

# GPS - Global Positioning System

Christine Kendlbacher, Willi Mann, Johann Taferl

27.Jänner.2005

- 1 Vortragspunkte
- 2 Geschichte der Navigationssysteme
- 3 Grundlegende Technik
  - Voraussetzungen
  - einfachster Fall (1-D)
  - Sender und Empfänger nicht synchron (1-D)
  - Berechnung in der Ebene (2-D)
  - Übergang in den Raum (3-D)
- 4 Segmente von GPS
  - Space-Segment
  - Ground-Segment
  - User-Segment
- 5 Ablauf einer Messung
  - Überblick
  - Kaltstart
  - Normalstart

# Geschichte der Navigationssysteme

- Sextant, Geschwindigkeitslot, Magnetkompass

# Geschichte der Navigationssysteme

- Sextant, Geschwindigkeitslot, Magnetkompass
- 2. Weltkrieg
  - LORAN
  - Sonne

# Geschichte der Navigationssysteme

- Sextant, Geschwindigkeitslot, Magnetkompass
- 2. Weltkrieg
  - LORAN
  - Sonne
- seit 1960
  - LORAN-C
  - OMEGA
  - TRANSIT
  - TSIKADA

# Geschichte der Navigationssysteme

- Sextant, Geschwindigkeitslot, Magnetkompass
- 2. Weltkrieg
  - LORAN
  - Sonne
- seit 1960
  - LORAN-C
  - OMEGA
  - TRANSIT
  - TSIKADA
- 1973: Beginn der Entwicklung von NAVSTAR-GPS.

# Geschichte der Navigationssysteme

- Sextant, Geschwindigkeitslot, Magnetkompass
- 2. Weltkrieg
  - LORAN
  - Sonne
- seit 1960
  - LORAN-C
  - OMEGA
  - TRANSIT
  - TSIKADA
- 1973: Beginn der Entwicklung von NAVSTAR-GPS.
- Neueste Entwicklung: Galileo

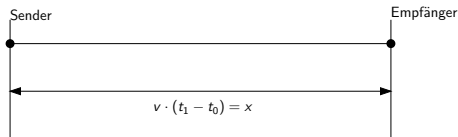
# Grundlegende Technik

- basiert auf Laufzeitmessung
- Voraussetzungen
  - Senderposition bekannt
  - Senderuhren synchronisiert
  - Signalausbreitungsgeschwindigkeit bekannt
  - Signalbestandteile: Zeit, Sender-ID
  - Zeit vergeht gleich schnell.



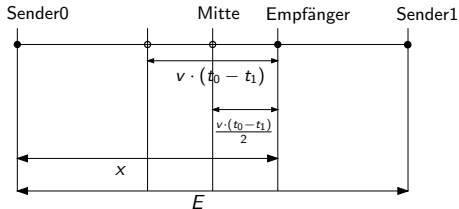
# einfachster Fall

- synchronisierte Zeit von Sender und Empfänger
- Signallaufzeit aus Empfangs- – Sendezeit



# Sender und Empfänger nicht synchron

- 2. Sender wird benötigt
- liegen auf gleicher Linie



- $x = \frac{E}{2} + \frac{v \cdot (t_0 - t_1)}{2}$
- Ergebnis nur gültig, wenn  $|v \cdot (t_0 - t_1)| \neq E$

## Begriff: Pseudo-Range

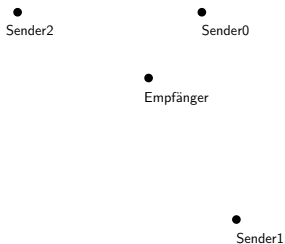
- vom Empfänger gemessene Laufzeitdifferenz in zurückgelegter Entfernung:  $v \cdot (t_1 - t_0)$ , bezogen auf zwei eintreffende Signale.
- leider kein eindeutiger Begriff

