# Positionsbestimmung

Für unsere Applikation bieten wir ein System an, welches erlaubt nahe gelegene Datenpunkte selbstständig zu finden und anzuzeigen, sobald der Anwender mit dem Handy auf den jeweiligen Datenpunkt zeigt.   
Für die Positionsbestimmung des Anwenders verwenden wir zwei verschiedene Varianten. Zum einen verwenden wir GPS und zum anderen eine Positionsbestimmung über WLAN – Router. Die Genauigkeiten schwanken sehr stark und können nicht pauschal angegeben werden, es ist aber davon auszugehen, dass man mit GPS eine Abweichung von mehreren Metern nicht überschreiten wird, mit WLAN jedoch eine viel höhere Toleranz hat, da dies abhängig davon ist, wie weit der nächste Router entfernt ist, welcher seine Position kennt.

## GPS – „NAVSTAR GPS“

GPS ist offiziell auch unter dem Namen „NAVSTAR GPS“, was für „Navigational Satellite Timing and Ranging – Global Positioning System“ steht, bekannt. Es wird seit den 1970er Jahren vom US-Verteidigungsministerium entwickelt und löste bereits 1985 das Satellitennavigationssystem NNSS der US-Marine, sowie die Vela-Satelliten zur Ortung von Kernwaffenexplosionen ab. Seit den 1990er Jahren ist GPS voll funktionsfähig und steht seit dem 2. Mai 2000 auch für zivile Zwecke zur Verfügung. Die Genauigkeit lässt sich durch Anwendung von z.B. Differential-GPS/DGPS in der Umgebung eines Referenzempfängers auf Toleranzen von wenigen Zentimetern erhöhen.

### Einsatzgebiete

GPS wurde ursprünglich für den militärischen Bereich entwickelt. Der große Vorteil von GPS lag darin, dass zur Positionsbestimmung nur Daten empfangen werden mussten.   
Heute wird es aber vor allem im zivilen Bereich wie Seefahrt, Luftfahrt, Navigationssysteme in Autos sowie „Precision Farming“, genutzt. Speziell für die Anwendung für Mobiltelefone wurde das Assisted GPS, kurz „A-GPS“ entwickelt.

### Arbeitsweise

Es existieren insgesamt 27 GPS – Satelliten diverser Generationen, hergestellt von Rockwell, Lockheed Martin und Boeing. Diese Satelliten umkreisen auf einer nahezu perfekten Umlaufbahn die Erde in einer Höhe von 20.000 – 20.200km. Die Umlaufbahnen der Satelliten sind so angeordnet, dass jederzeit mindestens 4 der 24 aktiven Satelliten Signale an jede beliebige Position auf der Erde senden. Die anderen 3 der 27 Satelliten sind Ersatzsatelliten, die sofort aktiviert werden können, falls ein aktiver Satellit ausfallen sollte.  
Diese Signale werden in 3 verschiedenen Frequenzen ausgesendet. Der Empfänger empfängt nun diese Signale von theoretisch mindestens 3 verschiedenen Satelliten, rechnet sich die Laufzeit der jeweiligen Pakete aus und daraus die Entfernung des jeweiligen Satelliten. Daraus ergibt sich ein Punkt auf der Erde mit einem möglichen Radius auf der Erde. Rechnet der Empfänger einen zweiten Satelliten dazu, so ergeben sich zwei Schnittpunkte, also mögliche Positionen des Empfängers. Erst mit dem dritten Satelliten wird eine eindeutige Position bestimmbar.  
Um die Signale der Satelliten abgleichen zu können, benötigt der Empfänger jedoch eine sehr genaue Uhr, vergleich mit den Atomuhren an Board der Satelliten, welche eine Abweichung von einer Sekunde in 100Mio Jahren haben. Daher verwendet der Empfänger die Signale eines vierten Satelliten um sich daraus die aktuelle Position zu bestimmen.

