

Sicherungspolitik

- Nur die Satelliten vom Typ Block I standen jedem Nutzer mit voller Systemgenauigkeit zur Verfügung.
- Durch künstliche Systemverschlechterung gestattet der Systembetreiber dem nicht autorisierten Nutzer die Verwendung des GPS nur mit eingeschränkter Genauigkeit (SPS).
- SPS (Standard Positioning Service):
 - 100 m Lagegenauigkeit
 - 156 m Höhengenaugigkeit
 - 340 nsec Zeitgenauigkeit
- PPS (Precise Positioning Service):
 - 22 m Lagegenauigkeit
 - 27.7 m Höhengenaugigkeit
 - 100 nsec Zeitgenauigkeit

Sicherungspolitik

Selective Availability (SA):

- Manipulation der Genauigkeit der Ephemeriden (ϵ -Technik)
- Systematische Destabilisierung der Grundfrequenz der Satellitenuhr (δ -Technik)
- Am 01.05.2000 wurde Selective Availability deaktiviert

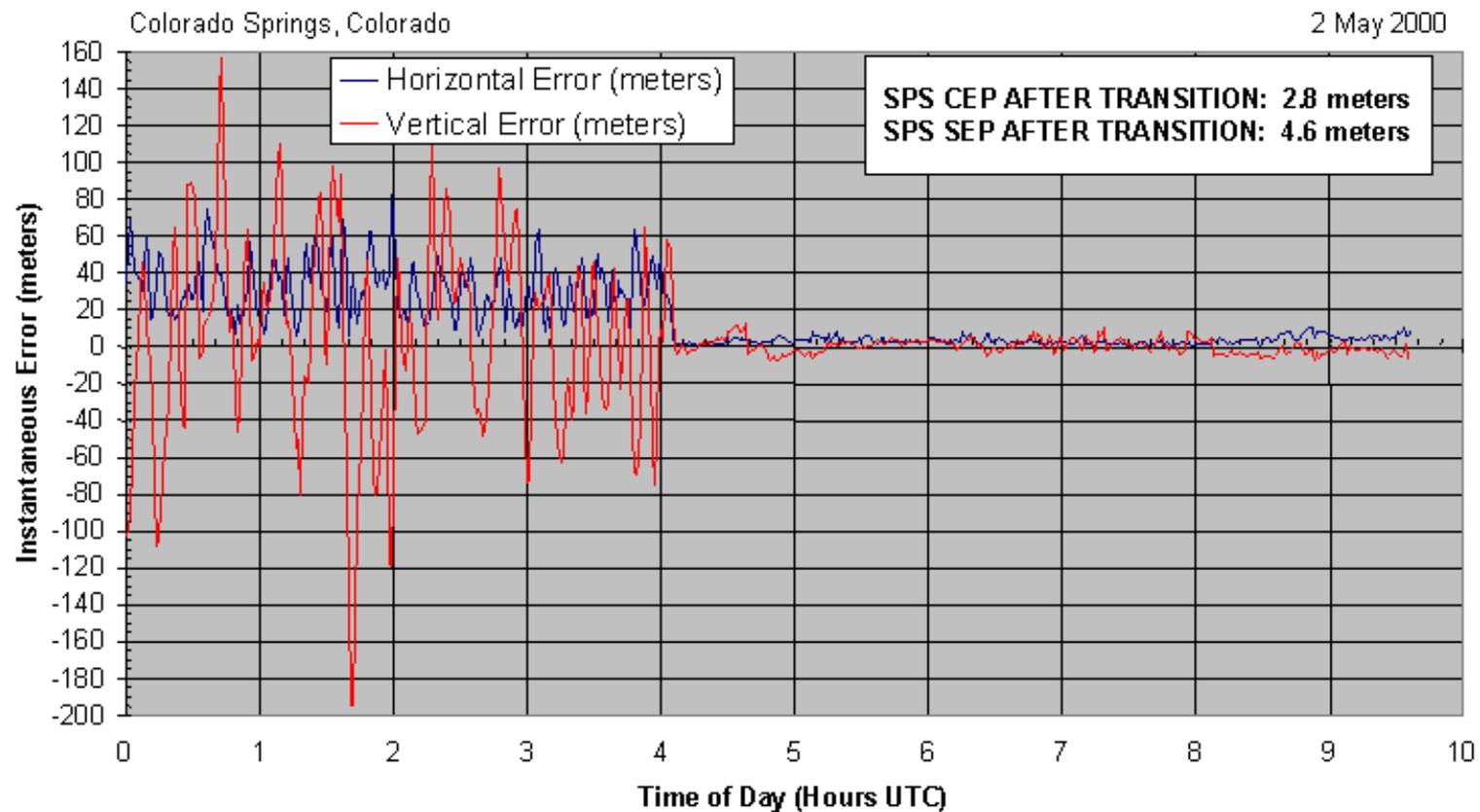
Anti-Spoofing (AS):

- Der P-Code wird durch eine Modulo-2-Addition mit dem W-Code (500 kHz) verschlüsselt
- Der verschlüsselte P-Code wird als Y-Code bezeichnet

SA-Deaktivierung



SA Transition -- 2 May 2000



Autor: Michael Schulz, GEOSOFT

Signalstruktur

Signaltypen:

- Trägersignale (L1 und L2)
- Codesignale (PRN-Codes)
- Datensignal (Satelliten-Message)

Trägersignale:

- L1: $154 * 10.23 \text{ MHz} = 1575.42 \text{ MHz}$ (Wellenlänge $\lambda = 19.05 \text{ cm}$)
- L2: $120 * 10.23 \text{ MHz} = 1227.60 \text{ MHz}$ (Wellenlänge $\lambda = 24.45 \text{ cm}$)

Zukünftig:

- L5: $115 * 10.23 \text{ MHz} = 1176.45 \text{ MHz}$ (Wellenlänge $\lambda = 25.5 \text{ cm}$)

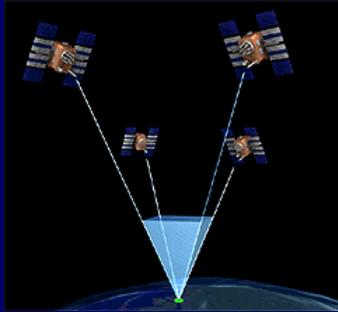
Signalstruktur

Auf die Trägerphasen sind mehrere PRN-Codes (Pseudo Random Noise Codes) aufmoduliert:

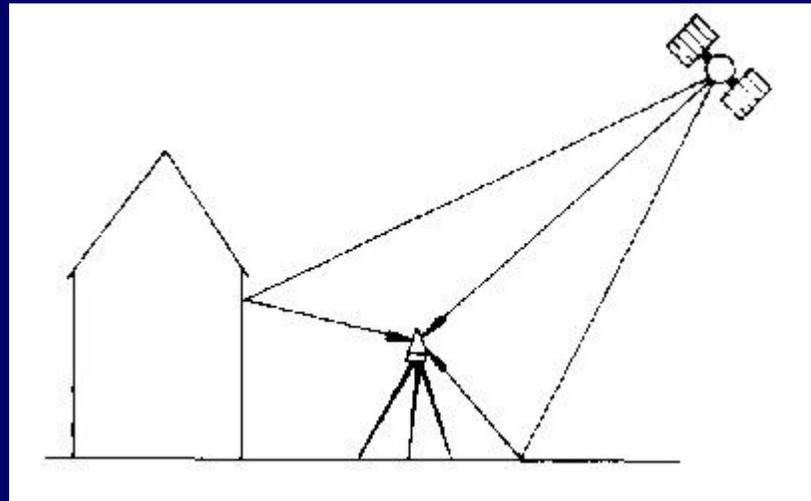
- Der C/A-Code (Coarse/Acquisition Code) ist mit einer Periode von einer Millisekunde dem L1 Trägersignal aufmoduliert. Seine Frequenz beträgt 1.023 MHz und die Wellenlänge $\lambda = 293.1$ m. Ab dem Jahr 2005 wird der C/A-Code auch auf das L2 Trägersignal aufmoduliert.
- Der P-Code (Precise Code) befindet sich auf L1 und L2. Seine Frequenz beträgt 10.23 MHz, die Wellenlänge $\lambda = 29.31$ m und die Periode ca. 266.4 Tage (7 Tage/Satellit).
- Als dritte Codesequenz überlagert der W-Code den P-Code bei aktivem Anti-Spoofing. Daraus resultiert der Y-Code, der dem nicht autorisierten Nutzer den direkten Zugriff auf das L2-Signal verwehrt. Die Rekonstruktion der L2-Trägerphase kann jedoch durch verschiedene empfangernerinterne Techniken gelingen.
- Das Datensignal, auch Satelliten-Message genannt, befindet sich auf dem L1- und L2-Träger. Der Datenumfang eines Navigationsdatensatzes beträgt 1500 Bit und benötigt bei einer Übertragungsrate von 50 Bits/Sekunde 30 Sekunden.

