Navi, GPS, GIS und Co

technische Grundlagen der Umweltforschung

Stefan Schumacher
www.sicherheitsforschung-magdeburg.de

Sicherheitspolitisches Landesseminar Sachsen-Anhalt



Inhaltsverzeichnis

1. Intro
2. Einführung
3. Einsatz
4. Störung



Über Mich

- Direktor des Magdeburger Instituts für Sicherheitsforschung
  Forschungsprogramme zur Unternehmenssicherheit
- Berater für Unternehmenssicherheit
  Organisationssicherheit, Social Engineering, Security Awareness
- Geek, Nerd, Hacker seit knapp 20 Jahren
- Herausgeber des Magdeburger Journals zur Sicherheitsforschung
- `www.Sicherheitsforschung-Magdeburg.de`
- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
- Cyberwar $\rightsquigarrow$ Navigation Warfare/Beast of Kandahar



Inhaltsverzeichnis

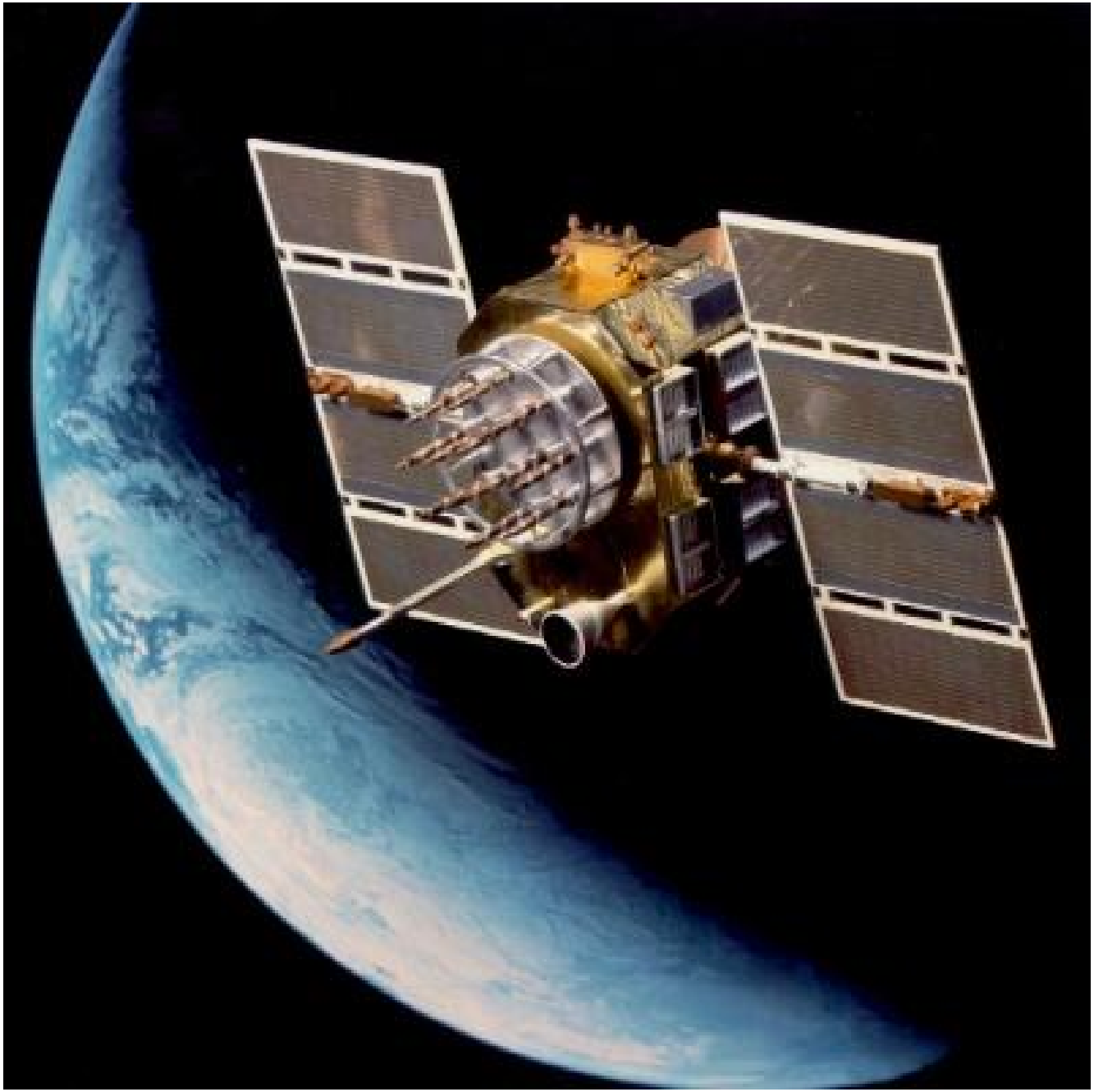
1 Intro

2 Einführung

3 Einsatz

4 Störung





historischer Abriss

- Die Vermessung der Welt:
- um 100 n. Chr. Marinus von Tyrus: Gradnetzkarte
- um 150 n. Chr. Claudius Ptolemaeus: erster Vorläufer des Atlas
- 1570 Abraham Ortelius in Antwerpen: Theatrum Orbis Terrarum
- 1799 Amerikanische Forschungsreise des Alexander von Humboldt
- 1. Weltkrieg: ASDIC, SoNaR, RADAR
- 1958 Transit/Navy Navigation Satellite System, 1996 abgeschaltet
- 1970er Entwicklung GPS, 1985 erste Starts



Global Positioning System

- Globales Ortungs System
- dient dazu die Position eines Punktes auf der Erde zu bestimmen