#### L1-Frequenz (1575,42 MHz)

Auf dieser Frequenz werden so-genannte C/A – Codes für die zivile Nutzung und der nicht öffentlich bekannte P/Y – Code übertragen. Das übertragene Datensignal ist in beiden Fällen 1500Bit lang und enthält Informationen zum Satelliten, Datum, Identifikationsnummer, Korrekturen und Bahnen. Eine Übertragung dauert in Normalfall über eine halbe Minute.

#### L2-Frequenz (1227,60 MHz)

Überträgt nur den P/Y – Code. Durch die gleichzeitige Übertragung auf zwei unterschiedlicher Frequenzen können Fehler, wie ionosphärische Effekte, herausgerechnet werden und die Toleranzen senken.

#### L5-Frequenz (1176,45 MHz)

Sendet sowohl C/A – Codes als auch P/Y – Codes und ist erst seit dem 28. April 2014 im Einsatz. Es sollte die Stabilität der Verbindungen erhöhen.

#### C/A – Code (coarse/acquisition)

Ist ein speziell für die zivile Nutzung entwickelter Code, bei dem die Auflösung gegenüber des P/Y – Codes verringert wird. Der Code ist ein 1.023 Bit langer Code aus der 1.023 MHz – Frequenz der Atomuhr und wiederholt sich jede Sekunde. Während der Übertragung hat das Signal eine Länge von etwa 300m.

#### P/Y – Code (precision/encrypted)

Über den P/Y – Code ist beinahe nichts bekannt. Er ist der Öffentlichkeit nicht zugänglich und wird ausschließlich vom Militär genutzt.

### Ausbreitungseigenschaften des Signals

In den verwendeten Frequenzbereichen breitet sich die elektromagnetische Strahlung ähnlich wie sichtbares Licht fast geradlinig aus und wird durch Witterungsverhältnisse wie Bewölkung und Niederschlag wenig beeinflusst. Dennoch war bis vor kurzem eine direkte Sichtverbindung zum Satelliten erforderlich. Durch die Entwicklung von stationären GPS-Empfangs und Sendeantennen wurde es möglich, das Signal umzuleiten und beispielsweise in Tunneln verfügbar zu machen.

## WLAN-basierte Positionsbestimmung

WLAN-basierte Ortung basiert auf demselben Prinzip wie GPS und berechnet die Position anhand von WLAN-Ausbreitungsmustern.

### Grundlagen

Gerade in Ballungsgebieten empfängt man in der Regel zahlreiche WLAN-signale in einer individuellen, standortabhängigen Kombination. Diese Signale kommen sowohl von kommerziellen Hotspots, als auch von Firmen und privaten Netzwerken. Die Kenntnis über den Standort der WLAN-Router erlaubt so die Berechnung des Standortes. Je mehr Netzwerksignale empfangen werden, desto genauer gelingt eine Positionsbestimmung. Im Gegensatz zu GPS funktioniert diese Ortung auch in Gebäuden, die Genauigkeit schwankt aber sehr.

### Anwendungsgebiete

WLAN-basierte Ortung ermöglicht das Anbieten von standortbezogenen Diensten für alle WLAN-fähigen Endgeräte wie Smartphones, PDAs oder Notebooks. Als erste öffentliche Einrichtung der Welt setzt das Museum der Industriekultur in Nürnberg ein Führungssystem ein, welches neben der WLAN-basierten Ortung spezielle Dienste und Didaktik ortsabhängig anbietet.

# Koordinatensysteme

Mit einer geographischen Koordinate lässt sich ein Punkt auf der Erde eindeutig beschreiben. Dazu wird die Erde in 360 Längengrade und 180 Breitengrade geteilt. Längengraden verlaufen durch Nord- und Südpol, Breitengrade parallel zum Äquator.   
Der geographische Nullmeridian, also 0° Länge, verlauft durch Greenwitch in England und breitet sich dort Richtung Westen und Osten je um 180° aus.   
Die geographische Breite mit 0° ist der Äquator.