Autor: Michael Schulz, **GEOSOFT**

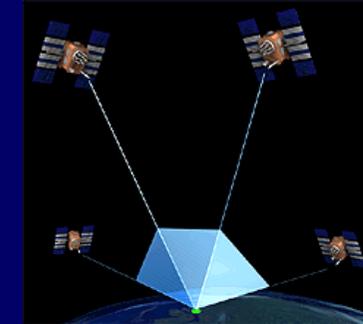
Fehlereinflüsse



Schlechter PDOP



Typischer Multipath Effekt

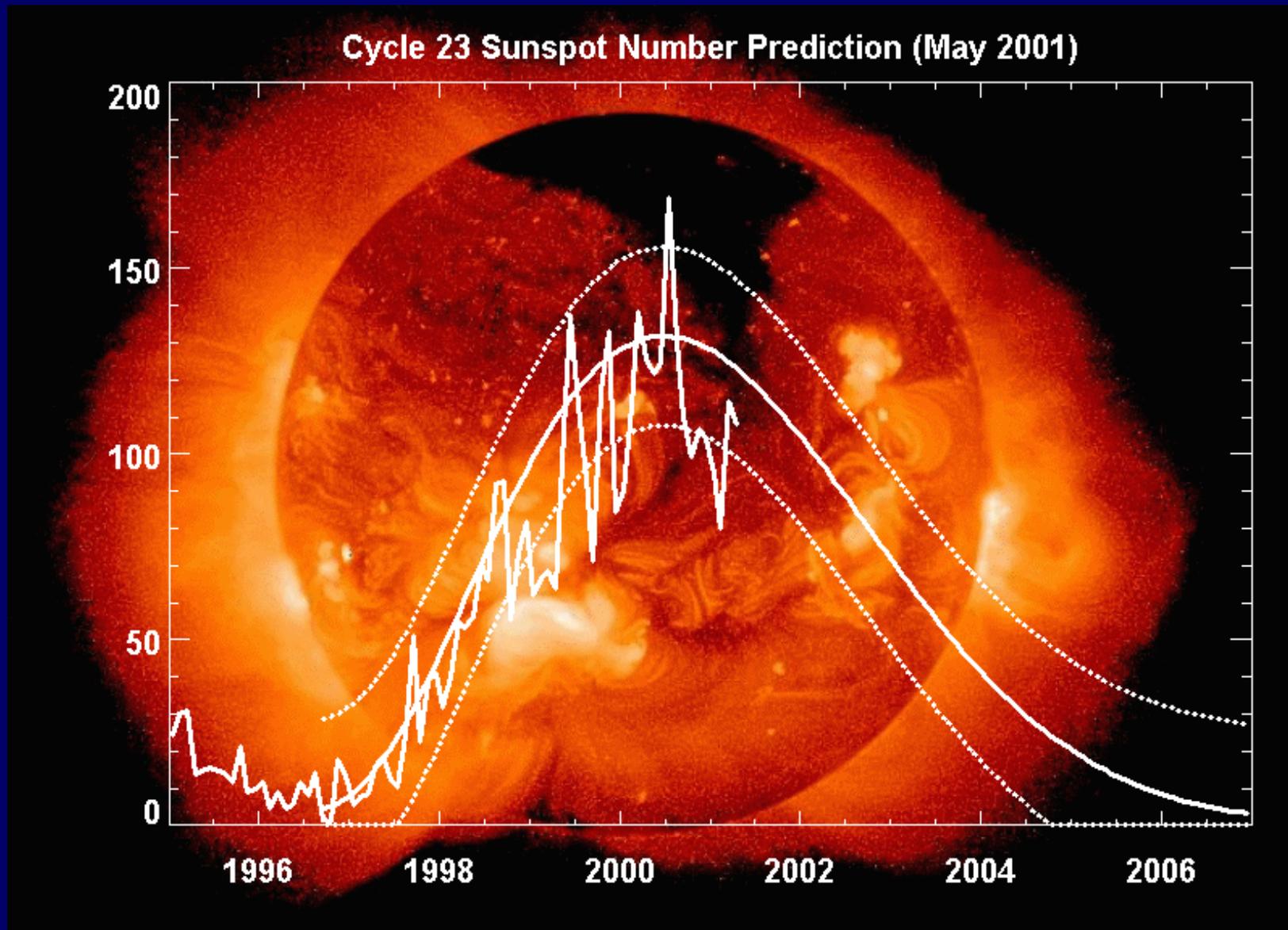


Guter PDOP

Fehlereinflüsse auf die Streckenbestimmung:

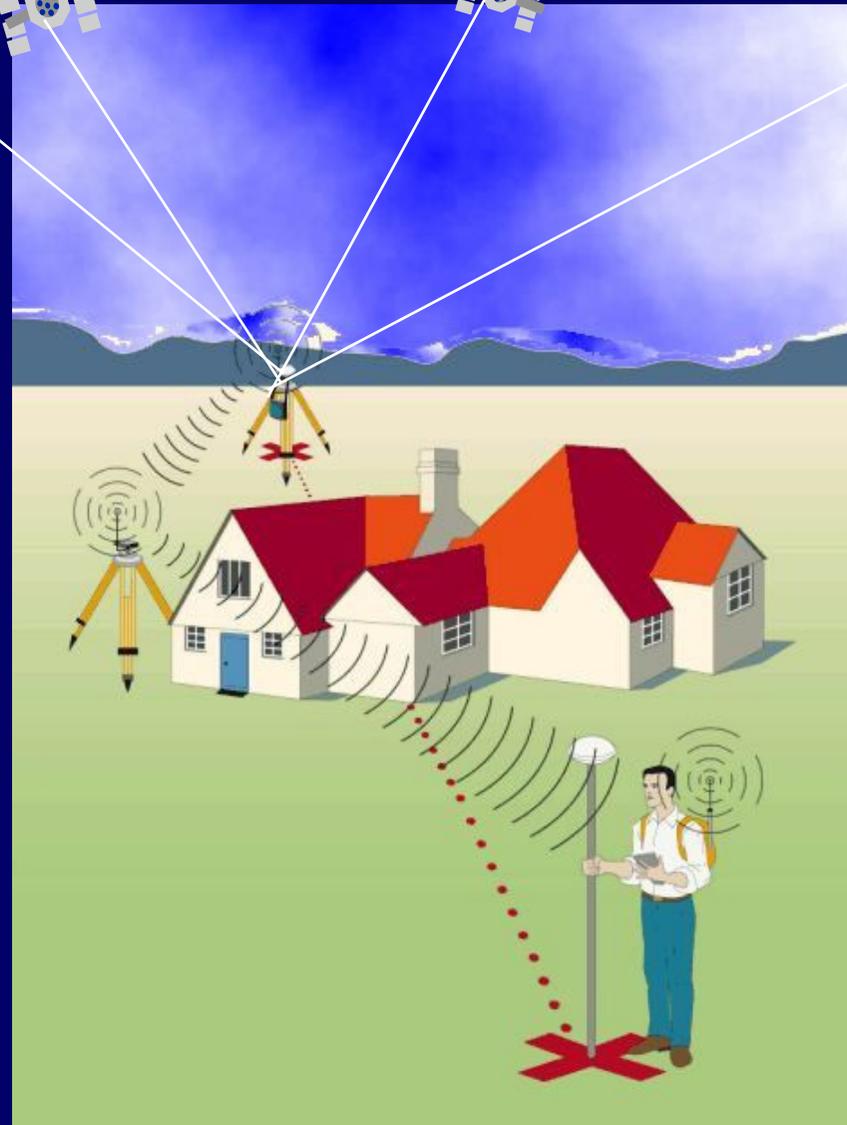
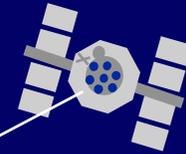
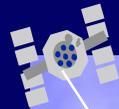
- Satellitenbahnfehler (haben Fehler von 5-15 m zur Folge; wegen zusätzlicher künstlicher Verschlechterung des Betreibers seit Anfang '94 sogar 10-100 m)
- Atmosphärische Laufzeitverzögerungen des Signals (2-150 m)
- Satellitenuhrfehler (10-100 m)
- Mehrwegeausbreitung an der Antenne (Multipath)

