

## Grundlegende Techniken

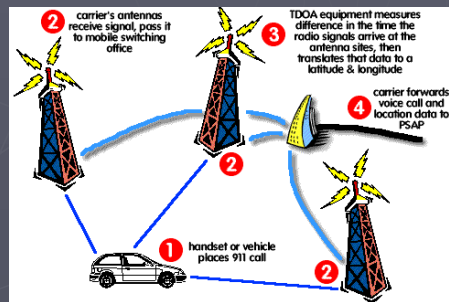
- ▶ Messung der Signalstärke
- ▶ Messung der Signallaufzeit  
(Time {Differenc} of Arrival - TOA/TDOA)
- ▶ Messung des Empfangswinkels  
(Angle of Arrival - AOA)
- ▶ Speziell bei Zellstruktur:
  - Kenntnis der Ursprungszelle (Cell of Origin-COO)
  - Verwendung des Timing Advance Mechanismus (TA), zur Entfernungbestimmung

## Time of Arrival (TOA)

- ▶ Messung der Signallaufzeit -> Berechnung der Entfernung
- ▶ Nur Maximale Entfernung bekannt
- ▶ Richtung unbekannt
- ▶ Endgerät auf einem Ring um die Basisstation
- ▶ Bei sektorisierten Antennen oder Funkzellen auch Einfallswinkel bekannt (AOA)

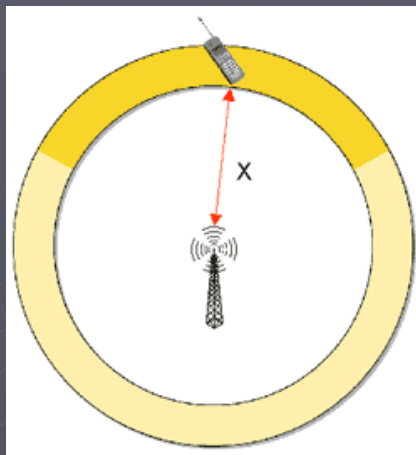
## Time Difference of Arrival (TDOA)

- ▶ Laufzeitmessung an mindestens drei Basisstationen
- ▶ Verwendung im Uplink
- ▶ Berechnung der Position durch Triangulation
- ▶ Genaue Synchronisation der Basisstationen notwendig



## Timing Advance (TA)

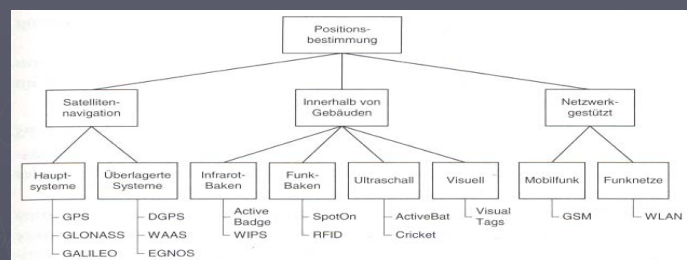
- ▶ Vorziehen von Frames entfernter Endgeräte um ein Überlappen der Timeslots an der Basisstation zu vermeiden
- ▶ Senkung der Guardzeiten
- ▶ Einteilung in 64 Schritte
- ▶ Wird von GSM Netzen im Uplink verwendet
- ▶ Je größer der Wert um so entfernter das Endgerät
- ▶ Genauigkeit ungefähr 550m



## Tracking vs. Positioning

- ▶ Beim Tracking trägt der Benutzer eine Marke, die von einem Sensornetzwerk verfolgt (getrackt) wird
  - Nachteil: Benutzer hat keinen direkten Nutzen
  - Vorteil: Keine aufwendigen Endgeräte nötig
- ▶ Beim Positioning besitzt der Nutzer ein Endgerät, welches die Signale einer vorhandenen Infrastruktur nutzt, um seine Position zu berechnen
  - Nachteil: Nutzer kennt seine Position, Netzwerk kennt sie nicht
  - Vorteil: Erleichterung des Datenschutzes

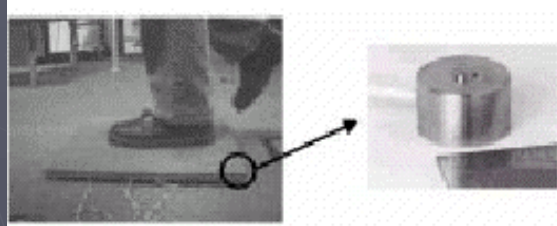
## Einteilung von Positionsbestimmungsverfahren



- ▶ Einteilung in drei Gruppen von Verfahren:
  - Indoor Verfahren
  - Netzwerkgestützte Verfahren
  - Satellitennavigationsverfahren

