegende Altpunkte einbezogen und ihre Koordinaten angehalten werden.

(3) Bei polaren Messverfahren kann bei entsprechender Genauigkeit und Zuverlässigkeit das Prinzip der Nachbarschaft rechnerisch (z.B. durch Restklaffenverteilung) gewahrt werden. Bei Referenzstationen sind benachbarte Standpunktsysteme ("Sterne") ausreichend miteinander zu verknüpfen, so dass im gemeinsamen Grenzbereich die Nachbarschaft gewahrt wird.

### 2.1.8 Arbeitsmethoden mit GPS

(1) Die Arbeitsmethoden umfassen alle Maßnahmen zur Lösung einer Aufgabenstellung mit GPS und hängen ab von

- der Aufgabenstellung,
- den örtlichen Gegebenheiten,
- den vorhandenen Bezugssystemen und der Möglichkeit zur Vorausberechnung von Transformationsparametern,
- der Verfügbarkeit von SAPOS<sup>®</sup>,
- der Wahl des Messverfahrens,
- der Art der verwendeten Messwerte (Rohdaten oder Koordinaten),
- der Wahl der Auswerte-Technik (Post-processing oder Echtzeit),
- der Art der gewählten Referenzstation,
- der Ermittlung des Startwertes,
- der Herkunft der eingesetzten Transformationsparameter (Vorausberechnung oder Messung)
- der Verfahrensweise zur Auswertung der Messredundanz (Mittelung oder Ausgleichung),
- der Ausführung von Auswertung und Nachbarschaftsanpassung im Innen- oder Außendienst,
- der Kombination mit terrestrischen Messwerten.

(2) In **Anlage 1** werden beispielhaft Arbeitsmethoden zum Einsatz von GPS bei Lagevermessungen beschrieben.

## 2.2 Vorbereitung der GPS-Messung

### 2.2.1 Anschlusspunkte

(1) GPS-Messungen zur Bestimmung von VP sind an einer ausreichenden Zahl von Anschlusspunkten (Nr. 35 VPErl.) des amtlichen Punktfeldes im Ziel-Bezugssystem anzuschließen.

(2) Im Bezugssystem ETRS 89 können Messungen auf Anschlusspunkten unter bestimmten Voraussetzungen unterbleiben (Nr. 2.3.7).

(3) Die Erfordernisse des geplanten Auswerteweges (3D oder 2D) müssen dabei berücksichtigt werden.

### 2.2.2 Erkundung

(1) Der Erkundungsaufwand ist nach vermessungstechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten von der Vermessungsstelle festzulegen.

(2) In Verfahren mit umfangreichen Vorbereitungsarbeiten, an Punkten mit starken Abschattungsverhältnissen oder bei einem großen Zeitabstand zwischen Erkundung und Messung sind GPS-Erkundungsberichte ein hilfreiches Mittel zur Planung und Durchführung der GPS-Messung.

(3) Die Erkundung soll Aufschluss über die Wahl des Aufnahmeverfahrens (terrestrisch oder satellitengeodätisch) geben. Die Einsetzbarkeit des GPS-Verfahrens soll geklärt werden und ist ggf. zu dokumentieren. Folgende Informationen sind von Bedeutung:

- Himmelsfreiheit, der empfohlene minimale Elevationswinkel beträgt 15°
- Mehrwegeeffekte (Multipath)
- Störende Strahlungsquellen (z.B. Sender, Richtfunk, Hochspannungsleitungen)
- Freiraum für Mastaufbauten mit Abspannungen, trigonometrische Antennenhöhenbestimmungen, Ablotungen
- Verfügbarkeit der Anschlussrichtung(en) zur Koordinierung von Sicherungsmarken
- die Aufbauhöhe der GPS-Antenne
- die Messzeiten (Post-processing)
- eine etwaige exzentrische Aufstellung oder das Ausweichen auf einen anderen Vermessungspunkt.

(4) Bei Arbeiten im AP-Feld wird das Erkundungsergebnis in der AP-Karte festgehalten. Bei Fortführungsvermessungen wird auf einen Nachweis der Erkundung verzichtet.



### **2.2.3 Netzentwurf und Erläuterungsbericht**

(1) Bei Arbeiten im AP-Feld muss der Netzentwurf ergänzend zu Nr. 24 VPErl. Aufschluss geben über

1. die Art des Messverfahrens (Nr. 2.1.2 ),
2. die Durchführung von Kontrollmessungen,
3. die Einhaltung des Prinzips der Nachbarschaft und
4. die Herkunft der verwendeten Transformationsparameter.

Bei polarer Messungsanordnung erfolgen die Darstellungen entsprechend **Anlage 2**.

(2) Wird das polare Messverfahren bei AP-Arbeiten eingesetzt, kann im Einvernehmen mit der Katasterbehörde der Netzentwurf durch einen Beobachtungsplan ersetzt werden, der erst im Zuge der Messung entsteht, wenn

1. die Punkte für den Aufbau des AP-Feldes durch die Katasterbehörde bereits festgelegt sind,
2. die Grundsätze nach Absatz 1 eingehalten sind und
3. die Genehmigung nachgeholt wird.

