



# GPS Global Positioning System

Fast jeder kennt es,  
viele benutzen es bereits.





# Was ist GPS?

## GPS – (Global Positioning System)

3D Positionsbestimmung durch Laufzeitmessung

GPS wird in der Luft-, Land- und Seefahrtnavigation als Auch bei der Landvermessung und anderen Anwendungen eingesetzt.





# Geschichte

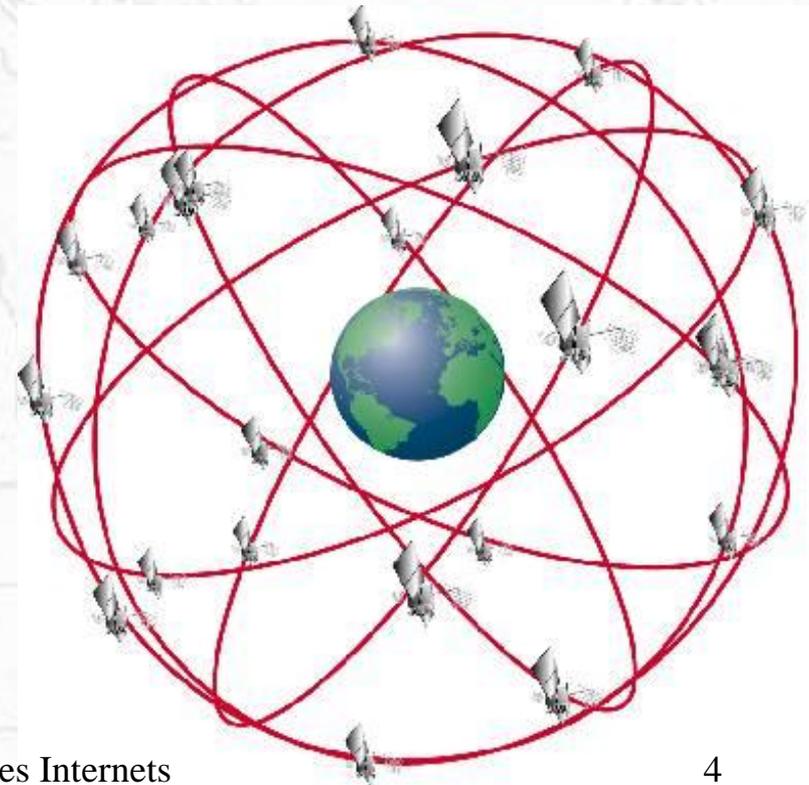
- 1973: Beschluss zur Entwicklung eines Satellitensystems
- 1978 – 1985: Start von elf Block I Satelliten
- 1989 - 1994: Block II Satellit wurde "installiert" und aktiviert
- 17.07.1995: Volle Betriebsbereitschaft (SPS und PPS)
- 1.05.2000: Erhöhung der Genauigkeit für zivile Nutzer von ca. 100 m auf 20 m, Abschaltung SA
- Das S.A. (Selective Availability) führt durch die künstliche Veränderung der gesendeten Daten zu einer deutlich schlechteren Genauigkeit bei ziviler Nutzung.



# NAVSTAR

## Navigation System for Timing and Ranging

- 1995: 21 Satelliten (+3 in Reserve)
- 2010: 30 Satelliten
- 6 Umlaufbahnen a 4 Satelliten
- Umlaufhöhe 20.200 km
- Geschwindigkeit 13.900 km/h
- 1 Umlauf in 12 h





# Weltraumsegment (Satelliten)

**Das Weltraumsegment  
besteht aus mindestens  
24 Satelliten**



**1978 bis 1985 elf Satelliten Block I, Erprobung  
1989 bis 1996 neun Satelliten Block II**



# Kontrollsegment I (Kontrollstationen)



Die Kontrolle über das GPS-System liegt vollständig in der Hand der US-Armee.



# Kontrollsegment II (Kontrollstationen)

- 1 Master Control Station (Colorado)  
Erfassung von Satellitendaten  
Berechnung der Korrekturdaten
- 4 Monitor Stations  
Erfassung von Satellitendaten  
Übermittlung der Daten an die M.C.S.
- Alle Stationen senden zweimal täglich Korrekturdaten  
Positionskorrektur der Satelliten  
Uhrenabgleich für Satelliten



# Benutzersegment (GPS-Empfänger)

GPS-Satellitenempfänger lassen sich mittlerweile so kompakt bauen, dass sie sogar in eine Armbanduhr integriert werden können. Die meisten der heute angebotenen Geräte für den Privatgebrauch haben etwa die Größe eines Mobiltelefons. Alle heute angebotenen Geräte haben mindestens 12 Kanäle, d.h. sie können die Daten von bis zu 12 Satelliten gleichzeitig verarbeiten und auswerten.