# Übergang in die Ebene

- 2 Sender nicht genug
- 3. Sender wird benötigt

# Animation

Zeitpunkt:  $T$



# Animation

Zeitpunkt:  $T + \dots$

Sender2

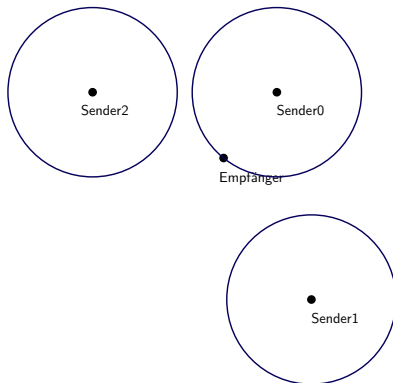
Sender0

Empfänger

Sender1

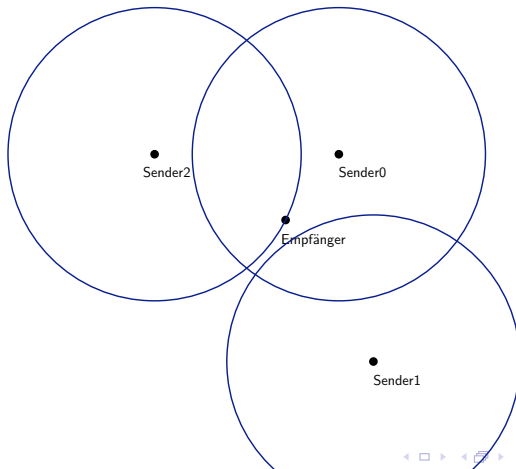
# Animation

Zeitpunkt:  $t_0$



# Animation

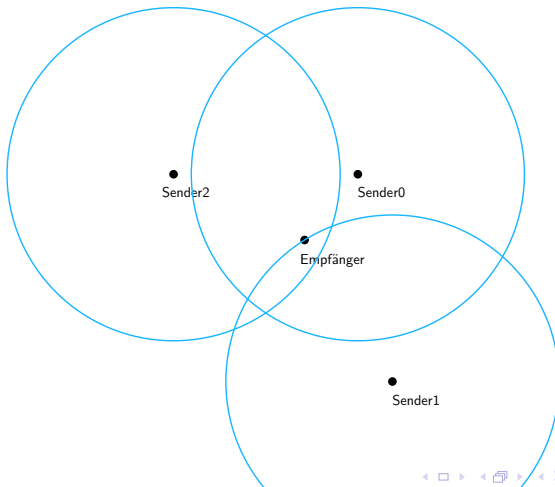
Zeitpunkt:  $t_2$





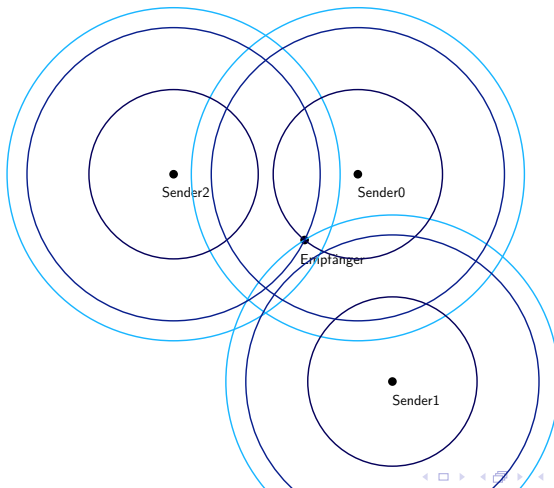
# Animation

Zeitpunkt:  $t_1$



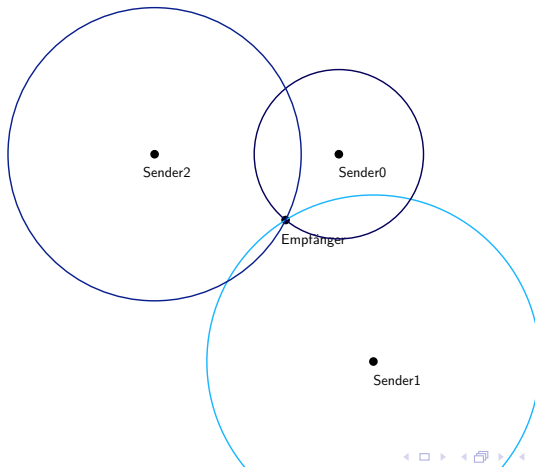
# Animation

Zeitpunkt:  $t_0$ ,  $t_1$  und  $t_2$



# Animation

Zeitpunkt:



# Berechnung

- Radien unbekannt, aber  $r_0 = L + PR_0$ ,  $r_1 = L + PR_1$  und  $r_2 = L + PR_2$

# Berechnung

- Radien unbekannt, aber  $r_0 = L + PR_0$ ,  $r_1 = L + PR_1$  und  $r_2 = L + PR_2$
- Kreisgleichung  $r^2 = \overline{MX}^2 = (\overline{X} - \overline{M})^2$

# Berechnung

- Radien unbekannt, aber  $r_0 = L + PR_0$ ,  $r_1 = L + PR_1$  und  $r_2 = L + PR_2$
- Kreisgleichung  $r^2 = \overline{MX}^2 = (\overline{X} - \overline{M})^2$
- Gleichungssystem:

$$r_0^2 = (\overline{X} - \overline{S}_0)^2 \quad (1)$$

$$r_1^2 = (\overline{X} - \overline{S}_1)^2 \quad (2)$$

$$r_2^2 = (\overline{X} - \overline{S}_2)^2 \quad (3)$$

## Berechnung

- Radien unbekannt, aber  $r_0 = L + PR_0$ ,  $r_1 = L + PR_1$  und  $r_2 = L + PR_2$
- Kreisgleichung  $r^2 = \overline{MX}^2 = (\overline{X} - \overline{M})^2$
- Gleichungssystem:

$$r_0^2 = (\overline{X} - \overline{S}_0)^2 \quad (1)$$

$$r_1^2 = (\overline{X} - \overline{S}_1)^2 \quad (2)$$

$$r_2^2 = (\overline{X} - \overline{S}_2)^2 \quad (3)$$

- bzw.

$$(L + PR_0)^2 = (x - x_{S_0})^2 + (y - y_{S_0})^2 \quad (4)$$

$$(L + PR_1)^2 = (x - x_{S_1})^2 + (y - y_{S_1})^2 \quad (5)$$

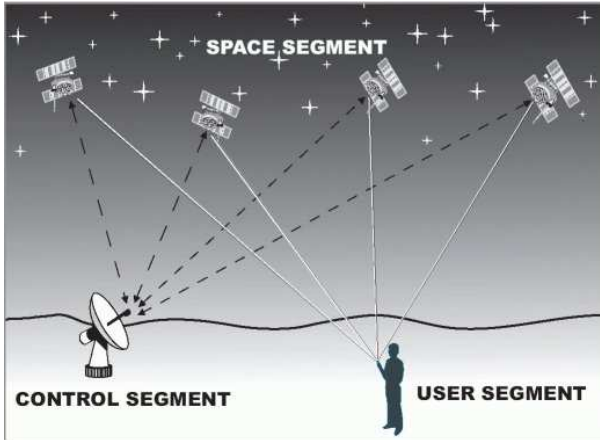
$$(L + PR_2)^2 = (x - x_{S_2})^2 + (y - y_{S_2})^2 \quad (6)$$