(3) Bei AP-Arbeiten muss der Erläuterungsbericht zusätzlich zu dem im VPErl. geforderten Inhalt GPS-spezifische Angaben über

1. das gewählte GPS-Messverfahren,
  2. die beabsichtigte Messzeit einschließlich der Aufzeichnungsintervalle auf den Punkten,
  3. eine Kurzbeschreibung der GPS-Empfänger (z.B. Empfängertypen, GPS-Antennentypen, zu nutzende L1 / L2 - Frequenz, Besonderheiten),
  4. die Auswertesoftware (Produkt, Version, ergänzende Module),
  5. eine Beschreibung der beabsichtigten Auswertestrategie vom Startwert über die Basislinienberechnung, die Behandlung der Redundanz der Messwerte bis zur Überführung in die amtlichen Bezugssysteme,
  6. die Kontrollen und
  7. die Beschreibung der Einhaltung des Prinzips der Nachbarschaft
- enthalten. Im Übrigen sind im textlichen Teil des Erläuterungsberichts nach Nr. 24.2 VPErl. Angaben nicht erforderlich, die bereits in der **Anlage 2** enthalten sind.

## **2.3 Durchführung der GPS-Messung**

### **2.3.1 Aufbau temporärer Referenzstationen**

Eine temporäre Referenzstation wird ortsfest auf einem bekannten Punkt des amtlichen Nachweises oder frei aufgebaut. Sie soll ungefährdet und verkehrssicher liegen, über eine ungestörte Himmelsfreiheit verfügen und bei Echtzeitvermessungen eine ungehinderte Abstrahlung der Korrekturdaten zur Roverstation ermöglichen. Sie bleibt während einer Messung in einem Standpunktsystem unverändert.

### **2.3.2 Zentrierung und Höhenbestimmung der GPS-Antennen**

(1) Bei 3D-Auswertungen sind an die Zentrierung und Antennenhöhenbestimmung erhöhte Anforderungen zu stellen. Der Abstand zwischen der Vermarkung des Bodenpunktes und der GPS-Antenne (Antennenreferenzpunkt - ARP - ) ist mit der erforderlichen Genauigkeit zu ermitteln. Die Höhenbestimmung ist unabhängig zu kontrollieren. Als Höhenbezug der GPS-Antenne sind auch die Angaben des Herstellers zu beachten.

(2) Bei hohen Antennenaufbauten (Mast, 5-Meter-Stativ usw.) sind entsprechend sorgfältige Zentrierungen und Ablotungen durchzuführen.

(3) Bei Lageauswertungen (2D-Auswertungen) kann auf die Höhenbestimmung der GPS-Antennen verzichtet werden. Davon unabhängig ist zur Berechnung des Startwertes (3D) (siehe Nr. 3.2) immer eine Höhenangabe notwendig.

### **2.3.3 Ausrichtung der GPS-Antennen, Einflüsse der Antennenparameter**

(1) Die GPS-Antennen sind einheitlich nach Norden auszurichten.

(2) Durch den Einsatz typgleicher GPS-Antennen kann der Einfluss der Antennenparameter soweit gemindert werden, dass eine weitere rechnerische Berücksichtigung nicht mehr erforderlich ist.

(3) Werden GPS-Antennen verschiedener Typen eingesetzt, sind die Antennenparameter bei der Auswertung zu berücksichtigen.

#### **2.3.4 Messungen für Post-processing Auswertungen**

(1) Zur Einhaltung der erforderlichen Genauigkeit ist eine angemessene Messzeit (Dauer der Datenaufzeichnung) in Abhängigkeit von

- dem Messverfahren,
  - der Länge der zu bestimmenden Basislinien,
  - der Satellitenkonstellation,
  - der Qualität der eingesetzten GPS-Antennen und GPS-Empfänger usw. und
  - den örtlichen Bedingungen
- zu wählen.

(2) Da bei der Messung nicht erkennbar ist, welche Messzeit für eine eindeutige Ermittlung der Koordinaten erforderlich ist, werden längere Messzeiten verwendet, um eine sichere Lösung der Phasenmehrdeutigkeiten und damit die angestrebte Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Positionsbestimmung zu erreichen. Bei Punkten mit aufwändiger Signalisierung oder Anfahrt wird zur Minimierung von fehlerbedingten Nachmessungen ebenfalls empfohlen, die Messzeiten auszudehnen.

(3) Es empfiehlt sich, die Datenregistrierung der GPS-Empfänger zu überwachen, um Störungen frühzeitig erkennen, protokollieren und die Messzeit erforderlichenfalls angemessen verlängern zu können.

#### **2.3.5 Messungen für Echtzeitauswertungen, Initialisierung**

(1) Unter Initialisierung versteht man die Lösung der Phasenmehrdeutigkeit bei der Echtzeitauswertung.

(2) Eine Initialisierung soll zügig und ohne erkennbare Störungen ablaufen. Störungen können auf Abschattungen, Strahlbeugungen, Mehrwegeeffekte durch Reflexionen oder auf den Untergang von Satelliten hindeuten. Fehlerhafte Initialisierungen führen zu Verfälschungen der Basislinienberechnung und damit zu fehlerhaften Positionsbestimmungen (bis zu mehreren m).

(3) Einen störungsfreien Empfang der Satellitensignale und Korrekturdaten vorausgesetzt, kann die Initialisierung bei Messungen auf verschiedenen Roverpunkten beibehalten werden. Ein Fehler in der Initialisierung verfälscht alle nachfolgenden Punktbestimmungen.

(4) Die Initialisierung kann statisch auf einem Punkt oder in der Bewegung (on the fly/OTF, on the way/OTW) erfolgen.

(5) Die Anforderungen an die Satellitenkonstellation und Signalqualität sind bei der Echtzeitauswertung deutlich höher als im Post-processing.