# Positionsbestimmung I

## Positionsbestimmung mit zwei Satelliten

« Ich bin Satellit X, meine Position ist gerade Y und diese Nachricht wurde zum Zeitpunkt Z versandt »

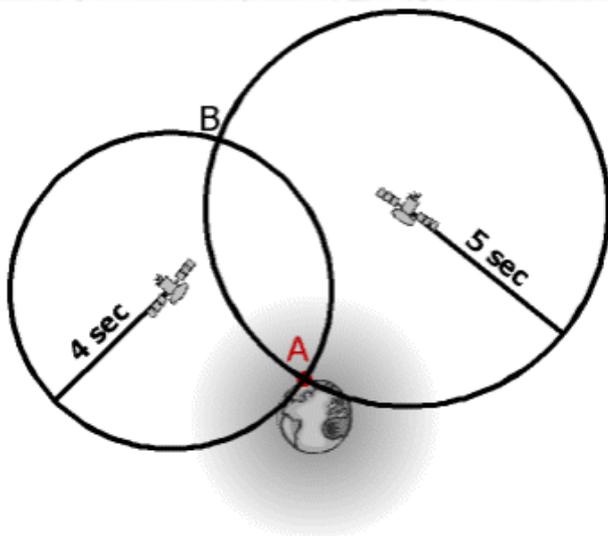
=> Für eine 2D-Positionsbestimmung auf der Erdoberfläche benötigt man 2 Satelliten

=> Schnitt zweier Kugeln (Schnittkreis)

=> Schnitt mit Erdoberfläche

=> zwei mögliche Positionen

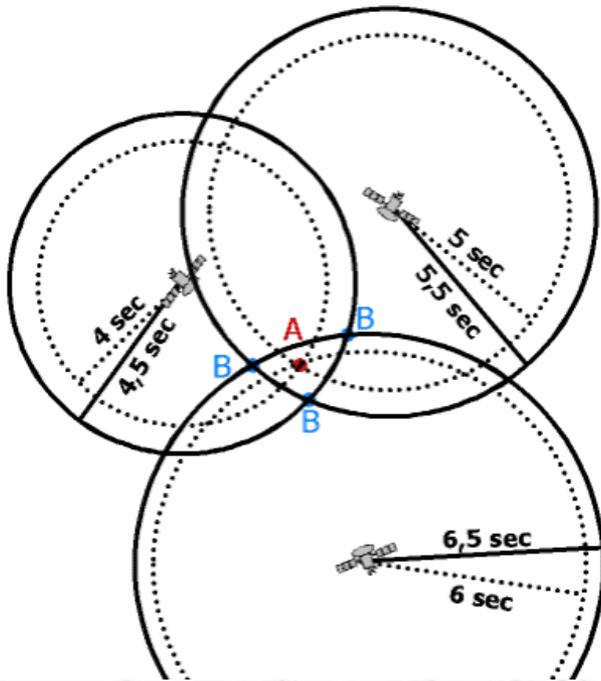
=> Eine ist unwahrscheinlich





# Positionsbestimmung II

## Genauere Positionsbestimmung mit drei Satelliten



= > Errechnen eines gleichen Zeitkorrekturfaktors für alle Satelliten

= > Der systematische Fehler wird herausgerechnet

= > Uhren der Empfänger korrigiert

= > nur ein Punkt ist möglich

**Da das GPS für 3 Dimensionen konzipiert ist, wird ein vierter Satellit für die Höhe benötigt.**



# Signale

**Das L-Band von 1 – 2 GHz für Navigationsdaten**

**Daten von Satelliten zu den GPS-Empfängern**

**Das S-Band von 2 – 4 GHz für Korrekturdaten**

**Daten von Bodenstationen zu den Satelliten**

**-L1 Signal (1575,42 MHz) - L2 Signal (1227,60 MHz)**

- Navigationsdaten

- verschlüsselt

- zivile Nutzung

- militärische Nutzung

**Satellit hat einen eigenen C/A-Code (Pseudo-Zufallscode)**

**- mit beiden Signalen Korrektur der ionosphärischen Fehler**



# Entfernungsbestimmung durch Laufzeitmessung

$$p = c * T$$

**p = Strecke Satellit - Empfänger**

**c = Lichtgeschwindigkeit 300.000 km/s**

**T = Laufzeit des Signals**

- der Satellit sendet ein Signal mit dem C/A-Code moduliert
- der Empfänger vergleicht das empfangene mit dem erwarteten Signal



