

Einführung zum Global Positioning System (GPS)

Einführung zum Global Positioning System (GPS)

A. GESCHICHTE

I. Global Positioning System (GPS)

Entwicklung ab 70er Jahre unabhängig voneinander durch US Navy und US Air Force, Zusammenlegung beider Projekte als "NAVSTAR Global Positioning System". Erster Satellit 21.02.1978.

1978 - 1985: 10 Satelliten GPS-1-Serie (7. Satellit 1981 explodiert, bisher einziger verlorener bei GPS). Ab 1989: 8 Satelliten GPS-2-Serie, später zusätzlich 15 Satelliten GPS-2-A.

Zu Beginn des Golfkriegs August 1990 waren 14 Satelliten gestartet, 1991 (Beginn des Bodenkrieges) gab es 16 Satelliten - durchgehend 2dimensionale Positionsmessung möglich.

Seit 1994 sind mindestens 24 Satelliten gleichzeitig im Einsatz - durchgehend 3dimensionale Positionsmessung möglich.

20.200 km Umlaufbahn, Signale L1 (1.575 MHz), L2 (1.227 MHz), L5 (1.176 MHz) zivil nutzbar.

GPS-1 und GPS-2 sollte ursprünglich im wesentlichen militärischen Zwecken dienen. Bis 02.05.2000 wurde die Navigationsgenauigkeit für zivile Nutzer künstlich verfälscht ("selective availability"). Seitdem sind Positionsbestimmungen für jedermann mit einer Genauigkeit bis 10m möglich.

Ab 2003 wurden GPS-2-M-Satelliten produziert und gestartet, ab 2005 sollen insgesamt 12 verbesserte GPS-2-F-Satelliten gestartet werden. Es gibt derzeit noch etliche produzierte GPS-2-A-Satelliten am Boden, die nicht installiert werden können, da keine Trägerraketen zur Verfügung stehen. Demnächst sollen Satelliten der für zivile Nutzer verbesserten GPS-3-Serie installiert werden.

Für europäische Nutzer strahlen unter dem Namen EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) europäische Satelliten Signale zur Verbesserung von GPS ab (Satellit Artemis und vier Inmarsat-3-Satelliten). Die US-Software in GPS-Geräten kommt mit dem Empfang derzeit noch nicht 100% zurecht.

Einzelne Satelliten haben eine garantierte Standzeit von 7 Jahren, sie sind meist 10 Jahre funktionsfähig. Danach werden sie zum Absturz in die Erdatmosphäre gebracht und verglühen dort.

II. Weitere Satellitennavigationssysteme

1) Transit

Entwicklung ab 1958 durch US Navy. 1959 Fehlstart mit erstem Satelliten. 19.12.1960 erster Satellit in Funktion. 1962 war Transit einsatzbereit (Polaris U-Boote und US-Kriegsschiffe), 1967 für die zivile Nutzung freigegeben. Endgültige Einstellung 31.12.1996.

6 Satelliten (jeweils 3 aktive), 805 km Umlaufbahn. Signale ca. 150 MHz und 400 MHz. Empfänger nicht tragbar, recht große Antennen.

2) Tsiklon, Parus, Tsikada

Entwicklung ab 50er Jahre bis 1962 durch UdSSR. 15.05.1967 erster Tsiklon-Satellit.

Tsiklon und Parus militärisch, Tsikada für Handelsschifffahrt. Zuerst hohe Ungenauigkeit (km), später 100m. Tsikada noch aktiv (zuletzt wurde am 05.07.1995 ein neuer Satellit installiert).

Satelliten: 6 Parus, 4 Tsikada, 1000 km Umlaufbahn. Signale ca. 150 MHz und 400 MHz.

3) Glonass

Entwicklung durch UdSSR ab 60er Jahre. Erster Satellit 1982. Zunächst nur militärisch, später zur zivilen Nutzung freigegeben.

24 Satelliten (jeweils 21 aktive), 19.100 km Umlaufbahn. Signal SP unverschlüsselt (1.602 MHz), hochpräzises Signal HP verschlüsselt (1.240 MHz).

4) Galileo

Planung ab 1995 durch EU. Zivile Nutzung. Erster Satellit 2004.

30 Satelliten geplant (jeweils 27 aktive), 24.000 km Umlaufbahn.

Signale E5a (1.176 MHz), E5b (+/- 1.200 MHz) und E2 (1.575 MHz) unverschlüsselt, E6 (1.278 MHz) verschlüsselt (kostenpflichtig). Als Koordinatensystem ist ETRS89 statt WGS84 geplant.

B. GRUNDLAGEN GPS

24 aktive Satelliten in 6 Umlaufbahnen in 20.200 km Höhe umrunden alle 12 Stunden die Erde. Von jedem Punkt der Erde aus besteht Sichtkontakt zu mindestens 4 Satelliten. Die Satelliten werden durch Hilfsraketen auf ihre Sollposition nachpositioniert.