#### **2.3.6 Kontrollen**

(1) Bei reinen GPS-Vermessungen muss jeder Neupunkt durch mindestens zwei voneinander unabhängige Messungen gleicher Genauigkeit bestimmt werden. Dabei ist bei der Kontrollmessung folgendes zu beachten:

1. Das Stativ ist erneut aufzustellen; eine Zwangszentrierung ist nicht zulässig. Die Zentrierung, Ablotung und Antennenhöhenbestimmung sind vollständig zu wiederholen und zu dokumentieren.

2. Die Phasenmehrdeutigkeit ist erneut zu lösen.

(2) Bei Einsatz von kombinierten Aufnahmeverfahren kann eine auch nur einfach ausgeführte GPS-Messung durch terrestrische Messelemente kontrolliert werden, wenn die absolute Lagerung der GPS-Messung im amtlichen Bezugssystem durchgreifend kontrolliert ist, z.B. über GPS-Kontrollpunkte oder über eine terrestrische Anbindung an die Anschlusspunkte.

(3) GPS-Messungen sind durch die Mitbestimmung mindestens eines Kontrollpunktes nach Maßgabe der Nrn. 3.5.3 Abs. 2 und 3.5.5 Abs. 3 gegen grobe Fehler zu sichern. Die Mitbestimmung weiterer Kontrollpunkte kann zur Einhaltung des Nachbarschaftsprinzips erforderlich sein. Kontrollpunkt kann jeder koordinierte Vermessungspunkt des amtlichen Nachweises im Arbeitsgebiet sein. Im Übrigen gilt Nr. 39.1 Abs. 2 VPErl.

### 2.3.7 Messung auf den Anschlusspunkten

Bei Nutzung des amtlichen Satellitenpositionierungsdienstes *SAPOS*<sup>®</sup> (Nr. 2.1.4) kann auf die Messung auf den Anschlusspunkten verzichtet werden, wenn die Koordinaten der Anschlusspunkte im ETRS 89 und im Zielbezugssystem bekannt sind und damit die Transformationsparameter nach Nr. 3.5.4 berechnet werden. Auf die Messung von Kontrollpunkten (Nr. 2.3.6 Abs. 3) darf nicht verzichtet werden.

## 2.4 Messwerte

(1) Als Messwerte gelten die bei GPS-Messungen aufgezeichneten Bahndaten der Satelliten und die von den GPS-Empfängern ausgewerteten Codephasen- und Trägermischphasenmessungen (Rohdaten).

(2) Weitere Messwerte sind die nach der Auswertung zur Verfügung stehenden Basislinien und ihre Varianz-/Kovarianzkomponenten (Reindaten).

(3) Bei Echtzeitanwendungen gelten die direkt im Felde ermittelten Koordinaten (ebenfalls Reindaten) als Messwerte. Rohdaten können zusätzlich registriert werden, um ggf. eine nachträgliche Berechnung zu ermöglichen.

## 2.5 Systemeinstellungen, Dokumentation der Messwerte

### 2.5.1 Allgemeines

Für die Systemeinstellungen (Steuerparameter des Messsystems) und Dokumentation der Messwerte gelten die Bestimmungen des VPertl.. Darüber hinaus sind die Einstellungen am GPS-Vermessungssystem nachzuweisen. Es können GPS-spezifische Messungsprotokolle geführt werden.

### 2.5.2 Systemeinstellungen

(1) Vor Messbeginn muss sichergestellt werden, dass die Einstellungen für alle GPS-Empfänger aufeinander abgestimmt sind.

(2) Wichtige Einstellungen sind:

- Einheiten, z.B. für Winkel-, Strecken- und Zeitangaben
- GPS-Antennentyp und Antennenparameter (Nr. 2.1.6)
- Vorgaben für den Satellitenempfang (Aufzeichnungsintervall, minimaler Elevationswinkel, beobachtete Frequenzen usw.)
- Transformationsparameter (Nr. 3.5.4) und ggf. Stützpunkte der Transformation
- Ellipsoid und Abbildung im amtlichen Bezugssystem
- Parameter der Datenkommunikation zwischen Referenz und Rover
- Empfängerspezifische Schranken zur Steuerung der Messungsqualität in Echtzeit.

(3) Bei Echtzeitmessungen werden alle Einstellungen nach Abs.2 eingestellt, bei Post-processing-Anwendungen reichen für die Messungen die Vorgaben für den Satellitenempfang.

(4) Die Systemeinstellungen sind einschließlich der Transformationsparameter entsprechend **Anlage 4 Blatt 2** nachzuweisen.

### 2.5.3 Dokumentation der Messwerte

Bei Koordinatenmessungen in Echtzeit werden die im Felde gemessenen Koordinaten entsprechend **Anlage 4 Blatt 3** nachgewiesen. Dies gilt auch bei Rohdatenmessungen für die **nach** der Basislinienberechnung (3.3.2) vorliegenden Basislinien; auf die Protokolle der Basislinienberechnung wird verzichtet.

### 2.5.4 Netzriss

(1) Bei AP-Bestimmungen sind Netzrisse nach dem Muster der **Anlage 2** anzufertigen.