Ionosphäreneinfluß



Autor: Michael Schulz, **GEOSOFT**

DGPS



Begriffsbestimmung

- **D-GPS** **Differential GPS** Anwendungen mit einer Genauigkeit $< 20\text{m}$
- **PD-GPS** **Precise Differential GPS** - Standardverfahren in der Vermessung
- **RTK-DGPS** **Real Time Differential GPS (DGPS)**
- **RTK-PDGPS** **Real Time Kinematic GPS (RTK)**

• **D - Differential**

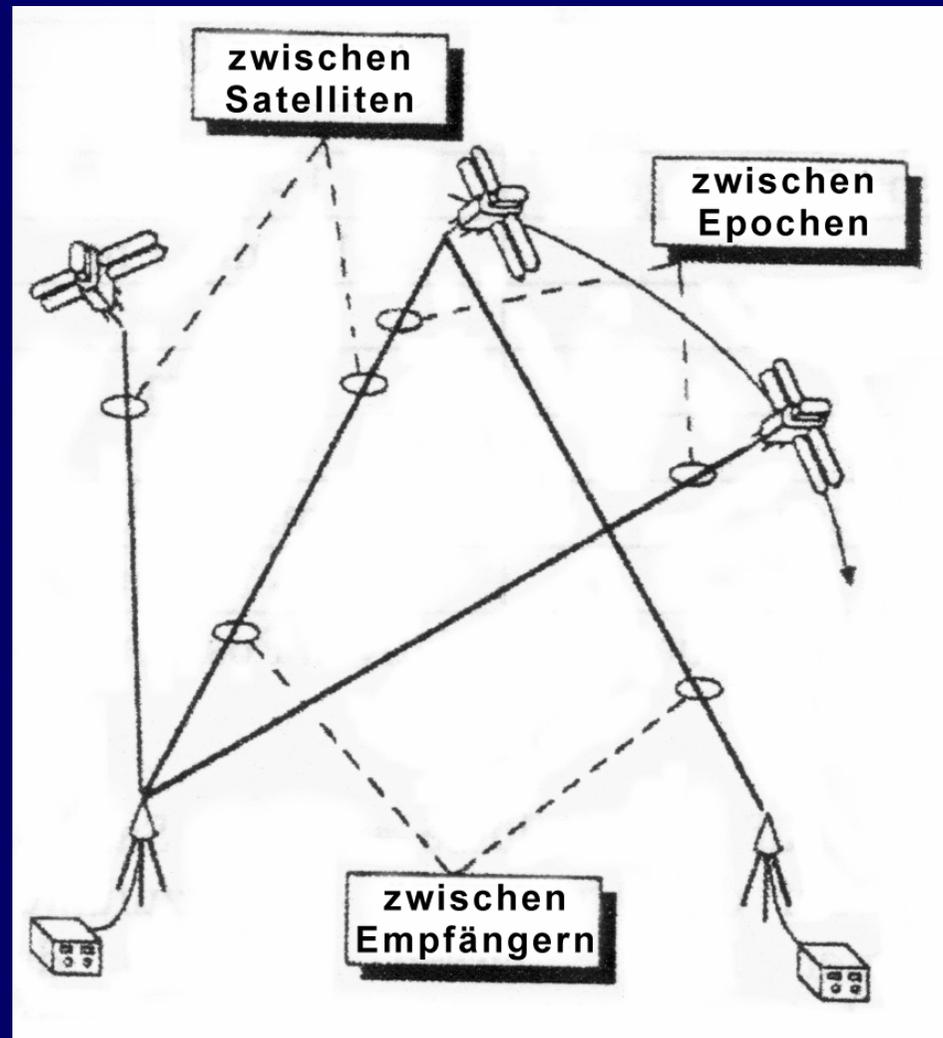
• **P - Precise (Verwendung von Trägerphasen statt Codemessungen)**