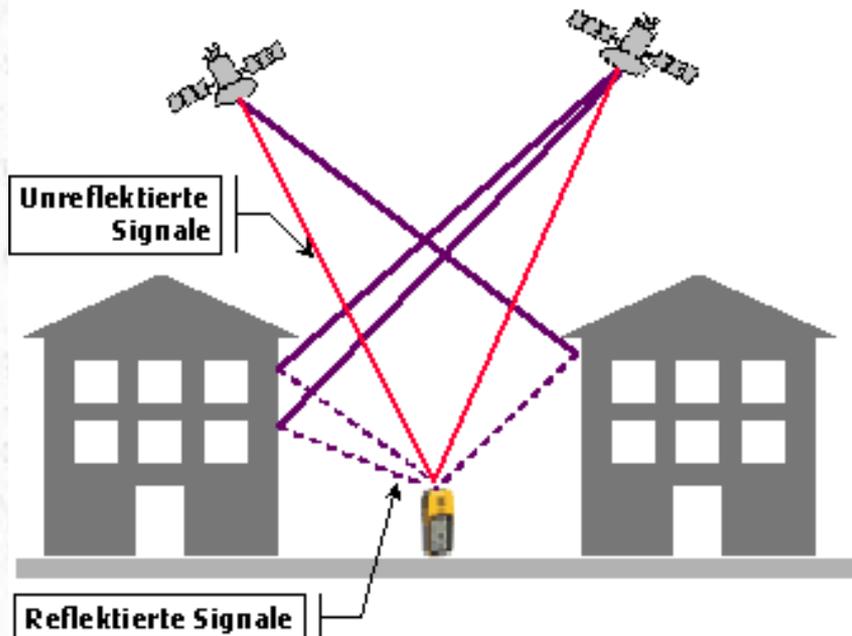
# Fehlerquellen I

- **Satellitengeometrie:** ungünstige Satellitenkonstellation wirkt  
- **100-150 Meter** Sich negativ auf alle Fehlerquellen aus
- **Satellitenumlaufbahn:** Schwankungen durch unterschiedliche  
- **1 Meter** Gravitation
- **Mehrwegeeffekte:** Fehler durch Reflektion an Bergen und  
- **1 Meter** Gebäuden
- **Atmosphärische Effekte** Ionosphäre=> Signalausbreitung langsamer  
- **5 Meter** - Streuungen und Reflektionen in der  
**Ionosphäre**

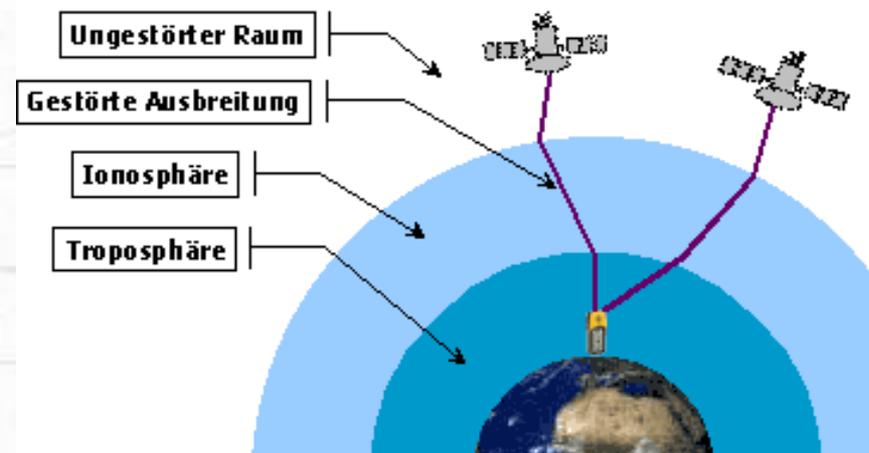


# Fehlerquellen II

## Mehrwegeeffekte:



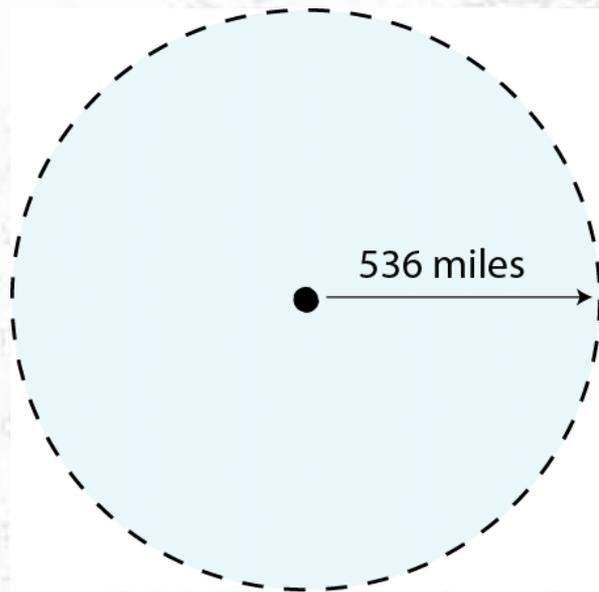
## Atmosphärische Effekte:





# Triangulation I

## Positionsbestimmung ohne Höhe



Vorgabe:

Bekannter Ausgangspunkt



Definierte Entfernung

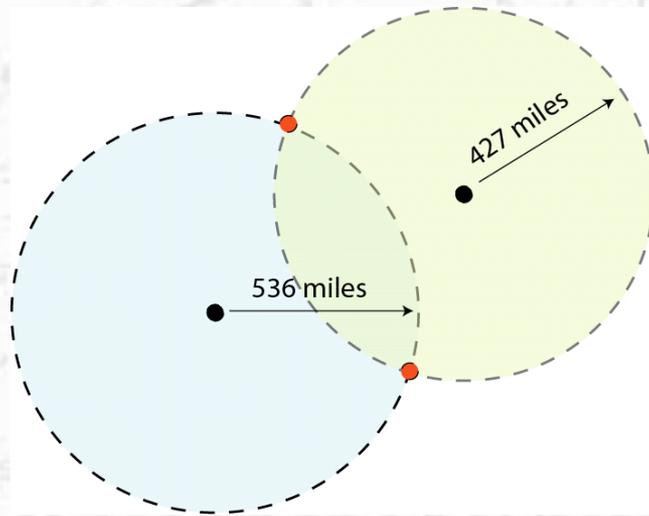


**Eindeutige Positionsbestimmung  
nicht möglich**



# Triangulation II

## Positionsbestimmung ohne Höhe



Vorgabe:

Zwei bekannte Ausgangspunkte



Zwei definierte Entfernungen



**Ergebnis: Die Schnittpunkte der Kreise ergeben zwei Punkte**



# Triangulation III

## Positionsbestimmung ohne Höhe

Vorgabe:

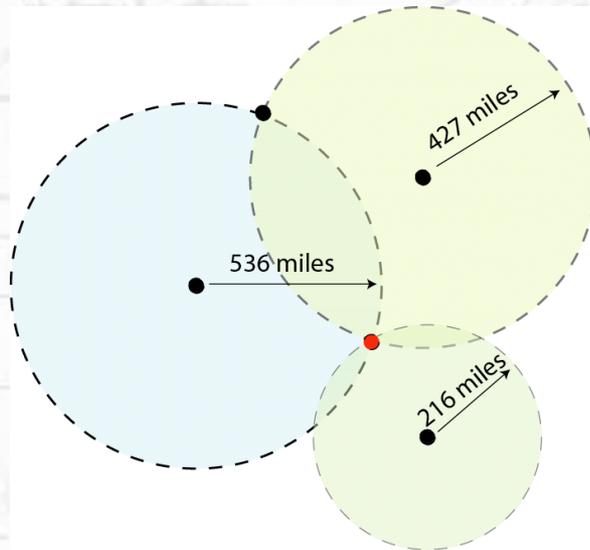
Drei bekannte Ausgangspunkte



Drei definierte Entfernungen



**Ergebnis: Die Schnittpunkte der Kreise ergibt einen Punkt**





# Triangulation IV

## Positionsbestimmung mit Höhe

**Vorgabe:**

Vier bekannte Ausgangspunkte



Vier definierte Entfernungen



**Ergebnis: Die Schnittpunkte der Kreise ergibt  
einen Punkt, der in Lage und Höhe  
eindeutig bestimmt ist**



# Was ist mit GPS möglich:

## Standorte ermitteln und Wege aufzeichnen

Einfachste GPS-Anwendung ⇒ Standortermittlung

Ergebnis: ⇒ Standort wird auf Karte angezeigt

⇒ Zurückgelegte Strecke wird aufgezeichnet



# Was ist mit GPS möglich:

## Wander- und Radtouren planen

Navigation für Wander- und Radtouren

- Ergebnis:
- ⇒ Planung am PC
  - ⇒ Route auf GPS kopieren
  - ⇒ Route abwandern / nachradeln
  - ⇒ GPS gibt Richtungsänderungen an



# Was ist mit GPS möglich:

## Geocaching

Moderne Schatzsuche - Schnitzeljagd

⇒ Abwandern von verschiedenen Zielen in vorgegebener Reihenfolge

## Geotagging

⇒ Fotografieren mit Geodaten

⇒ Ergänzung der Bilddaten mit Koordinaten

⇒ Geotag-Fotos in Google Earth einbinden



# Nützliche Programme:

Kommerzielle Programme:   ⇒ Touratech QV  
  ⇒ CompeGPS Land  
  ⇒ Fugawi Global Navigator...

Kostenlose Programme:   ⇒ Garmin Training Center  
  ⇒ GPS TrackMaker  
  ⇒ Gpsies  
  ⇒ Bikemap

Beide Bereiche werden ständig erweitert!