(2) Der Netzriss muss insbesondere Auskunft geben über:

- das Bezugssystem, in dem die Neupunkte bestimmt werden
- die Anschluss- und die Neupunkte
- die Stützpunkte der Transformation
- die Kontrollpunkte
- die gemessenen Basislinien, auch als Mehrfachmessungen

- die Lage von temporär benutzten Referenzstationen
- ggf. die Aufstellungsgruppen
- die Restklaffungen in den Anschlusspunkten
- die linearen Abweichungen in den Kontrollpunkten
- die Verknüpfung von Standpunktsystemen.

Der Netzriss kann darüber hinaus darstellen:

- einen Rasterhintergrund mit Situationsdarstellung
- Hinweise auf exzentrische Messungen.

### 2.5.5 Vermessungsriß

Werden bei der Bestimmung von GP und GebP Polarverfahren (Nr. 2.1.2) eingesetzt, sind die Bestimmungsstücke der GPS-Messungen durch „--◇□“ (einfach bestimmt) oder „--◆“ (mehrfach bestimmt) zu kennzeichnen. Dieses gilt auch für Kontrollpunkte. Bei ausschließlichem Einsatz des GPS-Verfahrens reicht ein entsprechender textlicher Hinweis im Vermessungsriß aus.

## 3 AUSWERTUNG

### 3.1 Allgemeines

#### 3.1.1 Programme

(1) Die für die Auswertung verfügbaren Programme weisen unterschiedliche Modellansätze und Leistungen auf. Die Berechnungen können auf unterschiedlichen Lösungswegen erfolgen.

(2) Für die Anwendung der Programme ist der Benutzer verantwortlich.

#### 3.1.2 Auswerteschritte

Die Auswerteschritte beschreiben den kompletten Berechnungsweg einer GPS-Messung von den Rohdaten bis zur Koordinate im Zielbezugssystem. In den folgenden Gliederungspunkten werden die notwendigen Arbeitsschritte beschrieben. Sie sind bei Post-processing-Auswertungen und bei Echtzeitauswertungen gleich. Es sind zu berücksichtigen:

- die Ermittlung des Startwertes,
- die Basislinienberechnung,
- die Behandlung der Redundanz der Messwerte (Mittel- und Differenzbildung, Ausgleichung),
- der Übergang in das amtliche Bezugssystem (Umrechnung, Abbildungen und Transformation) und
- die Nachbarschaftsanpassung.

### 3.2 Startwert

(1) Zur Berechnung einer Basislinie müssen absolute Koordinaten eines ihrer Endpunkte im System WGS 84 bekannt sein. Diese Koordinaten bezeichnet man als Startwert. Bei Auswertung im Post-processing ist der Startwert für einen Punkt einer Session oder eines Standpunktsystems, bei Echtzeitanwendungen für die Referenzstation vorzugeben.

(2) Für die Berechnung projektbezogen zusammenhängender Messungen soll nur **ein** Startwert verwendet werden. Für die zweite und jede weitere Session oder für das zweite und jedes weitere Standpunktsystem werden die Ergebnisse vorausgegangener Sessions oder Standpunktsysteme als Startwert benutzt. Bei Echtzeitauswertungen in mehreren Durchgängen und mit unterschiedlichen Referenzstationen gilt dies entsprechend.

(3) Die Qualität des Startwertes hat wesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Berechnungsergebnisses. Der Startwert soll nicht mehr als 10 m von der tatsächlichen Position im System WGS 84 abweichen, um systematische Verfälschungen zu vermeiden. Eine Abweichung von 10 m bewirkt einen Maßstabsfehler bis zu 1 ppm.

(4) Als Startwert sind geeignet:

- a) alle ETRS 89-Koordinaten

b) in das ETRS 89 transformierte Koordinaten. Ausgangswerte sind Koordinaten im System Netz 77 (oder Pr.LA.) und Höhen (ggf. aus der DGK 5 abgegriffen) auf dem Bessel-Ellipsoid. Die Transformation kann mit großräumig abgeleiteten Transformationsparametern erfolgen (vgl. Nr. 3.5.4). Die Undulationen zwischen Quasigeoid und Bessel-Ellipsoid (in NRW < 2 m) können dabei unberücksichtigt bleiben.

c) eine Einzelpunktbestimmung bei ausgeschaltetem Selective-Availability (SA).

(5) Der verwendete Startwert, seine Herkunft und seine Qualität sind nachzuweisen (siehe **Anlage 4 Blatt 2**).

### **3.3 Basislinienberechnung**

#### **3.3.1 Basislinien**

(1) Bei präzisen differentiellen GPS-Messungen (PDGPS) werden Raumvektoren zwischen den simultan beobachteten GPS-Punkten bestimmt. Die Raumvektoren (Basislinien) werden im Bezugssystem WGS84 angegeben und beziehen sich per Definition auf die Antennenphasenzentren.

(2) Um die nachfolgenden Auswerteschritte zu vereinfachen, werden die Basislinien i.d.R. bereits durch die Auswerteprogramme um die erfassten Antennenhöhen und Antennenparameter reduziert und auf das Vermarkungszentrum bezogen ausgegeben.

(3) Bei Messungen in Aufstellungsgruppen mit n GPS-Empfängern ergeben sich n-1 fehlertheoretisch unabhängige Basislinien. Die übrigen Basislinien sind redundant und mit den unabhängigen Basislinien stark korreliert. Sie können zur Kontrolle und zur frühen Lokalisierung von Fehlern ebenfalls berechnet werden.

#### **3.3.2 Berechnung der Basislinien**

(1) Für die Berechnung (Prozessierung) einer Basislinie benötigt man einen Startwert, die über mehrere Epochen auf zwei Punkten simultan beobachteten GPS-Trägerphasen und die Bahndaten der dazugehörigen Satelliten.