## Smart Floor

- ▶ Benutzer trägt Marke am Schuh
- ▶ Netzwerk aus Bodenmatten verfolgt Marke
- ▶ Bodenmatten an semantisch wichtigen Positionen
- ▶ Netzwerk berechnet Position des Benutzers
- ▶ Genauigkeit abhängig von der Zahl der Matten
- ▶ Tracking Verfahren



## Funk Baken

- ▶ 3 Sender an der Decke oder an den Wänden
- ▶ Empfänger/Endgerät am Mann
- ▶ Endgerät verarbeitet die Daten und berechnet seine Position durch (TDOA) oder durch TOA
- ▶ Positioning Verfahren
- ▶ Genauigkeit ca. 3m
- ▶ Vorteil:
  - Daten stehen dem Benutzer direkt zur Verfügung

## Mobile Positioning System – MPS

(Ericsson)

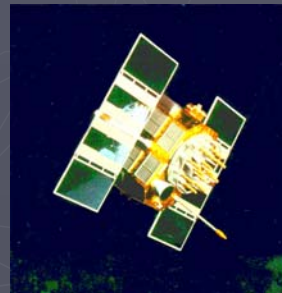
- ▶ Nutzt vorhandene GSM Infrastruktur und Endgeräte
- ▶ Nutzt die Standardmechanismen CGI, UL-TDOA und TA
- ▶ Für TDOA wird eine Location Management Unit (LMU) verwendet -> Synchronisation
- ▶ Erreicht Genauigkeiten von 50 - 150m
- ▶ Um noch genauer zu arbeiten wird GPS benötigt
- ▶ Netzwerkgestütztes Verfahren

## NAVSTAR-GPS

- ▶ Navigation System with Timing and Ranging – Global Positioning System
- ▶ Satelliten gestütztes Navigationssystem
- ▶ Entwickelt vom US Department of Defense (DoD) zu militärischen Zwecken
- ▶ Mit eingeschränkter Genauigkeit zur zivilen Nutzung freigegeben
- ▶ Besteht aus drei Segmenten

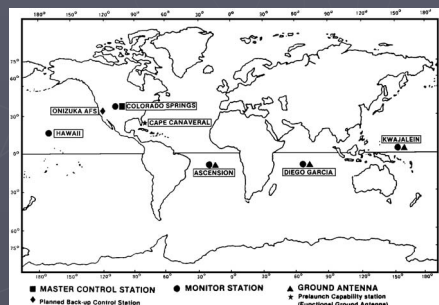
# Das Raumsegment

- ▶ 24 Satelliten auf sechs Umlaufbahnen in 20200 km Höhe
- ▶ Ausgestattet mit:
  - Atomuhren
  - Funkantennen
  - Boardcomputer
  - Korrekturtriebwerken
  - Solarpaneele



# Das Kontrollsegment

- ▶ Kontrollstationen in breitem Äquatorgürtel
- ▶ Bodenantennen zur Übermittlung der Korrekturdaten
- ▶ Master Control Station zur Auswertung der Daten



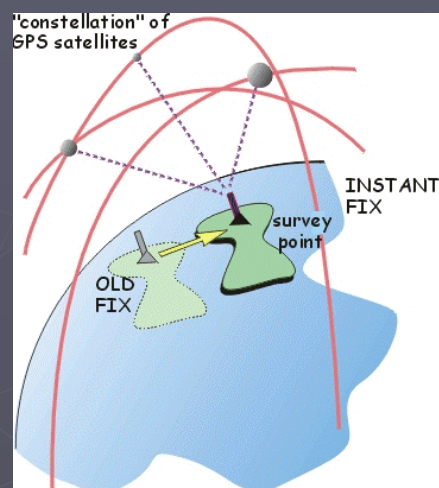
## Das Nutzersegment

- ▶ Die Summe der Endgeräte
- ▶ Diese bestehen aus:
  - Antenne (mit Vorverstärker)
  - Empfänger (mit Auswertungseinheit)
  - Handheld als Benutzerschnittstelle



## GPS – Das Prinzip

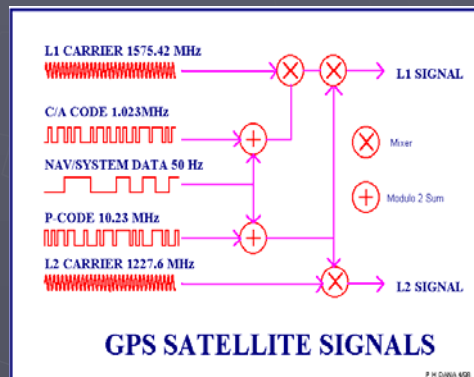
- ▶ Berechnung der Position durch Empfang des Funksignals von mindestens vier Satelliten
- ▶ Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme
- ▶ Drei Satelliten für die Koordinaten  $(x,y,z)$
- ▶ Zeit als vierte Unbekannte erfordert vierten Satelliten:
  - Abweichung von 1ms bedeutet 300m Fehler