• **K - Kinematic**

• **S - Static**

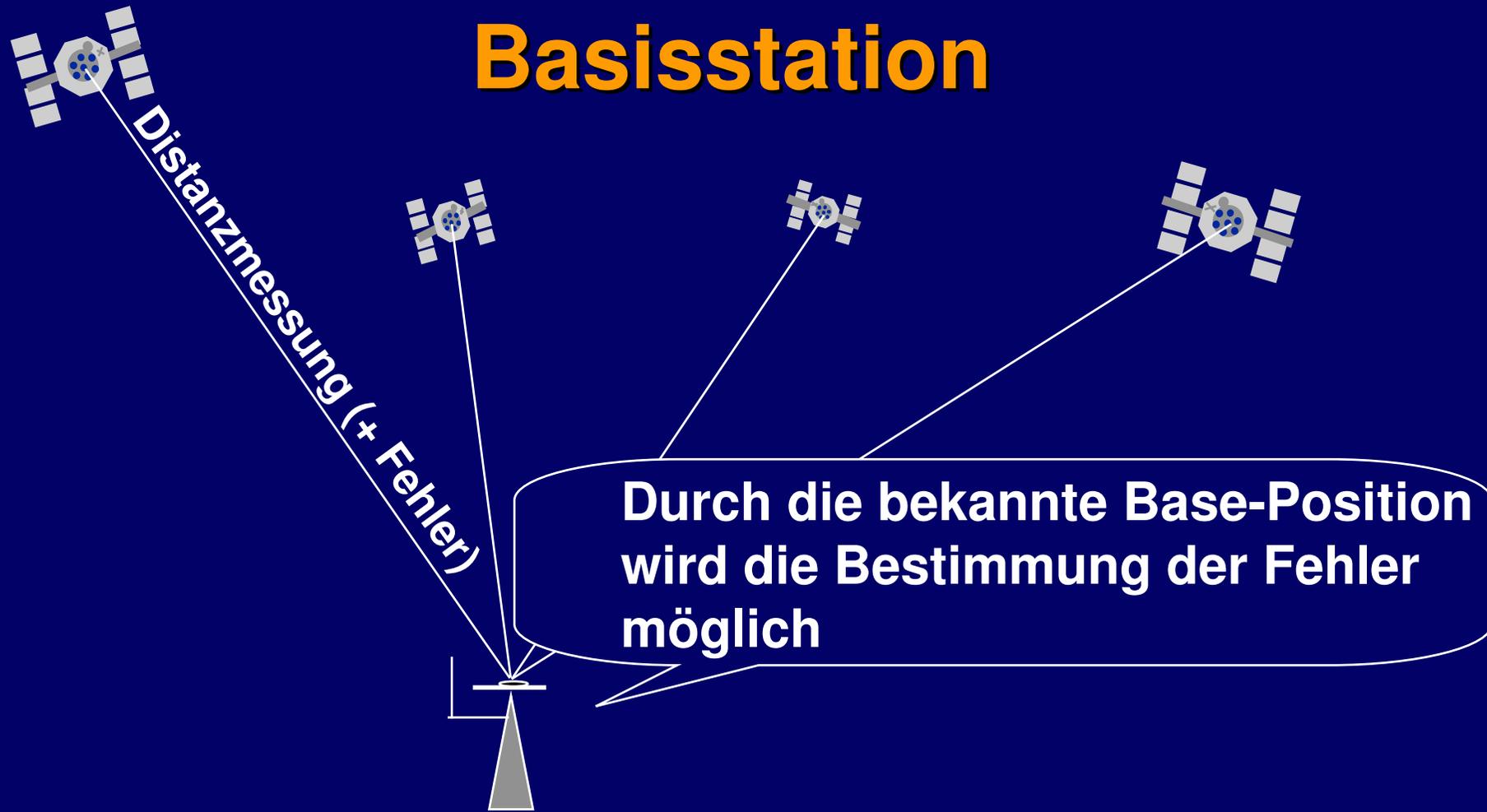
• **RT - Real Time**

Differenzbildung beim GPS



Autor: Michael Schulz, *GEOSOFT*

Basisstation



**Basisstation
mit bekannter Position**

Mobilstation

Distanzmessung
(+ Fehler)

Durch die Korrekturdaten der Basis-Station wird die Bestimmung einer exakten Position möglich.

Autor: Michael Schulz, *GEOSOFT*

RTK

- **RTK ist eine spezielle Form des Differential GPS**
 - **benutzt die Trägerphase als “Messband”**
 - **berechnet die Mehrdeutigkeiten für die Trägerphase**
 - **liefert ± 1 Zentimeter Genauigkeit + 2ppm**
 - **benötigt 5 oder mehr Satelliten**
 - **Initialisierungszeit ~ 1 Minute um die Mehrdeutigkeiten zu lösen**
 - **Initialisierung während der Bewegung (OTF)**

Statische Messung

Die Basislinienbeobachtung kann als „Urform“ der GPS-Beobachtung bei hohen Genauigkeiten angesehen werden. Unter Verwendung von zwei Satellitenempfängern werden durch simultane Beobachtung hochgenaue *3D-Koordinatendifferenzen* bestimmt.