(2) Die Basislinienberechnung kann beeinflusst werden durch:

- die Wahl der Frequenzen (L1, L2, Linearkombinationen aus L1 und L2)
- den minimalen Elevationswinkel
- den Ausschluss von Messwerten z.B. wenn einzelne Satelliten mutmaßlich gestört sind
- die Modellierung der Einflüsse von Ionosphäre und Troposphäre
- die Verwendung von präzisen oder Broadcast-Ephemeriden
- die Suche und den Ausschluss von Phasensprüngen (Cycle-Slips)

(3) Die Trägerphasenmessung ist mehrdeutig. Die Lösung der Phasemehrdeutigkeit ist daher die Hauptaufgabe bei der Basislinienberechnung. Die gelöste Phasemehrdeutigkeit wird als Fixed-Lösung bezeichnet; bei Echtzeitanwendungen spricht man von der Initialisierung.

(4) Beim Post-processing können für alle Punktverbindungen, die für einen Mindestzeitraum simultan mit GPS-Empfängern besetzt waren, Basislinien berechnet werden. Die Phasemehrdeutigkeit wird für jede Basislinie separat gelöst. Scheitert die automatisierte Berechnung bei einzelnen Basislinien, müssen diese interaktiv berechnet oder nachgemessen werden.

(5) Bei der Echtzeitanwendung erfolgt zunächst die Initialisierung, die anschließend für die Berechnung einer oder mehrerer Basislinien verwendet wird. Da auch die Initialisierung in Echtzeit abläuft, ist sie nicht reproduzierbar. Die Steuerparameter können nur vorweg gesetzt werden, so dass der Einfluss auf den Verlauf der Initialisierung im Vergleich zum Post-processing eingeschränkt ist. Der Initialisierungsverlauf wird anhand von software-abhängigen Beurteilungsparametern beobachtet.

(6) Die während der Messung empfangenen Bahndaten (Broadcast-Ephemeriden) sind im Allgemeinen für die Basislinienberechnungen geeignet. Für Echtzeitanwendungen können nur diese Bahndaten benutzt werden. Für Post-processing Auswertungen können auch die erst mit zeitlicher Verzögerung zur Verfügung stehenden präzisen Ephemeriden benutzt werden (z.B. bei Anwendungen hoher Genauigkeit oder bei langen Basislinien).

(7) Die Antennenparameter müssen - soweit erforderlich - bei der Basislinienberechnung berücksichtigt werden (vgl. Nrn. 2.1.6 und 2.3.3).

(8) Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit einer Basislinie werden je nach angewendeter Software durch Angaben zur Genauigkeit der Basislinie (Standardabweichung und Korrelationskoeffizienten) oder durch die Art und Zuverlässigkeit der Mehrdeutigkeitslösung (z.B. Fixed-Lösung und deren Wahrscheinlichkeit (Probability, Ratio)) ausgedrückt. Folgende weitere Angaben können zur Beurteilung von Genauigkeit und Zuverlässigkeit herangezogen werden:

- DOP-Werte,
- Anzahl der benutzten Satelliten
- Anzahl benutzter und verworfener Trägerphasenmessungen (nur beim Post-processing),
- Anzahl der cycle slips (nur beim Post-processing),
- Verbesserungen für die Trägerphasenmessungen (nur beim Post-processing)

(9) Als Ergebnisse der Basislinienberechnung können vorliegen:

- einzelne ausgewertete Basislinien aus Messungen in Aufstellungsgruppen
- von temporären Referenzstationen im WGS 84 oder ETRS 89 polar abgeleitete Koordinaten
- von SAPOS<sup>®</sup>-Permanentstationen im ETRS 89 polar abgeleitete Koordinaten
- von virtuellen Referenzstationen, die in Post-processing- oder Echtzeitverfahren an SAPOS<sup>®</sup> angeschlossen sind, polar abgeleitete Koordinaten.

### 3.4 Behandlung der Redundanz der Messwerte

#### 3.4.1 Mittel- und Differenzbildung

(1) Die Mittel- und Differenzbildung von Messwerten ist die einfachste Methode, um die Redundanz der Messwerte auszuwerten und die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messwerte darzustellen. Sie ist nur zulässig bei polaren Messverfahren

- mit einer Referenzstation und identischen Startwerten für alle Messungen auf dieser Station (Standpunktsystem)
- mit mehreren Referenzstationen, wenn diese im ETRS 89 und mit höchster Lagegenauigkeit koordiniert sind
- mit vernetzten Referenzstationen.

(2) Bei Echtzeitanwendungen soll die Aufzeichnung der Messwerte so organisiert sein, dass noch im Felde die Mittel- und Differenzbildung systemunterstützt möglich ist.

(3) Für die horizontale lineare Koordinatendifferenz aus zwei Durchgängen wird festgelegt:

<u>Punktart</u>	<u>anzustreben</u>	<u>maximal zulässig</u>
AP (1)	0,02 m	0,04 m
AP(2), GP, GebP	0,03 m	0,06 m

(4) Etwa zwei Drittel der Differenzen sollen die Hälfte der maximal zulässigen Differenz nicht überschreiten (vgl. Nr. 1.2 Abs. 3 der Anlage 3 VPErl.) Bei größeren Differenzen ist durch weitere Messung(en) unter Beachtung der Nr. 2.3.6 ein möglicher Fehler zu klären.

