

# Wie GPS funktioniert



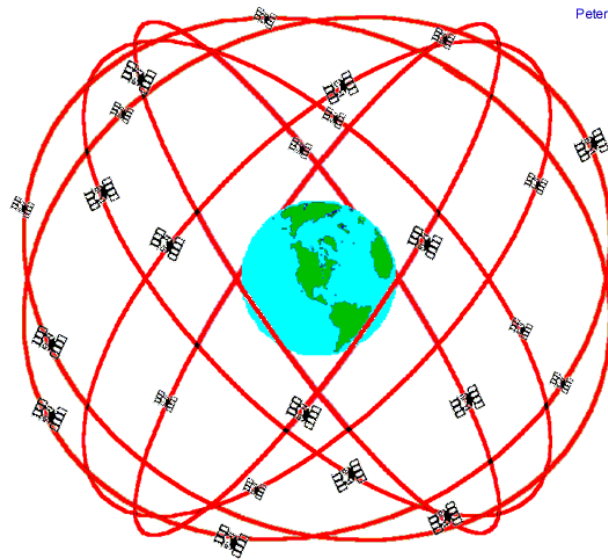
Der französische Pilot und Dichter Antoine de Saint Exupéry schrieb in seinem Buch "Der kleine Prinz": "Das Wesentliche ist für die Augen unsichtbar".

Was heißt GPS ?

**Global Positioning System**

= Weltweites Positionierungs  
System

# 24 Satelliten



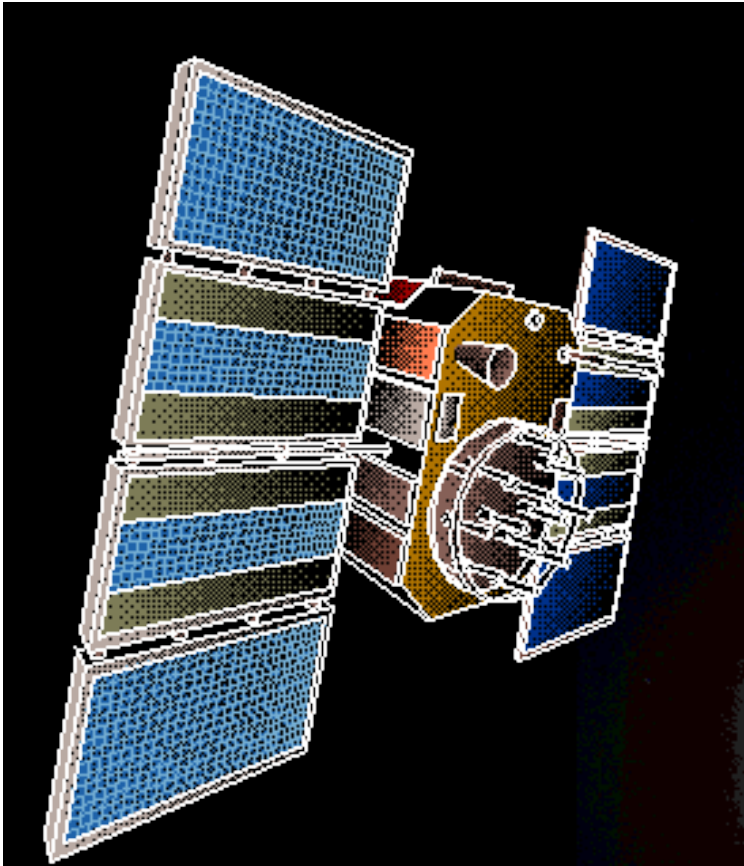
Peter H. Dana 9/22/98

24 Satelliten fliegen um die Erde.

Immer 3 und ein zusätzlicher Satellit müssen angepeilt werden

**GPS Nominal Constellation**  
**24 Satellites in 6 Orbital Planes**  
**4 Satellites in each Plane**  
**20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination**