- Koordinatenunterschiede $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$
- Standardabweichungen S_x, S_y, S_z
- Korrelationskoeffizienten r_{xy}, r_{yz}, r_{zx}

Die Ergebnisse werden mit Hilfe einer Postprocessing-Software Nachträglich im Büro ermittelt.

Beispiele für Referenzstationsdienste

ascos

SAPOS - der staatliche Dienst

The logo for OmniSTAR, featuring the word "OmniSTAR" in a blue, stylized font with a registered trademark symbol (®) to the right. The letters are bold and have a slight 3D effect.

Satellitenunterstützung für Submeter Genauigkeit

Autor: Michael Schulz, *GEOSOFT*

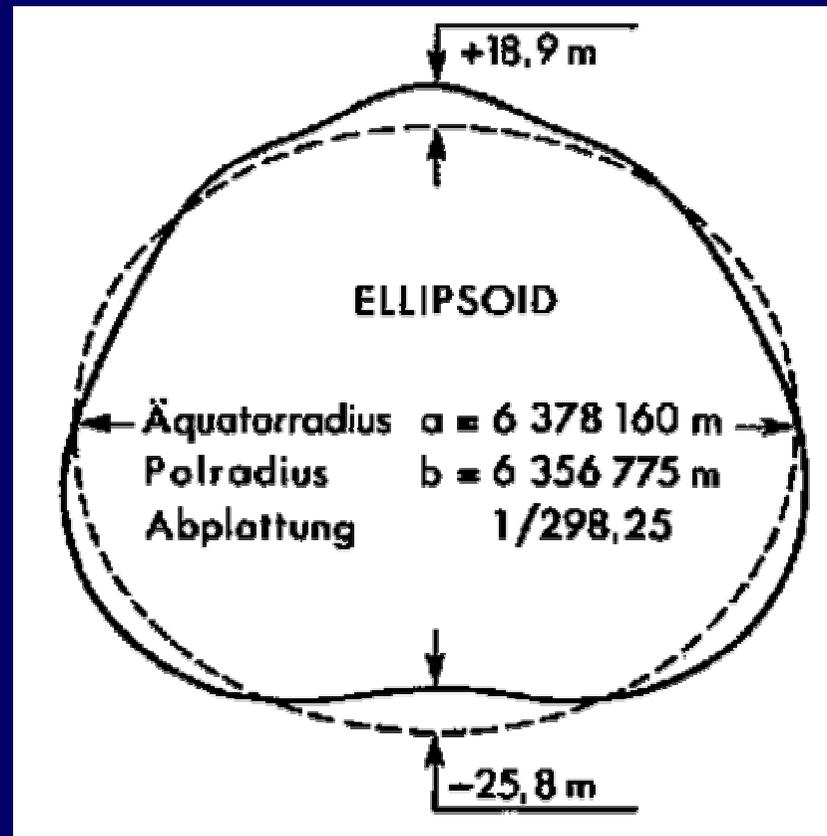
Referenzstationsdienste

- **Sinn und Zweck:**
 - Nutzer muß keine eigene Referenzstation betreiben
 - Korrekturdaten stehen zur Verfügung
 - für Nutzer nur Anschaffung Rover-Empfänger + Korrekturdaten-Empfänger
- für Wahl notwendig zu wissen:
Welche Genauigkeiten werden erwartet?