#### 3.4.2 Ausgleichung

(1) Die Ausgleichung ist erforderlich bei

- Messverfahren in Aufstellungsgruppen
- polaren Messverfahren mit mehreren realen Referenzstationen, soweit nicht Nr. 3.4.1 Abs. 1, 2. Spiegelstrich gilt
- der gemeinsamen Auswertung von GPS-Messungen mit Messungen anderer Aufnahmeverfahren.

(2) Auf eine angemessene Gewichtung der Messungsgruppen ist zu achten. Die vom GPS-System ermittelten Genauigkeitsmaße sollen für die Gewichtung der GPS-Messergebnisse herangezogen werden.

(3) Im Übrigen gelten die Nrn. 12 und 21 VPErl..

### 3.5 Überführung in die amtlichen Lagebezugssysteme

#### 3.5.1 Allgemeines

Um die Ergebnisse der GPS-Messung, die zunächst im Bezugssystem WGS 84 vorliegen, in die amtlichen Lagebezugssysteme zu überführen, sind Umrechnungen, Abbildungen und Transformationen erforderlich (vgl. Transformationsrichtlinien, Teil I, Nrn. 1 und 2).

### 3.5.2 Umrechnungen und Abbildungen

- (1) Im Zusammenhang mit der GPS-Nutzung sind
  - geozentrische kartesische 3D-Koordinaten X, Y, Z,
  - ellipsoidisch-geografische Koordinaten B, L, ell. h oder
  - kartesisch verebnete Koordinaten in konformer Gauß-Krüger-Abbildung R, H (3°/6°-Streifen) oder UTM-Abbildung E, N (6°- Streifen)in Gebrauch. Zwischen ihnen bestehen eindeutige mathematische Beziehungen, die strenge Umrechnungen ohne Transformation erlauben.
- (2) Geozentrische kartesische, 3D-Koordinaten X, Y, Z werden zunächst in ellipsoidische Koordinaten B, L und ell. h umgerechnet.
- (3) Die ellipsoidischen Koordinaten werden dann durch eine Abbildungsberechnung (Gauß-Krüger-Abbildung oder UTM-Abbildung) in R, H oder E, N verebnet.

### 3.5.3 Transformationen

- (1) Die Überführung in die amtlichen Lagebezugssysteme erfolgt durch Transformation. Sie kann dreidimensional oder nach vorheriger Verebnung zweidimensional erfolgen. Darüber hinaus kann sie mehrstufig, in einem Schritt, an mehreren Stellen der Auswertung oder gleichzeitig mit einer Ausgleichung der Messwerte durchgeführt werden.
- (2) Bei Arbeiten im ETRS 89 unter Nutzung von SAPOS<sup>®</sup> ist keine Transformation erforderlich (vgl. Nr. 1.2.3 Abs. 2). Die Arbeiten sind durch Kontrollpunkte (Nr. 2.3.6 Abs. 3) zu sichern.

### 3.5.4 Transformationsparameter

- (1) Großräumig abgeleitete Transformationsparameter (vgl. Nr. 1.2.4) liefern Koordinaten, die nur eingeschränkt – z.B. für Präsentationszwecke – verwendbar sind.
- (2) Lokal bestangepasste Transformationsparameter werden projektbezogen aus Stützpunkten der unmittelbaren Nachbarschaft abgeleitet; sie werden entweder aus Messungen auf den Anschlusspunkten oder vorab aus bereits vorhandenen amtlichen Koordinaten berechnet. Sie werden benutzt, um Koordinaten im Sinne der Nr. 5.1 Abs. 2 VPErl. zu bestimmen.
- (3) Die Katasterbehörde kann zur Erzeugung der Parametersätze durch den Anwender Stützpunkte mit Koordinaten in verschiedenen Lagebezugssystemen bereitstellen.

### 3.5.5 Stützpunkte der Transformation

- (1) Die Stützpunkte der Transformation werden je nach Zielrichtung der Vermessung ausgewählt. Für die Verteilung und Verwendbarkeit der Stützpunkte gelten die allgemeinen Grundsätze der Transformation (siehe Transformationsrichtlinien, Teil I).
- (2) Die Eignung der Stützpunkte ist nachzuweisen, z.B. durch eine Vortransformation. Dazu bietet sich bei ebenen Transformationen eine 2-Parameter-Transformation (Verschiebung in X- und Y-Richtung), in Ausnahmefällen eine 3-Parameter-Transformation (zusätzliche Drehung) an. In diesen Fällen erfolgt die endgültige Berechnung der Koordinaten durch eine erneute Transformation, jetzt mit allen Parametern.
- (3) Die Zuverlässigkeit der Transformation ist sicherzustellen. Dazu sind mindestens 2 Stützpunkte zu verwenden und Kontrollpunkte entsprechend Nr. 2.3.6 Abs. 3 in die Messung einzubeziehen. Mit der Zahl der Stützpunkte steigt die Zuverlässigkeit der Transformationsergebnisse.

### 3.6 Überführung in das amtliche Höhenbezugssystem

Zur Berechnung von NHN-Höhen (physikalischer Bezug) aus ellipsoidischen Höhen (mathematischer Bezug) müssen NHN-Undulationen (siehe **Anlage 3**) bezogen auf das GRS 80-Ellipsoid berücksichtigt werden (vgl. Nr.1.2.3).