# Satelliten sind teuer

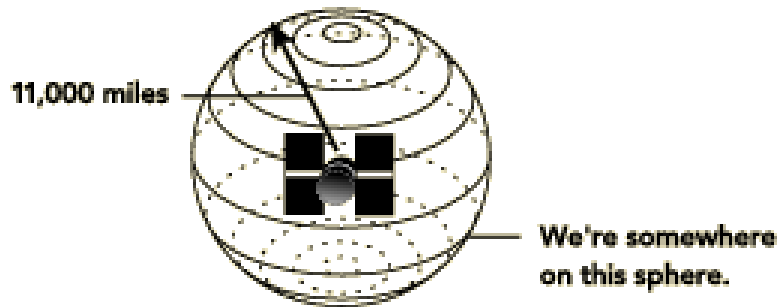


So sieht einer der Satelliten aus, die vom US-Verteidigungsministerium in eine bestimmte Umlaufbahn geschossen wurden. 12 Milliarden Dollar wurden für die Satelliten ausgegeben.

# 5 Schritte zur genauen Position

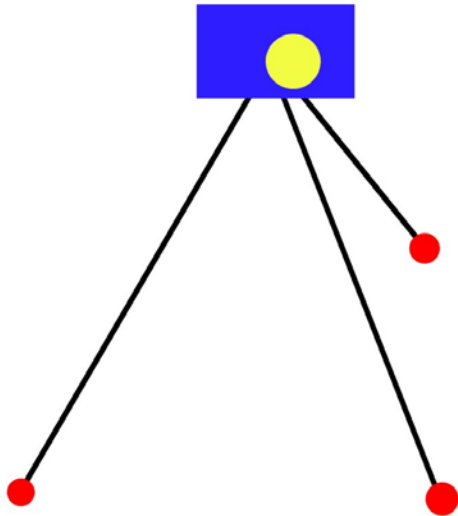
- 1 Die Grundlage von GPS ist der Schnitt von Sphären um die Satelliten.
- 2 Um die Positionsbestimmung vorzunehmen, misst der GPS-Empfänger Abstände durch die Laufzeit von Funksignalen.
- 3 Um die Laufzeit zu messen, muss das GPS sehr genaue Zeitmessungen garantieren, was man mit einigen Tricks ermöglichen kann.
- 4 Zur genauen Positionierung müssen wir exakt wissen, wo sich die Satelliten im Raum befinden. Hohe Umlaufbahnen und sorgfältige Beobachtung bergen das Geheimnis.
- 5 Schließlich müssen alle Fehler (z. B. Verzögerungen aufgrund von atmosphärischen Störungen) korrigiert werden, die das Signal bei seiner Reise durch die Atmosphäre erleidet.

# 1. Schritt: Sphären um Satelliten



Die Grundlage von GPS ist der Schnitt von Sphären um die Satelliten.

# Ein Stativ hat drei Beine

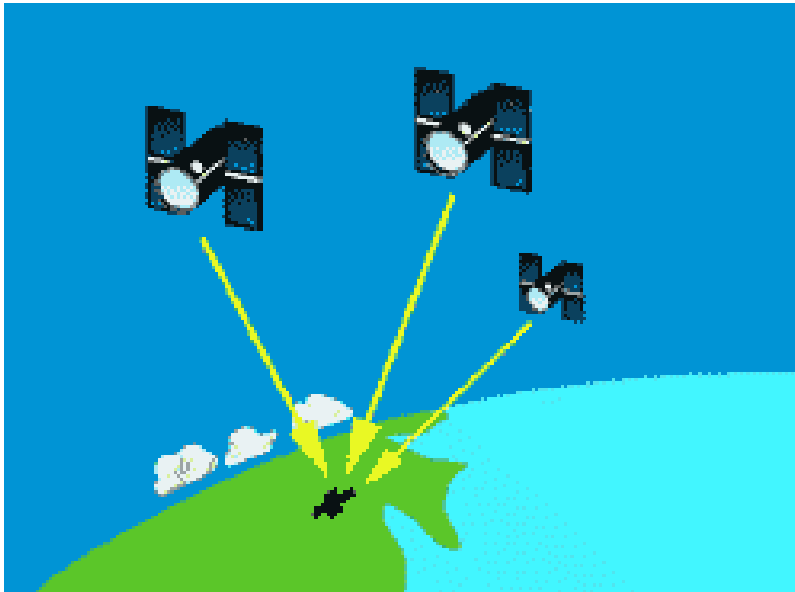


Mit einem Bein fällt die Kamera um.