Koordinatensysteme, Abbildungen und Höhenbezugsflächen

Autor: Michael Schulz, *GEOSOFT*

Das Ellipsoid

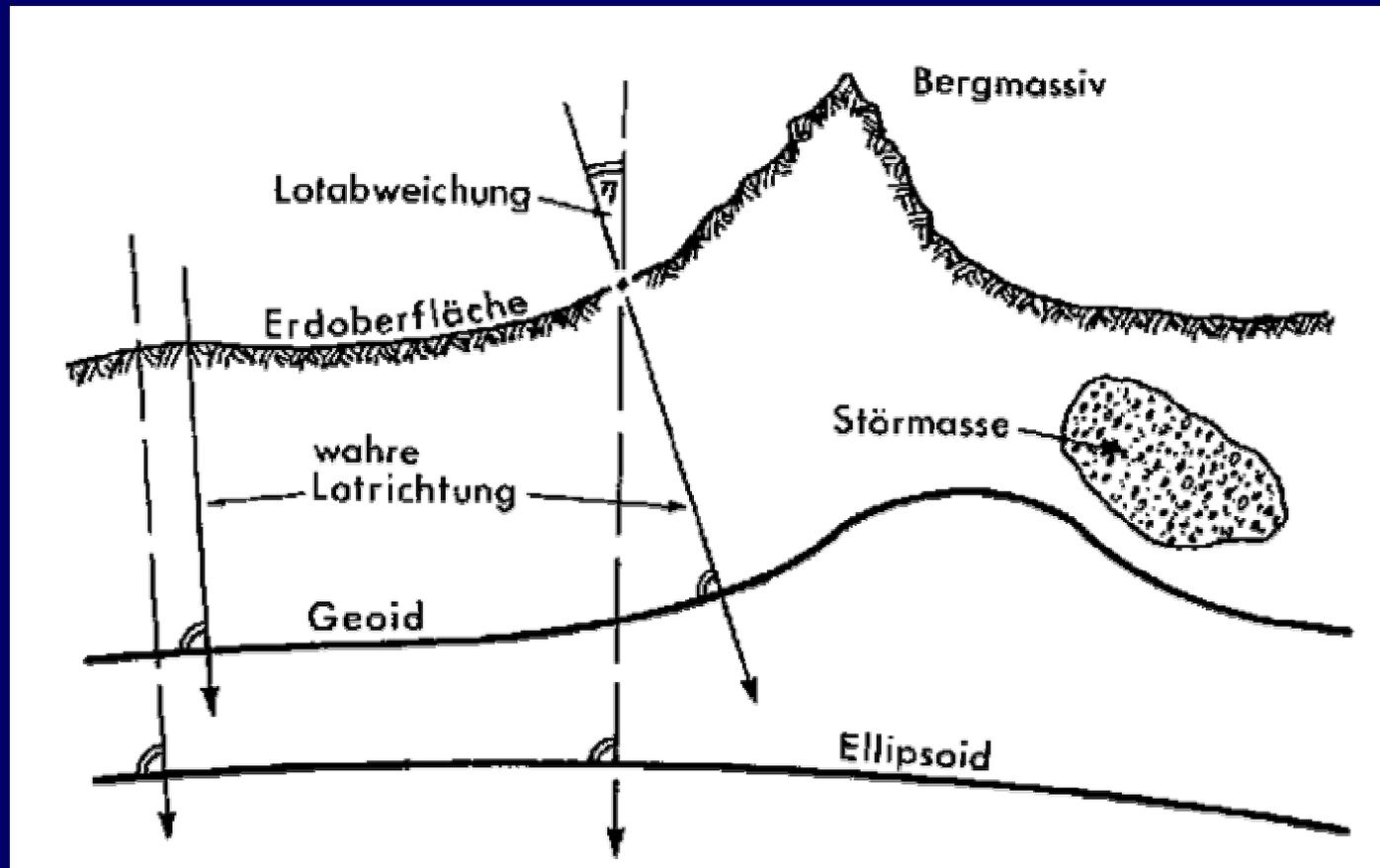


Mittleres Erdellipsoid (z.B. WGS84)

Das Ellipsoid ist eine Rechenfläche, deren Parameter so gewählt werden können, daß sich das Ellipsoid der Gesamtfigur der Erde bestmöglich anpaßt. Fällt außerdem der Ursprung mit dem Massenmittelpunkt der Erde zusammen, spricht man von einem globalen ellipsoidischen System.

Autor: Michael Schulz, **GEOSOFT**

Ellipsoid und Geoid



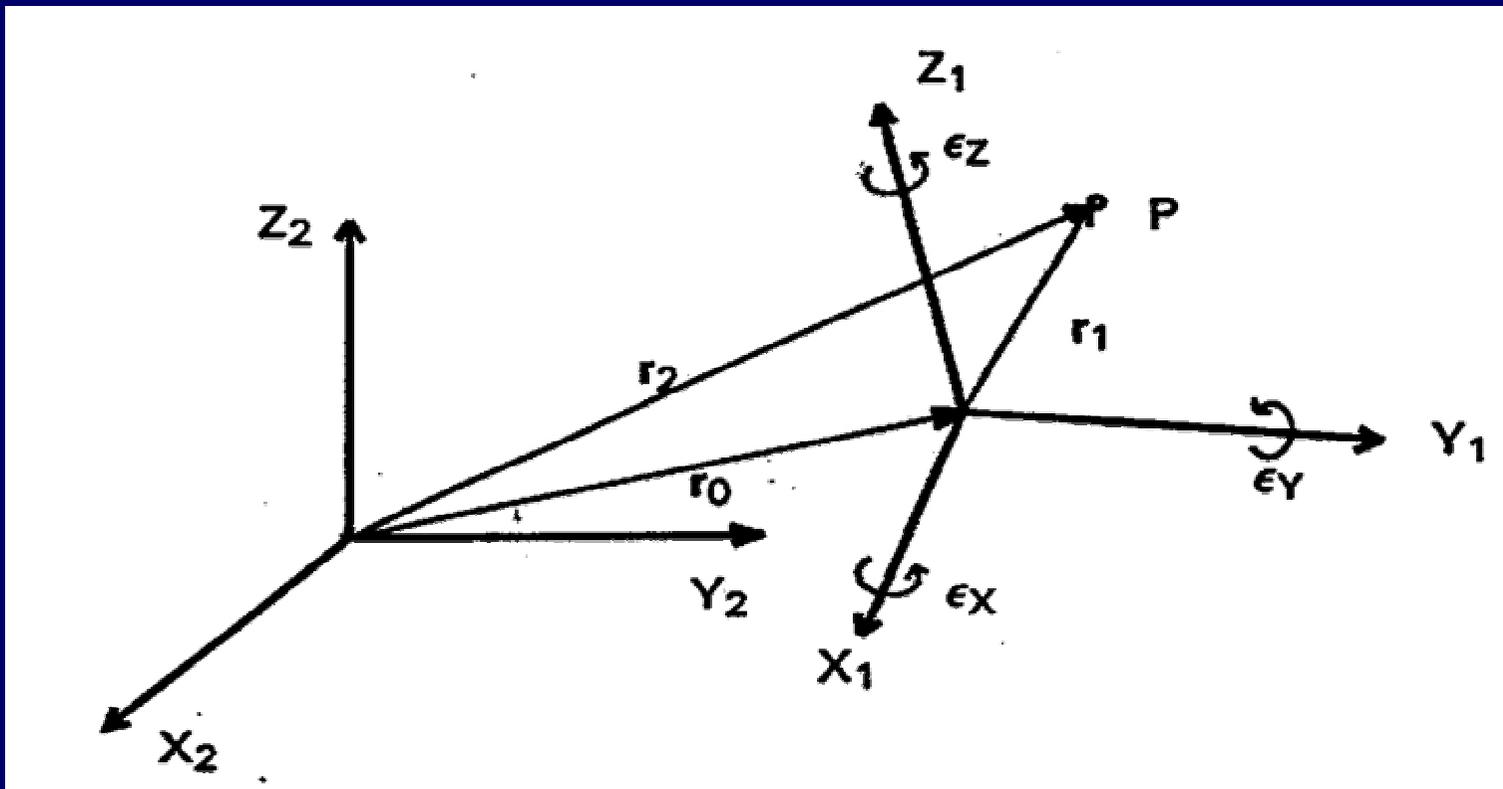
Geoid und Ellipsoid als Ersatzflächen für die Erdoberfläche