### 3.7 Nachbarschaftsanpassung

- (1) Die Transformation mit lokal bestangepassten Parametern gewährleistet eine nachbarschaftstreue Einpassung des Messergebnisses. Die Restklaffungen in den Stützpunkten der Transformation, die sich bei freigesetzten Parametern ergeben, sind in geeigneter Form zu

verteilen, wenn die Restklaffungen aus der Vortransformation (3.5.5 Abs. 2) die Grenzen der Anlage 4 VPErl überschreiten. Andernfalls kann eine Restklaffenverteilung unterbleiben.

(2) Es ist darauf zu achten, dass nur reale Netzspannungen und nicht zufällige Messungenauigkeiten verteilt werden. Erfahrungsgemäß erreichen die Messungenauigkeiten bei Echtzeitanwendungen bis zu 2 cm, die sich dann bei Messungen auf den Stützpunkten unter der Voraussetzung spannungsfreier Netze in Restklaffungen gleicher Größenordnung ausdrücken.

(3) Werden vorausberechnete Transformationsparameter benutzt und können keine Restklaffungen berechnet werden, weil die Stützpunkte der Transformation nicht bekannt sind, werden alle Punkte wie Neupunkte behandelt. Die Arbeitsmethode setzt voraus, dass die Transformationsparameter ein spannungsfreies Anschlusspunktfeld repräsentieren. Dies ist in geeigneter Form nachzuweisen.

### **3.8 Dokumentation der Auswertung**

Die einzelnen Auswerteschritte nach Nr. 3.1.2 sind getrennt entsprechend **Anlage 4** zu dokumentieren. Für die Dokumentation der Auswertung gelten die allgemeinen Grundsätze der Nr. 10 VPErl. Für die Durchführung von Fortführungsvermessungen gilt darüber hinaus Nr. 12 FortfVERl.

## **4 VERMESSUNGSSCHRIFTEN**

### **4.1 Grundsätze**

(1) Die Ergebnisse der GPS-Messungen sind in vollständig und vorschriftsgemäß angefertigten Vermessungsschriften nachvollziehbar nachzuweisen. Diese bilden die Grundlage für die Einrichtung, Fortführung oder Berichtigung des Liegenschaftskatasters sowie der Festpunktnachweise der Landesvermessung.

(2) Im Einzelnen gelten die Bestimmungen des NivPErl., des TPErl., des VPErl. (insbesondere Nrn. 7 und 10) und des FortfVERl. (insbesondere Nr. 14).

### **4.2 Umfang**

(1) Umfang und Inhalt der Vermessungsschriften ergeben sich im Einzelnen aus der **Anlage 4 Blatt 1 bis 5**, des weiteren aus den in Nr. 4.1 Abs. 2 aufgeführten Verwaltungsvorschriften. Wird eine Ausgleichung gerechnet, ersetzen die Ausgleichungsprotokolle die **Blätter 4 und 5 der Anlage 4**.

(2) Die jeweilige Bearbeiterin oder der jeweilige Bearbeiter haben die von Ihnen zu einzelnen Arbeitsabschnitten erstellten Vermessungsschriften unter lesbarer Angabe ihres Namens und ihrer Amts- oder Berufsgruppenbezeichnung und des Anfertigungsdatums zu unterschreiben.

### **4.3 Fertigungsaussage**

(1) Die Vermessungsstellen sind für die Vollständigkeit und Richtigkeit der von ihnen eingereichten Vermessungsschriften im ganzen Umfang verantwortlich.

(2) Die Vollständigkeit und Richtigkeit der Vermessungsschriften ist von der hierfür zuständigen Beamtin oder dem hierfür zuständigen Beamten der Katasterbehörde oder der behördlichen Vermessungsstelle, der Öffentlich bestellten Vermessungsingenieurin oder dem Öffentlich bestellten Vermessungsingenieur auf dem Antrag zur Einrichtung, Fortführung oder Berichtigung des entsprechenden Nachweises durch Abgabe der Fertigungsaussage entsprechend Nr. 14.32 FortfVERl zu bescheinigen.

(3) Mit der Abgabe der Fertigungsaussage wird versichert, dass die Vermessungsschriften den Vorschriften entsprechen, insbesondere dass

- die GPS-Messung in sich schlüssig und richtig ist
- die Grenzwerte für die größten zulässigen Abweichungen eingehalten sind
- die erforderliche Zuverlässigkeit der Punktbestimmung gewährleistet ist
- die GPS-Messung in ausreichendem Umfang an das Netz der Anschlusspunkte angeschlossen wurde
- die Abweichungen zwischen den Koordinaten der einbezogenen Anschlusspunkte und den Koordinaten aus neuer Vermessung aufgezeigt sind



- für die zur Durchführung der Vermessung und Erstellung der Vermessungsschriften eingesetzten Fachkräfte die erforderliche Befugnis vorliegt, die Fachkräfte über die erforderliche Eignung verfügen und die von ihnen durchgeführten Arbeiten von der Unterzeichnerin oder vom Unterzeichner in erforderlichem Umfang wirksam überwacht wurden.
- (4) Für Fortführungsvermessungen gilt im Übrigen Nr. 14.3 FortfVERl..

## Sachverzeichnis

Die Zahlen verweisen auf die Nummern der Richtlinien hin (ohne Gliederungspunkte).