- Karte/Kompass
- Gradnetze in Längen/Breitengrade (UTM, Gauß-Krüger ...)
- $52°8'53.31''N\ LAT\ 12°3'2.44''E\ LONG$
- durch Satelliten und Computer technische Lösung möglich



Lage im 2d-Raum

- Karte/Kompass: Abbildung der Erde auf eine Ebene
  Ausrichtung der Ebene mit Kompass am Erdmagnetfeld
- Einnorden einer Karte ohne Kompass?



Lage im 2d-Raum

- Karte/Kompass: Abbildung der Erde auf eine Ebene
  Ausrichtung der Ebene mit Kompass am Erdmagnetfeld
- Einnorden einer Karte ohne Kompass?
- Ausrichtung an 3 markanten Punkten, sog. Triangulation
- Ausrichtung im 3d-Raum nicht möglich, Höhe fehlt



Lage im 2d-Raum

- Karte/Kompass: Abbildung der Erde auf eine Ebene
  Ausrichtung der Ebene mit Kompass am Erdmagnetfeld
- Einnorden einer Karte ohne Kompass?
- Ausrichtung an 3 markanten Punkten, sog. Triangulation
- Ausrichtung im 3d-Raum nicht möglich, Höhe fehlt



Lage im 3d-Raum

- Satelliten strahlen ihre eigene Position und die Uhrzeit ab
- GPS-Empfänger empfängt diese Signale und berechnet die eigene Position
- nutzt dazu Signallaufzeiten
- 3 Satelliten reichen theoretisch aus (Tri-Angulation!)
- aber: Empfänger haben keine brauchbare Uhr an Bord
- 4. Satellit benötigt
- Kompassfunktion/Geschwindigkeitsmessung über Doppler-Effekt $\rightsquigarrow$ Bewegung notwendig
- Kompass ermöglicht Ausrichtung von Karten $\rightsquigarrow$ Navigation