Autor: Michael Schulz, *GEOSOFT*

Transformation ins Landesnetz

Dreidimensionale Ähnlichkeitstransformation

Geozentrische kartesische Koordinaten verschiedener Systeme können mittels einer 7-Parametertransformation ineinander überführt werden.

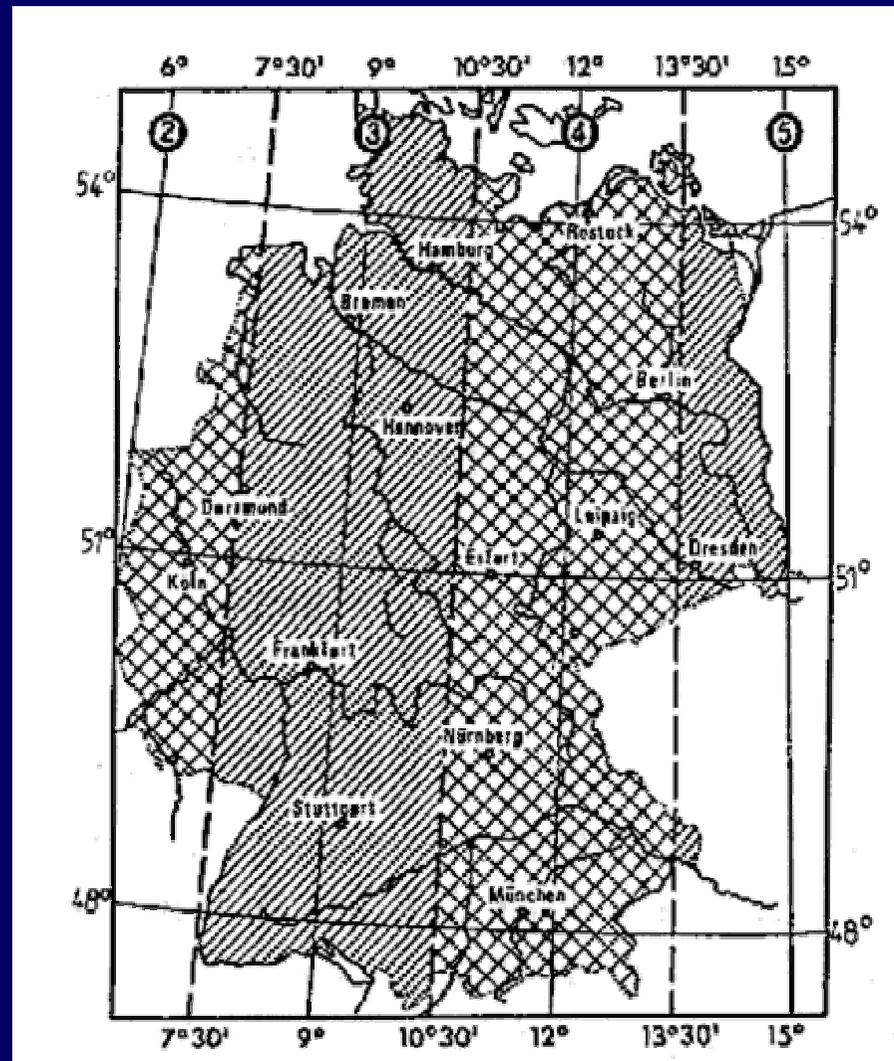


Die Unbekannten sind 3 Translationen, 3 Rotationen, 1 Maßstabsparameter

Autor: Michael Schulz, **GEOSOFT**

Transformation ins Landesnetz

Abbildung ellipsoidischer Koordinaten in der Gauß-Krüger- bzw. UTM-Ebene.



Autor: Michael Schulz, *GEOSOFT*