Ab Serie GPS-2A: Signal L1 (1.575 MHz) und L2 (1.227 MHz) zivil nutzbar.
Verbesserte Serie GPS-2F: zusätzlich Signal L5 (1.176 MHz) zivil nutzbar.

Für ungestörten Funkkontakt ist man auf Frequenzen der elektromagnetischen Strahlung angewiesen, die weder durch Moleküle der Atmosphäre absorbiert noch von der Ionosphäre reflektiert werden.

Sendeleistung aller Signale ist 50 Watt. Stromversorgung durch Solarpaneele; wenn sich der Satellit im Erdschatten befindet, durch Akkumulator.

Alle Kontroll-(Boden-)stationen befinden sich auf US-Hoheitsgebiet (bzw. britisch): Colorado Springs, auf Hawaii, Kwajalein (Südpazifik), Diego Garcia (Indischer Ozean), Ascension (Südatlantik).

Empfänger errechnen aus den übermittelten Daten die momentane Position. Aus der Satellitenbahn, der Uhrzeit und der periodischen Zahlensequenz wird die jeweilige Laufzeit ermittelt, die das Signal vom Satelliten zum Empfänger benötigt. Die im Empfänger errechnete periodische Zahlensequenz wird mit der vom Satelliten gesendeten Zahlensequenz abgeglichen. Hierbei ergibt sich der jeweilige Laufzeitunterschied. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit konstant und bekannt ist, läßt sich die Entfernung zum Satelliten errechnen. Pro Satellit erhält man einen Radius zur Entfernung, in der sich der Satellit befindet. Um die eigene Position zu ermitteln, benötigt man (mindestens) genau 3 Entfernungsmessungen. Man befindet sich dort, wo sich die 3 Kreise schneiden. Mehr Messungen erhöhen die Genauigkeit.

Bis 02.05.2000 wurde der C/A-Code künstlich verfälscht ("selective availability"). Die maximale Genauigkeit für zivile Nutzer betrug ca. 100m. Seit der Aufhebung der Verfälschung sind Positionsbestimmungen für jedermann mit einer Genauigkeit bis 10m möglich. Die Verfälschung kann jederzeit wieder aktiviert werden. Ebenfalls planen die Europäer die Ausstrahlung von Verfälschungssignalen, die (kostenpflichtig) im einzelnen Gerät deaktiviert werden können sollen.

Der militärische P/Y-Code ermöglicht eine Genauigkeit von bis zu 6 m, durch Zweifrequenzempfänger läßt sich die Genauigkeit auf 0,8 bis 1 m erhöhen. Eine allgemeine Freigabe zur Dechiffrierung des P/Y-Codes ist derzeit nicht geplant.

Um unverfälschte Signale zu erhalten, ist Sichtkontakt zu den Satelliten notwendig. Jegliche Beeinträchtigung der Sicht verfälscht und/oder verhindert eine genaue Positionsbestimmung. Die Signale werden u.a. von Wolken/Nebel/Regen abgeschwächt. Mit den meisten Empfangsgeräten ist der Empfang im Wald schwierig. In Gebäuden ist kein Empfang möglich.

Genauere Positionsbestimmung ist von genauen Uhren abhängig. In den Satelliten befinden sich Atomuhren. In die Empfänger sind ungenauere Quarzuhren eingebaut. Ein Meßfehler von 1 Millionstel Sekunde führt zu einer Fehlbestimmung von ca. 30m. Der Gangunterschied von Satellit / Empfänger bleibt jedoch ungefähr gleich, daher lassen sich genauere Werte mitteln.

Die gewollte Mindestanzahl 24 sichtbarer Satelliten wird überall auf der Erde erzielt. Höhere Genauigkeit ergibt sich jedoch durch Sichtkontakt zu möglichst vielen Satelliten in unterschiedlicher Himmelsrichtung am Horizont. Sofern der Empfänger (z.B. in einer Häuserschlucht) ein sehr starkes Signal eines Satelliten direkt über der eigenen Position erhält, kann ohne Daten flach über dem Horizont stehender Satelliten keine genaue Position errechnet werden. Die Positionen der Satelliten verändern sich laufend, so daß an ein und derselben Stelle auf dem Boden die Genauigkeit der Positionsmessung stark schwanken kann. Bisweilen befinden sich alle von einer Bodenposition aus sichtbaren Satelliten nahe der Horizontlinie, dann verhindern schon geringfügige Hindernisse eine Positionsbestimmung.

C. GERÄTE

Erste GPS-Geräte wogen 4 kg. Sie konnten nur 1 Kanal empfangen. Zur Positionsbestimmung brauchte man einen PC, an den man 4 (2dimensionale Positionierung) bzw. 5 (3dimensionale Positionierung) dieser Geräte angeschlossen.