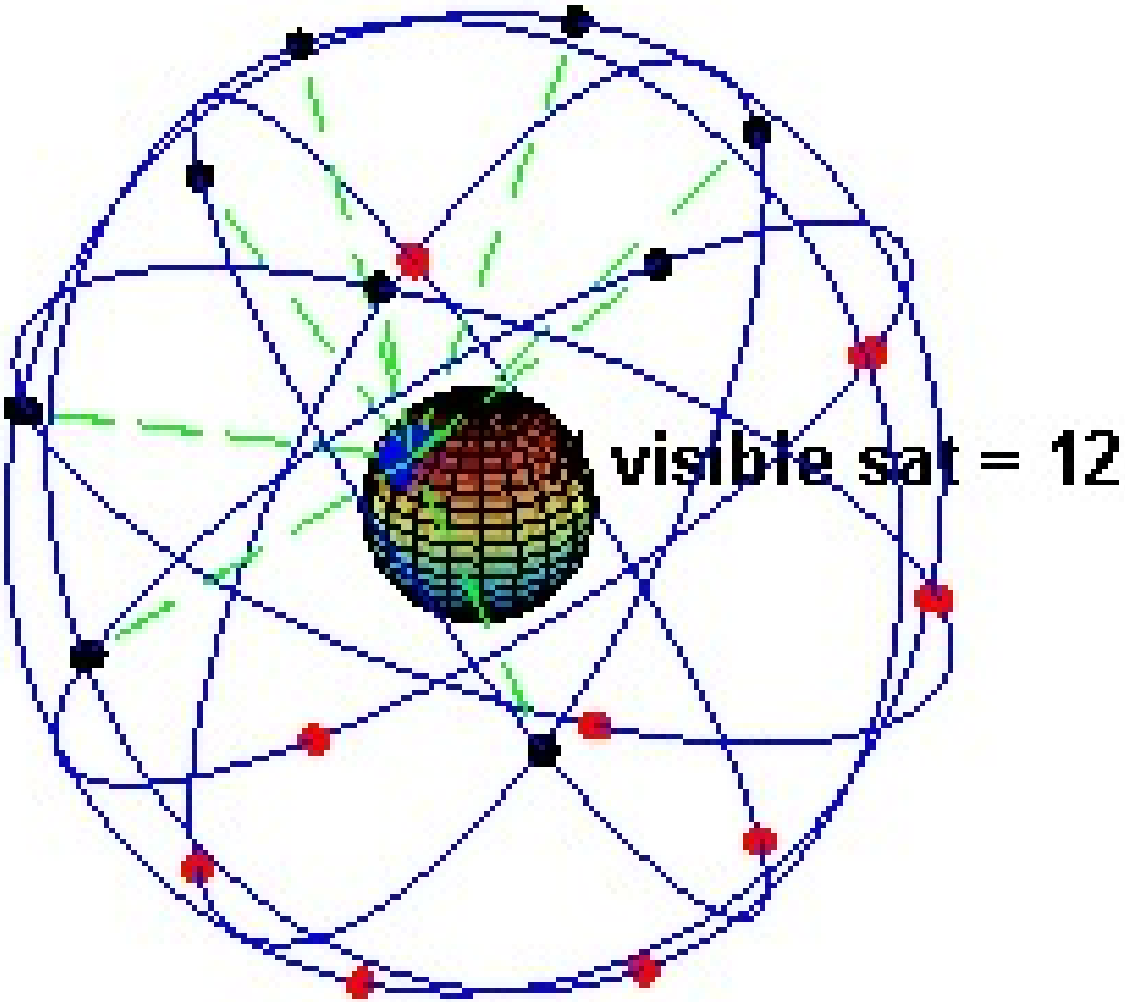


Position im Raum

- 3 Messungen zu 3 Satelliten
- 3 Gleichungen beschreiben die Entfernung zum Satelliten
- Entfernungsmessung durch Laufzeit der Signale
- uni-direktionale Kommunikation: Satellit sendet, Empfänger empfängt
- Zeitstempel eingeprägt, da sonst nicht bekannt, wann Signal gesendet wurde
- Sender- und Empfänger-Uhr müssen synchronisiert
- 4. Gleichung notwendig: Zeitkonstante $\rightsquigarrow$ 4. Satellit
- $f(x, y, z, t)$



24 Satelliten im Orbit



Satelliten

- 24 Satelliten umkreisen die Erde je Sterntag 2x
- 20.200 KM Bahhöhe
- jeweils mindestens 4 Satelliten auf einer der 6 Bahnebenen
- $55°$ gegen Äquator geneigt und gegeneinander um $60°$ verdreht
- ein Satellit ist 2x in 23:55:56,6 über der selben Position
- pro Tag 00:00:03,4 eher
- 50th Space Wing des Air Force Space Command (AFSPC) der US Air Force auf der Schriever AFB, Colorado



GPS IIR

- Masse: 2032 kg
- Dimensionen: 152 x 193 x 191 cm
- Elektrische Leistung: 1,136 kW
- Kosten: 40 Mio. US-Dollar
- Hersteller: Lockheed Martin
- Nutzlast: 2 Cs-Atomuhren, 2 Rb-Atomuhren
- Verbreitung: 21 hergestellt, 13 gestartet, 12 sind im Einsatz, die restlichen 8 wurden zu GPS IIR-M umgerüstet.