Bei zwei Beinen kippt sie zur Seite.

Erst drei Beine führen zu einer stabilen Position.

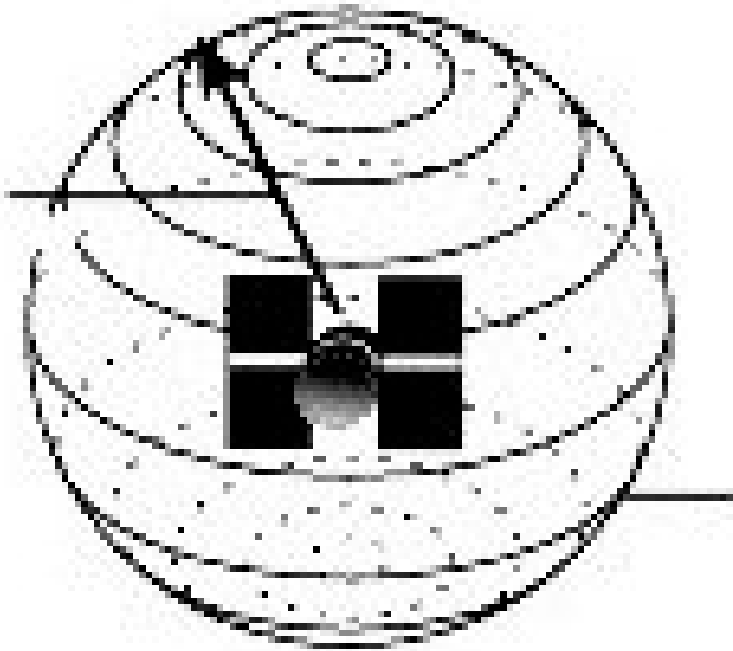
# Positionsbestimmung durch drei Satelliten



Unsichtbar ist das Messsignal, das am Empfänger im Auto, im Schiff oder Flugzeug ankommt und doch ist es der Schlüssel für die exakte Positionsbestimmung.



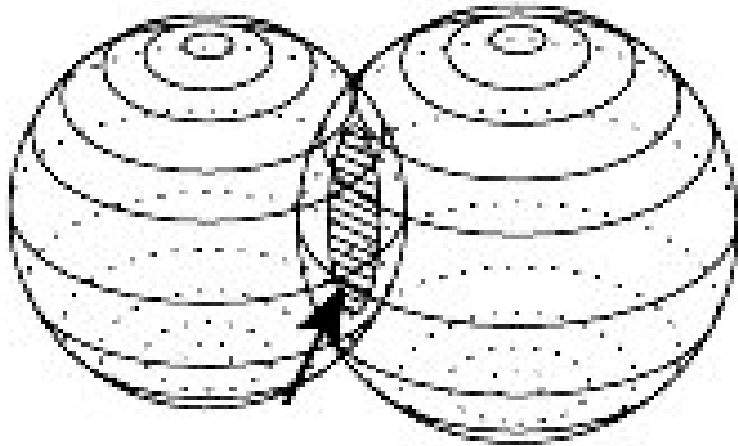
# Positionsbestimmung Teil 1



Nehmen wir mal an, wir messen einen Satellitenabstand von 20 500 km.

Wenn wir das wissen, können wir uns im Raum nur auf einer Kugeloberfläche befinden, deren Zentrum der Satellit ist und die einen Radius von 20 500 km hat.