## Darstellung von geographischen Koordinaten

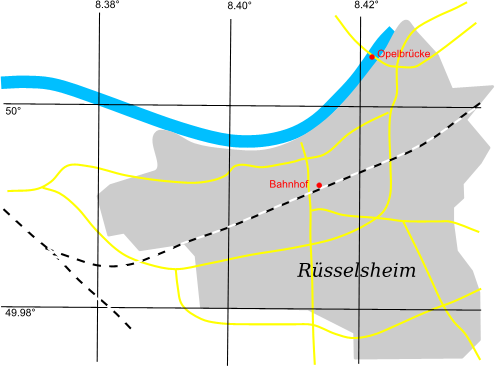
Grundsätzlich gibt es sehr viele verschiedene Schreibweisen von geographischen Koordinaten die meist am weitesten verbreitetsten sind jedoch die Sexagesimalsystemschreibweise und die Dezimalschreibweise. Im Sexagesimalsystem werden ganze Grade nochmal unterteilt, d.h. 1 Grad unterteilt sich in sechzig Minuten, eine Minute wiederum in 60 Sekunden. In der Dezimalschreibweise werden einfach die Kommastellen hinter dem Grad geschrieben.  
Aufgrund der Einfachheit wird Programmintern mit der Dezimalschreibweise gerechnet, da diese als simple DOUBLE – Zahl interpretiert werden kann.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Realität | Sexagesimalsystem | Dezimalsystem |
| HTL – Hallein | N47° 40' 57.144" E13° 5' 54.319" | 47.68254 13.098422 |
| Golden Gate Bridge, San Francisco | N37° 49' 11.744" W122° 28' 41.718" | 37.819929 -122.478255 |
| Freiheitsstatue, New York | N40° 41' 21.296" W74° 2' 40.2" | 40.689249 -74.0445 |

## Entfernungsbestimmung zweier geographischer Koordinaten

Um die Distanz zweier Punkte zu bestimmen ist es nötig, die Form der Erde zu vereinfachen. Es gibt sehr viele verschiedene Varianten, sich die Distanz zweier geographischer Koordinaten zu errechnen und sie unterscheiden sich alle durch ihre Genauigkeit, welche in einem Verhältnis zur nötigen Energie stehen. Abhängig von der verwendeten Rechenmethode, werden verschiedene Darstellungen der Erde verwendet.

#### Vereinfachte Berechnung

In der vereinfachten Darstellung wird angenommen, dass die Erde eine Ebene ist und die entstehenden Unterteilungen durch Längen und Breitengrade perfekte Rechtecke sind. Dadurch kann in der vereinfachten Darstellung zur Berechnung der Distanz der Satz des Pythagoras verwendet werden. Durch die anschließende Multiplikation der angenommenen Konstanten der angenommenen Abstände der Rechtecke, erhält man die Distanz in Kilometer. Für Europa sind folgende Werte für die jeweiligen Abstände zu verwenden: Abstände zwischen Längengraden: 71.5km. Abstände zwischen Breitengraden: 111.3km.

Quelle: http://www.kompf.de/gps/distcalc.html

#### Verbesserte Berechnung

Auch in der verbesserten Berechnung wird mit dem Satz des Pythagoras gearbeitet, jedoch wird nicht angenommen das sowohl der Abstand der Längen als auch Breitengrade konstant ist. Weiterhin beträgt der Abstand der Breitenkreise 111,3km, der Abstand der Längenkreise ist aber in Abhängigkeit der Position. In der Theorie wäre der Abstand der Längenkreise am Äquator ebenfalls 111,3km, am Süd- bzw. Nordpol jedoch 0km. In dieser Formel wird der Abstand durch den Cosinus des Mittelwerts beider angegebener Breitengrade errechnet.   
Es ist darauf zu achten, dass die Cosinus-Funktion in den meisten Fällen den Radiant, welcher über GRAD \* (PI / 180) errechnet wird, benötigt.