Satelliten

- Lebensdauer von 7,5 Jahren, in der Praxis aber länger
- z.Zt. sollen immer 31 Satelliten im Orbit sein
- Austausch dauert ca. 60 Tage
- sendet auf 3 Frequenzen:
  - L1-Frequenz (1575,42 MHz) C/A-Code (Coarse/Acquisition) sowie P/Y-Code (Precision/encrypted)
  - L2-Frequenz (1227,60 MHz) P/Y
  - L5-Frequenz (1176,45 MHz) im Aufbau

Satelliten

- Frequenzen werden durch Bewölkung/Niederschlag kaum beeinflusst
- Empfang in Gebäuden kaum möglich
- Reflektion in Strassenschluchten und unter nassem Laub
- Problem: 3 Satelliten eng beieinander $\rightsquigarrow$ 4. Satellit hinzu



Genauigkeit

- Standard Positioning Service (SPS): frei verfügbar
- 7,8 m horizontal garantiert in 95% der Messungen (Signal!)
- bis 2000: Ungenauigkeit von 100 Metern, ab 2013 selektive Störmöglichkeit
- Precise Positioning Service (PPS): verschlüsselt für das US-Militär
- 5,9 m horizontal garantiert in 95% der Messungen (Signal!)
- Differential-GPS: 0,01-5 Meter



Inhaltsverzeichnis

1 Intro

2 Einführung

3 Einsatz

4 Störung



Nuclear Detection

- Nuclear Detection System (NDS)
- Sensoren für Infrarot/Gammastrahlung und Elektro-Magnetische Pulse
- detektieren Atombombenexplosionen
- Starts von ICBM mit 100m Auflösung



Zeitsystem

- Satelliten haben einheitliches Zeitsystem
- GPS-Zeit + Abweichung von UTC
- Genauigkeit von einer Mikrosekunde
- GPS-Empfänger als sehr genaue Uhr
- Zeitsynchronisation in Netzwerken



Routenplanung

- Navigationssystem beherrscht Routenplanung
- GPS bestimmt nur den Standort, nichts weiter!
- benötigt dazu Kartenmaterial in GIS-Form
- GIS: Geographisches Informations System
- Datenbank mit geometrischen Daten (Punkte, Linien, Kurven, Körper ...)
- Datenbank beschreibt die Karte bzw. die Landschaft
- Linien und Kurven für Strassen und Flüsse, Punkte für POI/OVI



Kartenmaterial

- Kartenmaterial muss erstellt werden: Google Streetmap, Satellitenfotos, von Hand
- OpenStreetMap.org: erstellt Kartenmaterial
- freies und offenes Projekt $\rightsquigarrow$ freies Kartenmaterial
- Google Maps ist nicht frei!
- GPS-Logger protokolliert die zurückgelegte Strecke oder POIs
- Nutzer weist Daten bedeutung zu: Strasse, Haus, Baum ...



Datenformat KML

```
11.64551,52.14695,162
11.64555,52.14698,158
11.64574,52.14696,135
11.64571,52.1469,139
11.64568,52.14687,138
11.64571,52.14692,133
11.64555,52.14692,131
11.64544,52.14695,131
11.64535,52.14697,131
```



Datenformat GPX

```
<trkpt lat="52.14736" lon="11.64229">
<ele>88</ele>
<time>2012-03-25T16:32:35Z</time>
<speed>1.6666666667</speed>
</trkpt>
```



Einsatz von GIS

- 1854: John Snow, MD entwickelt ein Cholera-Karte für London
- 1962: modernes GIS für die Forstverwaltung in Ottawa/Kanada
- Routenplanung
- Verwaltung von Flurstücken (Katasteramt, Strassenamt ...)
- Seuchenmanagement/Erforschung der Ausbreitung von Erregern



Einsatz

- Flottenmanagement möglich
- Fahrzeuge mit GPS positioniert
- aber: Navi sendet nicht $\rightsquigarrow$ Transponder nötig (z.B. Handy)
- Tracking/Überwachung möglich
- Marschstrecke aufzeichnen
- Fahrtenschreiber etc.
- Überwachung von Tieren (Storchenhof)
- GPS-Empfänger für Kameras oder Verschnitt mit EXIF



Einsatz

- Navigation/Positionsbestimmung in der Wüste/Steppe möglich
- GPS zur Ausrichtung von Bauwerken (Talsperren, Dämme, Rohrleitungen)
- Geofencing von Herden in Afrika
- Location Based Services