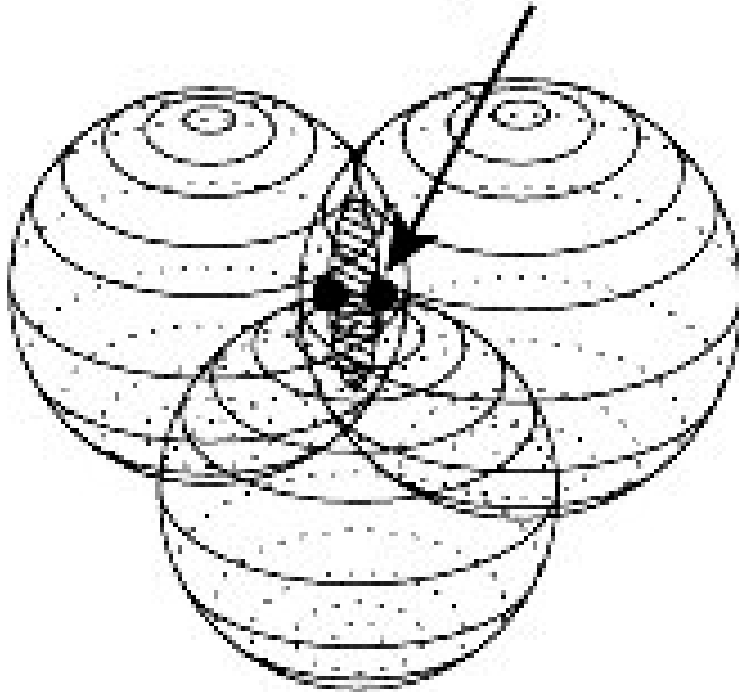
# Positionsbestimmung Teil 2



Wir sind irgendwo auf dem Kreis, der sich durch den Schnitt beider Kugeloberflächen bildet.