## Die Signale

- ▶ Atomuhren generieren Grundfrequenz von 10,23 MHz
- ▶ L1 Trägerwelle
  - Der C/A (Coarse Access) Code wird aufmoduliert, er wird unverschlüsselt übertragen
  - Der P (Precise) Code wird aufmoduliert, er wird mit dem geheimen W Code verschlüsselt -> P(y) Code
- ▶ L2 Trägerwelle
  - Nur der P Code wird angewandt (zu P(y) verschlüsselt)
- ▶ Die L2 Trägerwelle steht der zivilen Nutzung damit nicht zur Verfügung



## Verfremdung durch das DoD

- ▶ Selective Availability (SA)
  - Verfälschung der Grundfrequenz
  - Verfälschung der Bahndaten
  - Verfälschung der Uhrparameter
  - Seit Mai 2000 abgeschaltet
    - ▶ Verbesserung der Genauigkeit auf 10m
- ▶ Anti Spoofing (AS)
  - Verschlüsselung des P-Code durch W-Code zu P(y)-Code
  - Soll Störung durch Feindsender Verhindern
  - Neue Methoden ermöglichen die zivile Nutzung der L2 Trägerwelle, allerdings ohne Auswertung des P(y)-Codes



# Fehlerquellen

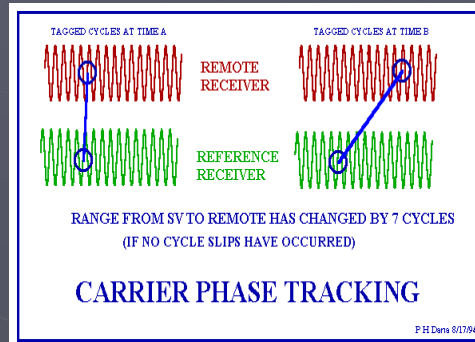
- ▶ Satellitenfehler
  - Bahnfehler (Bahndaten zu ungenau)
  - Uhrfehler (Messung im Bereich der Relativitätstheorie)
- ▶ Atmosphärische Störungen
  - Ionosphärische Refraktion
  - Troposphärische Refraktion
- ▶ Messfehler im Endgerät
  - Antennenexzentrizitäten (Materialtoleranzen)
  - Rauschen und Übersprechen (Elektromagnetische Störungen)

# Atmosphärisch Störungen

- ▶ Troposphärische Störungen bis 50km Höhe
  - Durch Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Temperatur
  - Ausgleich durch Standardatmosphären
- ▶ Ionosphärische Störungen bis 1000km Höhe
  - Abhängig von Ionisierung der Gasteilchen, also Sonnenaktivität, Tages/Jahreszeit und Breite
  - Ausgleich durch Standardatmosphären
  - Stärke Frequenzabhängig
    - ▶ Wird durch Verwendung von L1 und L2 eliminiert
- ▶ Ausschluss von Satelliten unterhalb des Cut-off-Angles

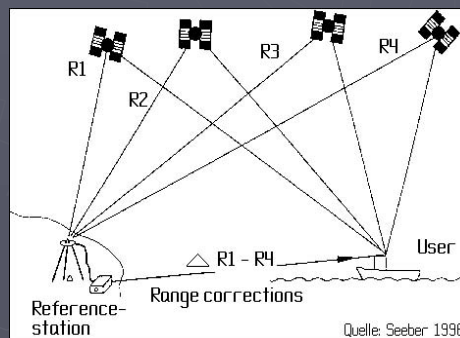
## Geodätisches GPS

- ▶ Zur Codeauswertung wird die Auswertung der Trägerwelle hinzugenommen
- ▶ Gemessen wird an zwei Punkten, wovon einer bekannt ist (Maximaldistanz 10km)
- ▶ Auswertung der Phase der Trägerwelle auf 1% genau, und Übermittlung per Funk
- ▶ Theoretische Genauigkeit relativ zum bekannten Punkt 2,2mm – praktisch ca. 2cm



## Differentielles GPS

- ▶ Messung an einer Referenzstation mit bekannten Koordinaten
- ▶ Berechnung und Übermittlung des Fehlers an Endgeräte in der Nähe
- ▶ Korrektur des Fehlers im Endgerät



## Genauigkeiten von GPS

- ▶ Bei reiner Codeauswertung mit Selective Availability angeschalten: 50 – 100 m
- ▶ Selective Availability aus: ca. 10m
- ▶ Differentielles GPS: 0,5 – 5 m
- ▶ Geodätische Methoden: 2 cm