# Übergang in den Raum

- 3 Sender nicht genug
- 4. Sender wird benötigt
- analog zu Berechnung in Ebene



# Segmente von GPS

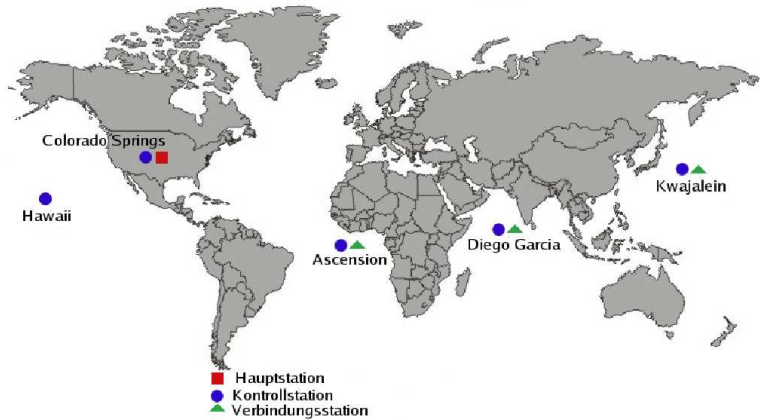


Quelle: <http://jm.leglas.free.fr/windsurf/gps/quoi.htm>

# Space-Segment

- mindestens 4 Satelliten im Sichtfeld
- Umlaufzeit der Satelliten 12 Stunden
- Höhe 20.000 km
- 21 + 3 Satelliten
- Gesendete Daten
  - ID-Code
  - Uhrzeit
  - Position

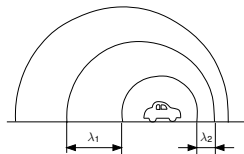
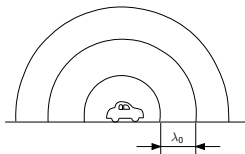
# Ground-Segment



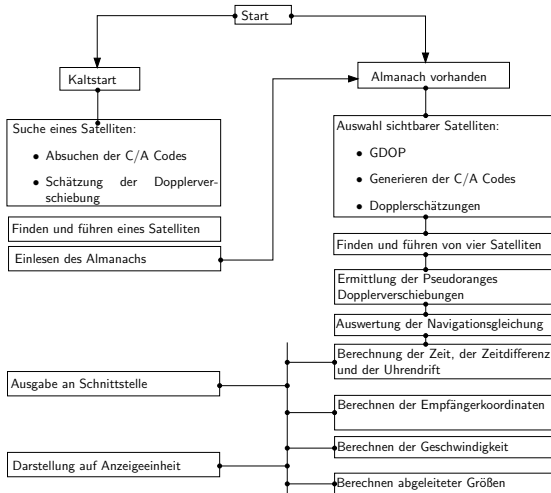
# User-Segment

- Entwicklung der Empfänger
  - 1980 1 Empfänger - 100.000 \$
  - 1993 ca. 300 Empfänger - 500 \$ bis 60.000 \$
  - heute unzählige Empfänger ab 100 \$
- Arten von Empfängern
  - Empfänger für zivile Nutzung
  - Empfänger für militärische Nutzung
  - Geodäsie Empfänger

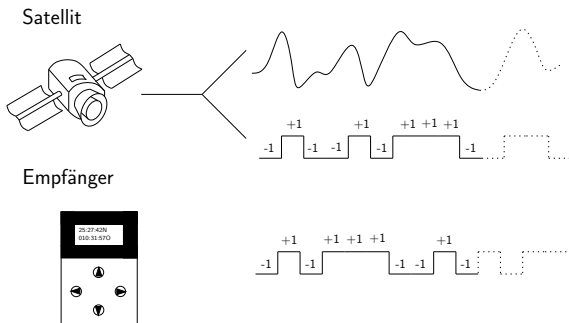
# Dopplereffekt



# Grundsätzlicher Ablauf



# Start ohne Almanach



$$AKF = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i x_{i-j}$$

Beispiel:

$$AKF = \frac{1}{10} \{(-1)(-1) + (+1)(+1) - (-1)(-1) + (-1)(+1) + \dots\} \neq 1$$

# Start ohne Almanach

- Dopplerverschiebung beachten
- 2D Suche
- Almanach einlesen



# Start mit Almanach

- Satellitenwahl

# Start mit Almanach

- Satellitenwahl
- Pseudo Ranging

# Start mit Almanach

- Satellitenwahl
- Pseudo Ranging
- Navigationsgleichung

# Start mit Almanach

- Satellitenwahl
- Pseudo Ranging
- Navigationsgleichung
- Geschwindigkeit
  - Ortsänderung pro Zeit
  - Errechnung aus Dopplerverschiebung

# Ende des Vortrages

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!