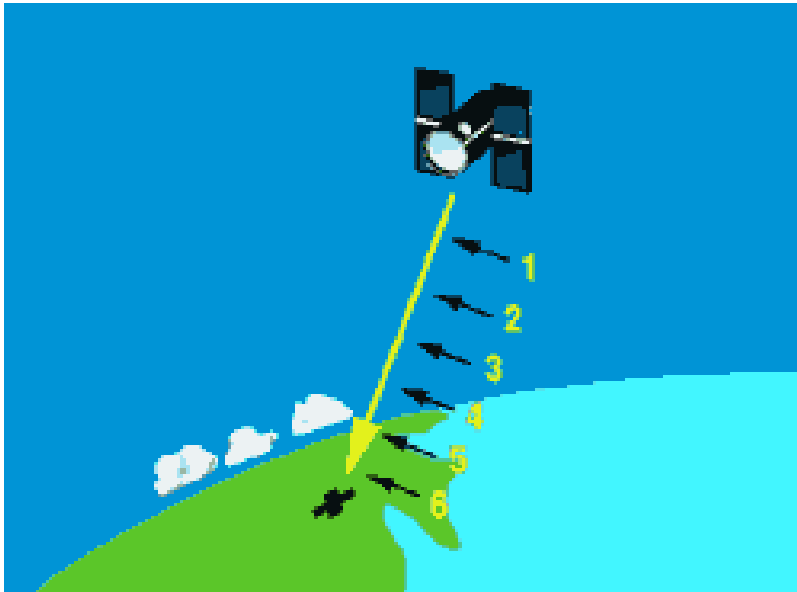
# Positionsbestimmung Teil 3

Three measurements puts us  
at one of two points



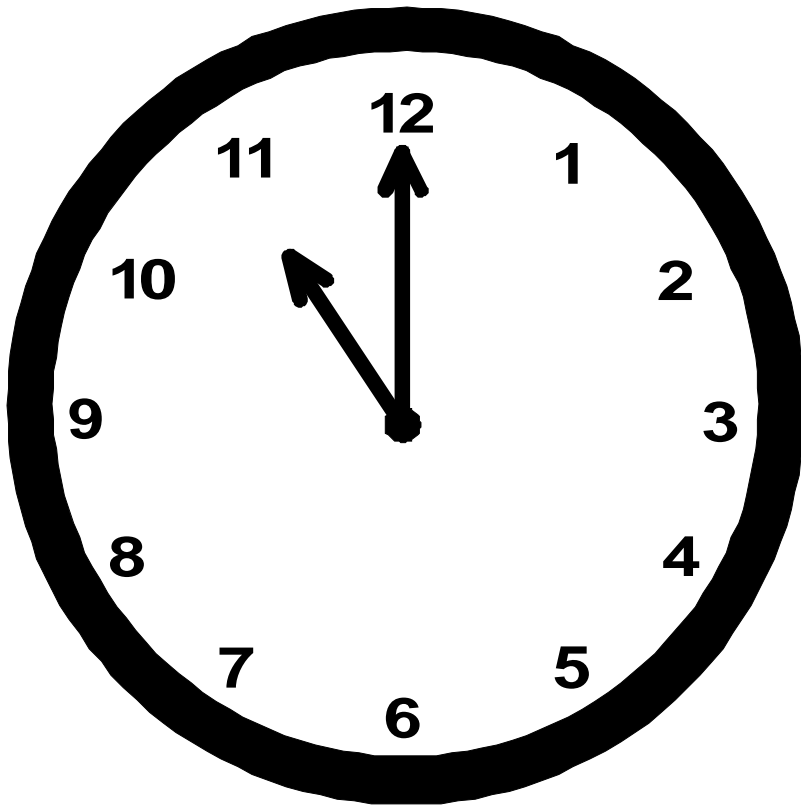
Wir beschränken unsere  
Position auf zwei Punkte  
wo die dritte  
Kugeloberfläche den  
Kreis schneidet, der die  
Schnittmenge der erster  
beiden Kugeloberflächen  
bildet.

## 2. Schritt: Abstandsmessung



Um die Positionsbestimmung vorzunehmen misst der GPS-Empfänger Abstände durch die Laufzeit von Funksignalen.

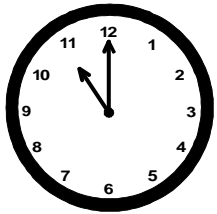
### 3. Schritt: Zeitmessung



Um die Laufzeit zu messen, nimmt der GPS-Rechner eine sehr genaue Zeitmessungen vor

- eine Tausendstel Sekunde entspricht bereits 300 km Fehlmessung.

# Warum der 4. Satellit nötig ist:



Die Abweichungen von der Universalzeit beeinflussen alle unsere Messungen gleich stark. Deshalb sucht der Empfänger nach dem speziellen Korrekturwert, den er von allen seinen Messungen subtrahieren kann um alle vier Abstandsmessungen an einem einzigen Punkt schneiden zu lassen.

Diese Korrektur stellt die Uhr nach und synchronisiert sie mit der Universalzeit.

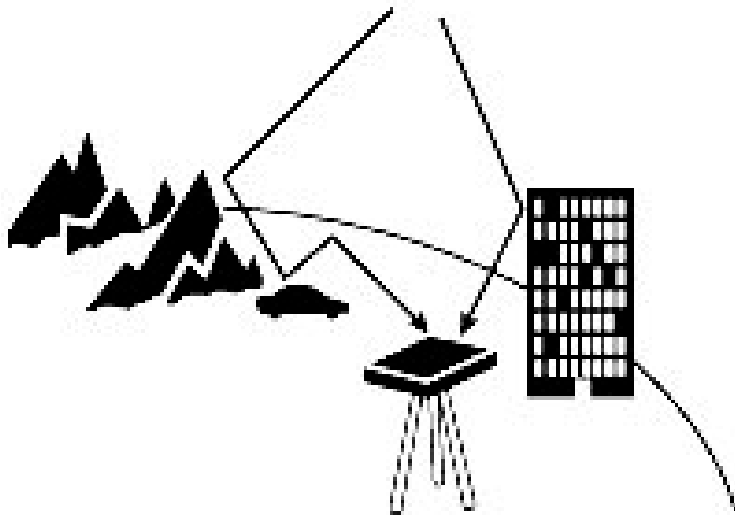
# 4. Schritt: Genaue Satellitenposition



Die grundlegenden Bahnen sind ziemlich genau, aber um die Sache zu perfektionieren werden die GPS-Satelliten ständig durch das US-Verteidigungsministerium überwacht.