Ab 1995 gab es Geräte im Westentaschenformat (ca. 250g), ab 2001 leichtere (Garmin Etrex, 150g).

Einfache Empfänger wiegen mit Mignon-Zellen ca. 150 g. Preis ab 100,- €

Möglichkeiten: Mitteilung der aktuellen Position im WGS84-Format. Speicherung einiger Wegpunkte. Grobanzeige eines Tracks.

Mehrfunktionale Empfänger (mit Speicher, Kompaß, Höhenmesser, Karten) ca. 250g. Preis ab 300,- €

Möglichkeiten: Mitteilung der aktuellen Position in frei programmierbaren Formaten. Speicherung von bis zu 10.000 Wegpunkten. Speicherung mehrerer Tracks (bis 500 Punkte/Track) oder eines "unbegrenzten" Tracks (bis 10.000 Punkte). Erstellung von Routen. Interaktives Abgehen von Routen. Entfernungsberechnungen. Peilungen. Anzeige gespeicherter Vektor-Karten. Elektronischer Kompaß. Aufzeichnung des Höhenverlaufs mittels barometrischem Höhenmesser. "Genaue" Zeitanzeige (aufgrund anfänglich fehlerhafter Software des GPS-Systems differiert die Uhr etliche Sekunden zur Weltzeit). Serielle Anschlüsse zur Übertragung von Routen, Tracks und Karten zum und vom PC. Softwareaktualisierung vom PC aus über die serielle Schnittstelle auf das PROM des Gerätes.

Separate GPS-Empfänger ohne eigenes Display können per Kabel oder drahtlos (Bluetooth, WLAN, IRDA) an anzeigefähige Geräte gekoppelt werden (PDA, Notebook), die ihrerseits eine Bearbeitung der übermittelten Daten ermöglichen (Aufzeichnung von Tracks, Einbindung in Karten etc.).

Für demnächst ist die Produktion Galileo- und GPS-tauglicher (Stand Alone-) Geräte geplant, die wie Mobiltelefone einen Chip enthalten, für den eine Nutzungsgebühr erhoben wird. Ein Empfang ohne Chip (mit heutigen Geräten) und eine kostenlose Nutzung werden in Europa nicht mehr möglich sein.

D. PC-NAVIGATIONSSOFTWARE

I. Top50 Geogrid Viewer (Dornier)

Möglichkeiten: Druck von Kartenausschnitten, Definition reproduzierbarer Punkte.

II. Garmin MapSource

Möglichkeiten: Druck von Kartenausschnitten, Definition reproduzierbarer Punkte, Erstellung von Routen, Übertragung von Routen vom PC auf Garmin-GPS-Geräte, Übertragung unverfälschter und vollständiger Tracks vom GPS-Gerät auf den PC, unverfälschte Anzeige gemessener Höhenprofile.

III. Magic Maps

Möglichkeiten: Druck von Kartenausschnitten, 3D-Geländeansichten, Definition reproduzierbarer Punkte, Erstellung von Routen, Anzeige von Höhenprofilen und Zeitmanagement zu Routen, Übertragung interpolierter Tracks vom GPS-Gerät auf den PC, Anzeige von auf die Karte angepaßten Track-Höhenprofilen. Mit optionaler Zusatzsoftware: Übertragung von Routen vom PC auf GPS-Geräte.

IV. Ozi Explorer

Möglichkeiten: Übertragung (selbst eingescannter) nichtvektorieller Karten vom PC auf GPS-Geräte.

E. HANDHABUNG

Vorgehensweise: Erstellung einer Route am PC, Übertragung vom PC auf den GPS-Empfänger, Ablaufen der Route im Gelände bei gleichzeitiger Aufzeichnung eines Tracks, Übertragung des Tracks vom GPS-Empfänger auf den PC, Auswertung.

Alternativ kann auch Track/Route eines Dritten vom PC auf den GPS-Empfänger übertragen werden.

Hinweise: Koordinatengitter der benutzen Karten (gedruckt, an PC und auf GPS-Gerät) sollten übereinstimmen. In Deutschland: Gauß-Krüger-Gitter ("german grid"). Ansonsten allgemein UTM üblich.

Empfänger zum Wandern auf distanzabhängige Aufzeichnung des Tracks einstellen (zeitabhängig: unnötige Aufzeichnung während Pausen). Jede Aufzeichnung verbraucht Strom! Die Einstellung von Aufzeichnungsdistanzen unter 20 m ist nicht sinnvoll, einziger Effekt: die Stromquelle versiegt eher.

Im Gelände:

- a) Die Einbuchung möglichst aller verfügbaren Satelliten vor dem Start der Wanderung abwarten (dann werden sie während des Laufens besser gefunden und der Track wird besser aufgezeichnet).
- b) Die Höhe am GPS-Empfänger eichen (dann wird der Höhenverlauf korrekt aufgezeichnet).