Ablotung.....	222,232,236	Messverfahren... 121,123,212,213,217,218,223,234,	
Abschattung.....	222,235	341,342	
Anschlusspunkt .....	221,236,237,254,354, <b>37,43</b>	Messzeiten, -dauer .....	214,222,223,234,Anl.4Bl.3
Antenne, GPS- .....	216,222,223,232-234,252,331	Mittel-, Differenzbildung .....	218,312,341,Anl.4Bl.4
- Höhe.....	216,222,232,236,331	Nachbarschaft.....	217,218,223,236,312,354, <b>37</b>
- Parameter .....	124,216,233,252,331,332	Netz 77 .....	<b>32</b>
- Referenzpunkt (ARP) .....	232	Netzentwurf .....	223,Anl.2
Aufstellungsgruppe .....	212,217,254,331,332,342	Netzriss .....	254,Anl.2
Aufzeichnungsintervall .....	223,252	NN/NHN - Höhen .....	123, <b>36</b> , Anl.3
Ausgleichung.....	218,312,342,353, <b>42</b>	PDOP-Werte .....	siehe DOP-Werte
Bahndaten .....	124,211, <b>24</b> ,332	Permanentstation .....	212-214,216,332
Basislinien .....	214,223,234,235, <b>24</b> ,253,254,312, <b>33</b>	Phasenmehrdeutigkeit.....	212,234-236,332
Bezugssysteme .....	123,214,218,221,223,236,237	Post-processing.121,212,218,222,234,235,252,312,	
	252,254,312,331, <b>35,36</b>	<b>32,332</b>	
Broadcast-Ephemeriden .....	332	Protokoll .....	251,253, <b>42</b> ,Anl.4Bl.4
Codephasenmessung .....	<b>24</b>	Prüfung der Messinstrumente.....	216
Cycle slips .....	332	Punktbestimmung... 122,212,214,216,217,235, <b>32,43</b>	
Datenformat.....	215	Raumvektor.....	331
Dokumentation .....	<b>25,38</b> ,Anl.4	Redundanz.....	218,223,312, <b>34</b>
DOP-Werte .....	211,332	Referenzstation.....	123,212,213,215,217,218,231
Echtzeitverfahren.121,212,214,215,218, <b>24</b> ,231,252			254, <b>32,33</b> ,341,342
	253, <b>32</b> ,332,341, <b>37</b>	- virtuelle.....	212,213,332
- auswertung.....	235,312, <b>32</b>	Reindaten.....	<b>24</b>
Eichung.....	216	Restklaffungen.....	217,254, <b>37</b>
Einzelpunktbestimmung.....	122, <b>32</b>	RINEX-Format .....	214
Elevationswinkel.....	216,222,252,332	Rohdaten .....	212,218, <b>24</b> ,253,312
Ellipsoid .....	123,252, <b>32</b> ,352	Rover.....	212,215,231,235,252
Ellipsoidische Höhen.....	123, <b>36</b>	RTCM-Format.....	214,215
Ephemeriden .....	124,332	RTK-Systeme .....	212,215
Epoche.....	332	SAPOS <sup>®</sup> .....	123,124,213-216,218,237,332,353
Erkundung .....	222	Satelliten .....	121,124,211,212,222,234, <b>24</b> ,252,332
Erläuterungsbericht.....	223	Session .....	212, <b>32</b>
ETRS 89 .....	123,214,221,237, <b>32</b> ,332,341,353	Simultan .....	121,331,332
Fertigungsaussage.....	<b>43</b>	Software .....	211,212,215,223,331,332
Fixed-Lösung.....	332	Standardabweichung.....	332,Anl.4Bl.4
Fortführungsvermessungen.....	222, <b>38,43</b>	Startwert.....	218,223,232,312, <b>32</b> ,332,341
Gauß-Krüger-/UTM-Abbildung .....	352	Steuerparameter.....	251,332
Genauigkeit..121,214,217,232,234,236, <b>32</b> ,332, 341		Stützpunkte .....	252,254,354,355, <b>37</b>
	342, <b>37</b>	Systemeinstellungen .....	251,252
Geoid, Quasigeoid .....	123, <b>32</b>	Trägerphasenmessung .....	214,332
GIBS .....	124, 211	Transformation...123,124,218,223,237,252,254,312,	
Glossar .....	124	<b>32,35,37</b>	
GPPS, HEPS.....	214	Umrechnungen .....	351,352
Himmelsfreiheit.....	222,231	Undulation .....	123, <b>32,36</b> ,Anl.3
Höhen		Varianz/Kovarianz .....	<b>24</b>
- bestimmung .....	122,123,216, <b>32,36</b>	Virtuelle Referenzstation (VRS) s. Referenzstation	
- bestimmung der Antenne.....	s. Antennenhöhe	Vermessungsriß, Fortführungsriß.....	255
Initialisierung.....	212,215,235,332	Vortransformation .....	355, <b>37</b>
Kinematisches Verfahren.....	s. Echtzeitverfahren	VP-Liste.....	Anl4Bl.5
Kontrollen, -punkte .....	223,236,255,353	WGS 84.....	123, <b>32</b> ,332,351
Koordinaten .. 123,212,215,217,218,234,237, <b>24</b> ,253,		Zentrierung.....	232,236
	<b>32</b> ,332,341,352,354,355, <b>43</b>		
Korrelation .....	332		
Mast-, Signalaufbau .....	222,232,234		
Mehrdeutigkeit.....	s. Phasenmehrdeutigkeit		
Mehrwegeffekte, Multipath.....	222,235		
Messwert .....	218,223, <b>24</b> ,251,253,312,332,341,		
	353,Anl.4Bl.3		