Inhaltsverzeichnis

1 Intro

2 Einführung

3 Einsatz

4 Störung

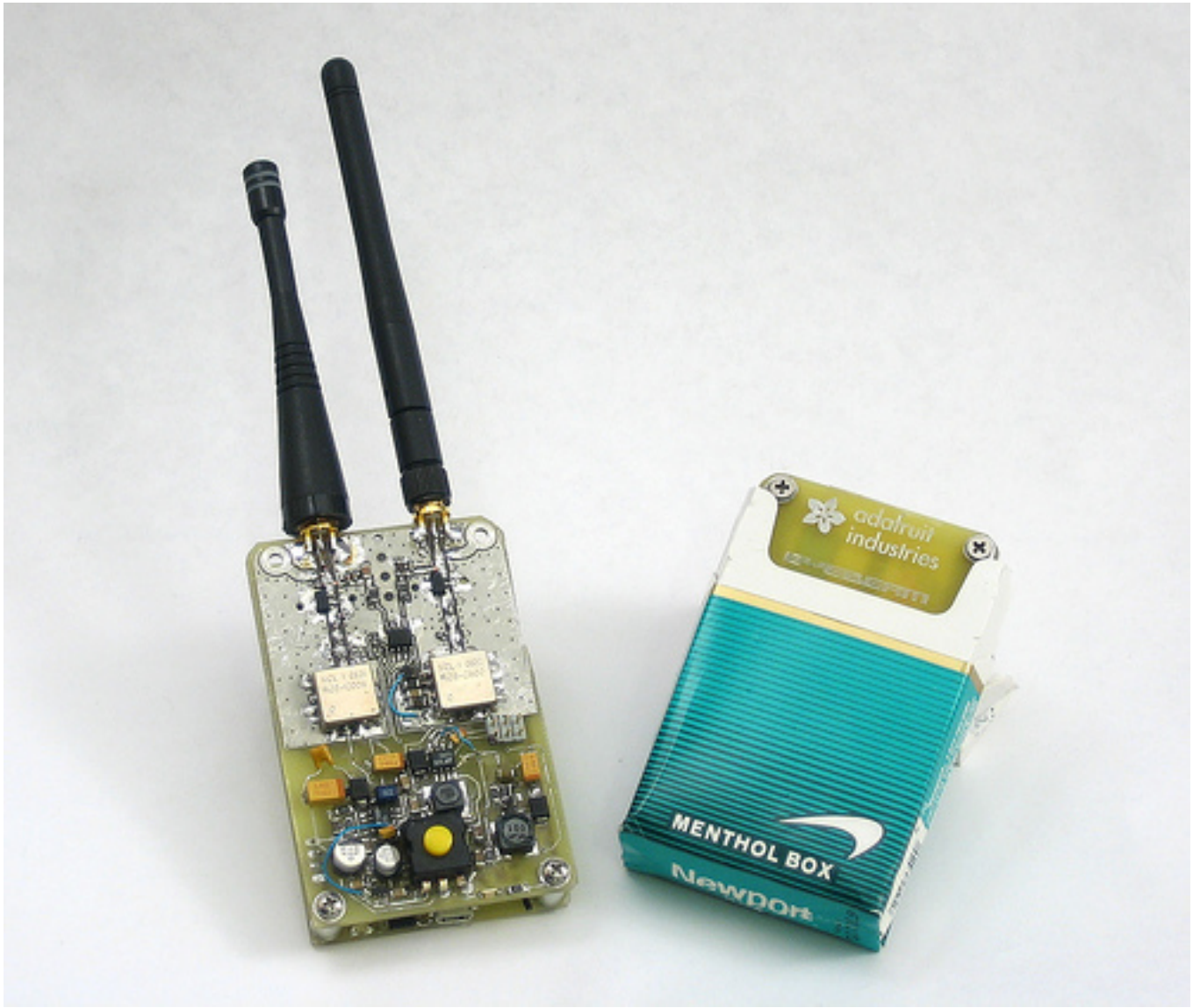


Störung

- geringe Signalstärke von -155dBW
- Signal kann leicht überlagert werden (Jammer)
- 105,028 MHz UKW-Frequenz kann stören :-)



WaveBubble



Lockheed Martin RQ-170 Sentinel

Beast of Kandahar



Lockheed Martin RQ-170 Sentinel

Beast of Kandahar

- Unbemanntes Flugobjekt (UAV)
- navigiert selbständig $\rightsquigarrow$ benötigt NAVSTAR GPS oder Trägheitsnavigation
- GPS ist genau aber angreifbar
- Trägheitsnavigation ist problematisch und ungenau über längere Zeiträume (Kopplung)
- Iran behauptet Hack bzw. GPS Jam, USA bestreiten den Einsatz von GPS



Navigational Satellite Timing and Ranging - Global Positioning System

- Positionsbestimmung über Triangulation gegenüber den Satelliten
- öffentliches Signal und verschlüsseltes militärisches Signal mit erhöhter Präzision
- Signalstärke -155 dBW $\rightsquigarrow$ leicht zu jammen
- Richtfunkantenne zum Satelliten
- `http://www.phrack.org/issues.html?issue=60&id=13#article`
- China fälscht/jammed systematisch GPS