# 5. Schritt: Fehler beseitigen

Der Mehrwegfehler (oder Multipath-Effekt) genannt ist dem Schattenbild ähnlich, das man auf dem Schirm eines Fernsehapparates neben dem eigentlichen Bild sehen kann. Gute Empfänger verwenden hoch entwickelte Entstörfilter, um dieses Problem zu verringern.

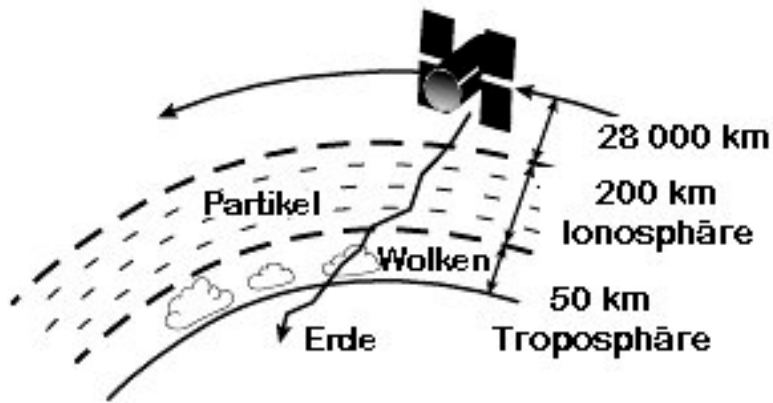




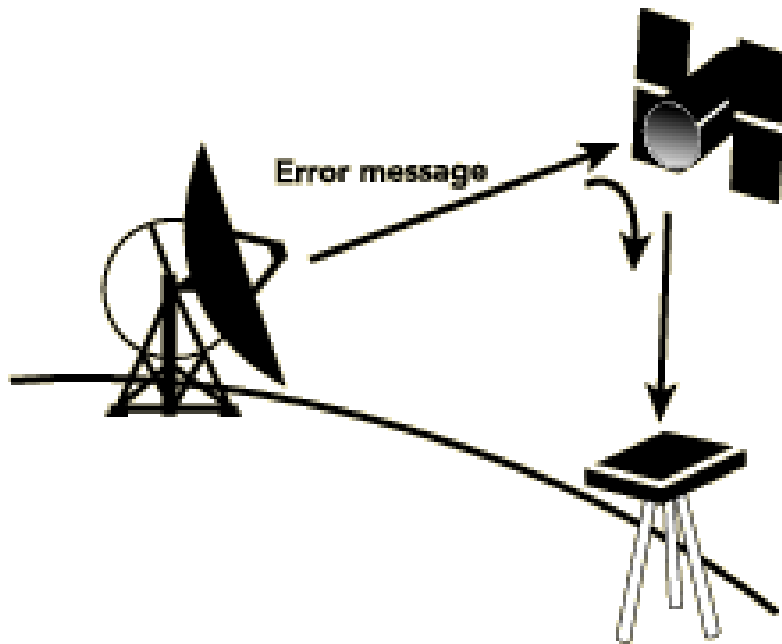
# Atmosphärische Fehler

Die Lichtgeschwindigkeit ist nur in einem Vakuum konstant.

Während ein GPS-Signal durch die belastenden Partikel der Ionosphäre und dann durch den Wasserdampf in der Troposphäre dringt, wird es verzögert.



# Absichtliche Fehler



Unglaublich, die gleiche Regierung die 12 Milliarden Dollar aufwendete, um die genaueste Navigationsanlage der Welt zu entwickeln, vermindert absichtlich deren Genauigkeit.