#### C:\Users\Ferdinand\Desktop\sphere2.pngBerechnung auf Grund des Gesetztes der Haversine

Bei der Haversine-Formel wird angenommen, dass die Erde eine perfekte Kugel ist und die Entfernung der Bogenradius ist. In dem rechts gezeigten Bild wird die Erde als Kugel dargestellt und zwei Punkte, P1 und P2, dargestellt. Der Abstand der beiden Punkte ist der Bogen, beschriftet mit „Groskreisbogen g“.

Ein gängiger Wert für den Erdradius ist 6378,388km.

Quelle: http://www.kompf.de/gps/distcalc.html

#### Vincenty inverse Solution

Bei der Vincenty inverse Solution wird die Erde als Ellipsoid und nicht als Kugel angesehen. Es gibt verschiedene genormte Ellipsoiden-Darstellungen für die Erde, die in Europa gängigste ist die WGS84-Darstellung. Die Genauigkeit des Resultates ist davon abhängig, welches Ellipsoiden-Modell man verwendet und welche Punkte man berechnet. Von Erfahrungswerten ist bekannt, das bei Verwendung des WGS84-Modells bei Punkteberechnungen für bspw. Colorado, welches 2000m über dem Meeresspiegel liegt, totale Abweichungen von ca. 0,03% zu erwarten sind.   
Durch die relativ frühe Entdeckung der Vincenty inverse Solution durch den Forscher Thaddeus Vincenty im Jahre 1975 und der damals sehr teuren Rechenleistung, wurde der Algorithmus bereits sehr stark optimiert.   
Eine mögliche Implementation in Javascript ist auf der Seite <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong-vincenty.html> zu finden.

var sinα1 = Math.sin(α1);

var cosα1 = Math.cos(α1);

var tanU1 = (1-f) \* Math.tan(φ1), cosU1 = 1 / Math.sqrt((1 + tanU1\*tanU1)), sinU1 = tanU1 \* cosU1;

var σ1 = Math.atan2(tanU1, cosα1);

var sinα = cosU1 \* sinα1;

var cosSqα = 1 - sinα\*sinα;

var uSq = cosSqα \* (a\*a - b\*b) / (b\*b);

var A = 1 + uSq/16384\*(4096+uSq\*(-768+uSq\*(320-175\*uSq)));

var B = uSq/1024 \* (256+uSq\*(-128+uSq\*(74-47\*uSq)));

var σ = s / (b\*A), σʹ;

do {

var cos2σM = Math.cos(2\*σ1 + σ);

var sinσ = Math.sin(σ);

var cosσ = Math.cos(σ);

var Δσ = B\*sinσ\*(cos2σM+B/4\*(cosσ\*(-1+2\*cos2σM\*cos2σM)-

B/6\*cos2σM\*(-3+4\*sinσ\*sinσ)\*(-3+4\*cos2σM\*cos2σM)));

σʹ = σ;

σ = s / (b\*A) + Δσ;

} while (Math.abs(σ-σʹ) > 1e-12);

var tmp = sinU1\*sinσ - cosU1\*cosσ\*cosα1;

var φ2 = Math.atan2(sinU1\*cosσ + cosU1\*sinσ\*cosα1, (1-f)\*Math.sqrt(sinα\*sinα + tmp\*tmp));

var λ = Math.atan2(sinσ\*sinα1, cosU1\*cosσ - sinU1\*sinσ\*cosα1);

var C = f/16\*cosSqα\*(4+f\*(4-3\*cosSqα));

var L = λ - (1-C) \* f \* sinα \*

(σ + C\*sinσ\*(cos2σM+C\*cosσ\*(-1+2\*cos2σM\*cos2σM)));

var λ2 = (λ1+L+3\*Math.PI)%(2\*Math.PI) - Math.PI; // normalise to -180...+180

var revAz = Math.atan2(sinα, -tmp); // Ergebnis in KM!

#### Vergleich genannter Methoden

TODO   
Tabelle mit Zeitvergleich pro 1000 Zufällig berechneter Entfernungen