

Technische Hochschule Nürnberg

# IT-Projekt

## Verteiltes Erdbebenwarnsystem

# IT Projekt

vorgelegt von	Christopher Althaus Baris Akdag Niklas Schäfer Benjamin Brandt Jürgen Hetzel
Betreuer	Prof. Dr. Michael Za

Abgabe: 14. Februar 2014

## **Erklärung**

Hiermit versichern wir, dass wir die Arbeit selbständig verfasst, nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, alle benutzten Quellen und Hilfsmittel angegeben sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet zu haben.

---

Christopher Althaus

---

Baris Akdag

---

Niklas Schäfer

---

Benjamin Brandt

---

Jürgen Hetzel

Nürnberg, den 11. Februar 2014

## Abstract

Portable Geräte wie aktuelle Smartphones und Tablet-Computer besitzen in der Regel eine Vielzahl von Sensoren, darunter auch solche, die Beschleunigungen feststellen können. Diese können insbesondere genutzt werden, um Erschütterungen des Geräts festzustellen. Die unten gezeigte Grafik ist die Ausgabe einer Android-Anwendung (App), welche diese Sensoren ausliest.



Offensichtlich werden diese Sensoren ständig ausgelöst, wenn der Benutzer das Gerät mit sich führt, während er sich fortbewegt. Dabei sind die Werte der Sensoren unmittelbar von der individuellen Bewegung abhängig und daher stets zwischen zwei Geräten verschieden.

Interessant wäre es, wenn es möglich wäre, Korrelationen zwischen den Sensorwerten auf verschiedenen Geräten zu finden. Dies würde darauf hindeuten, dass beide Geräte, zumal wenn sie an verschiedenen Orten aufbewahrt werden, dasselbe Ereignis wahrgenommen haben, etwa eine Erschütterung im Boden.

Dies könnte dazu genutzt werden, um ein automatisches ErdbebenmeldeSystem zu realisieren. Wenn eine gewisse Menge von Geräten zur gleichen Zeit ein ähnliches Erschütterungsmuster detektieren, ist davon auszugehen, dass sich ein Erdbeben ereignet. Dies wird natürlich von den Anwendern selbst auch bemerkt werden, jedoch könnten die Geräte einerseits einen Alarm auslösen, der auch solche Menschen warnt, die aus diversen Gründen das Ereignis nicht wahrnehmen (schlafen oder im Auto sitzen), andererseits könnten Sicherheitsmaßnahmen in Gang gesetzt werden (automatisches Abstellen der Gasversorgung, Abstellen des Stroms an gefährlichen Orten usw.).

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Teamorganisation</b>	<b>4</b>
<b>2 Motivation (Christopher Althaus)</b>	<b>5</b>
<b>3 System Struktur (Christopher Althaus)</b>	<b>6</b>
<b>4 RESTful WebService (Baris Akdag)</b>	<b>8</b>
<b>5 User Interface (Niklas Schäfer)</b>	<b>9</b>
5.1 Info . . . . .	9
5.2 Device Map . . . . .	10
5.2.1 Google Map hinzufügen . . . . .	10
5.2.2 User Interface . . . . .	12
5.2.3 Android Maps Extensions . . . . .	13
5.2.4 Klassendiagramm DeviceMap . . . . .	13
5.2.5 Zukünftige Implementierung . . . . .	14
5.3 Settings . . . . .	14
<b>6 Erdbebenerkennung unter Android (Christopher Althaus)</b>	<b>15</b>
6.1 Abfragen der Sensordaten unter Android . . . . .	15
6.2 Erdbebenauswertung . . . . .	17
<b>7 Lokalisierung (Niklas Schäfer)</b>	<b>22</b>
7.1 Einleitung . . . . .	22
7.2 Location Provider des Android-Systems . . . . .	22
7.2.1 PASSIVE . . . . .	22
7.2.2 NETWORK . . . . .	23
7.2.3 Global Positioning System . . . . .	25
7.3 Positionsbestimmung in Android . . . . .	27
7.4 Umsetzung der Quakedetec App . . . . .	30
7.4.1 Erste Umsetzung und Probleme . . . . .	30
7.4.2 Finale Umsetzung . . . . .	31
7.4.3 Klassendiagramm Localizer . . . . .	33
<b>8 Ausblick</b>	<b>34</b>
<b>9 Fazit</b>	<b>34</b>

# 1 Teamorganisation

Die Projektgruppe besteht aus Niklas Schäfer, Baris Akdag, Christopher Althaus, Benjamin Brandt sowie Jürgen Hetzel. Innerhalb der Gruppe sind zu Beginn die verschiedenen Aufgabengebiete nach Interessen und Fähigkeiten des einzelnen verteilt worden.

Baris Akdag verfügte im Vorfeld über Fachkenntnisse in den Bereichen WebServices und Datenbanken. Er übernahm die Entwicklung des gesamten WebServices inklusive Datenbank und Bereitstellung.

Durch die Erfahrung von Christopher Althaus im Bereich Android Programmierung bot er sich neben Niklas Schäfer an, die Android Applikation zu entwickeln.

Dabei übernahm Niklas Schäfer als Hauptaufgaben die Lokalisierung des Geräts inklusive Sicherstellung aktiver Standortbestimmung auf den Endgeräten, die Einbindung der Google Maps Karte und die Entwicklung derer Funktionen, die Implementierung von Einstellmöglichkeiten innerhalb der App und UI Gestaltung. Christopher Althaus widmete sich neben der groben Strukturierung der App und UI Gestaltung hauptsächlich um die Benutzerbenachrichtigung im Falle eines Erdbebens und um die Aufgabengebiete rund um den Beschleunigungssensor. Diese umfassen zum einen die Erdbebenerkennung innerhalb der Applikation und zum anderen die Einbindung eines Diagramms zur Visualisierung der Beschleunigungsdaten. Jürgen Hetzel und Benjamin Brandt übernahmen während des Projektablaufs einen Großteil der Literaturrecherche. Ebenso kümmerte sich Jürgen Hetzel zum Ende des Projekts um das Refactoring der Android Applikation. Da Benjamin Brandt über eine große Auswahl von Geräten verfügte, übernahm er zusätzlich das Testen der Anwendung.

Über den gesamten Zeitraum der Bearbeitung ist eine enge Zusammenarbeit und gute Kommunikation Grundlage für ein erfolgreiches Umsetzen des Projekts gewesen.

## 2 Motivation (Christopher Althaus)

Sucht man im Internet Nachrichten über das Thema Erdbeben, wird schnell ersichtlich, dass bei nahe jeden Tag ein ernstzunehmendes Erdbeben auftritt. Sucht man weiterhin nach einer zuverlässigen Vorhersage für Erdbeben, stellt man ebenso schnell fest, dass dies zurzeit noch nicht möglich ist.

Mittels der Umsetzung eines verteilten Erdbebenwarnsystems ist die Warnung zwar auch erst möglich, wenn das Erdbeben bereits spürbar ist, da sich Erdbeben jedoch vom Epizentrum aus ausbreiten, können umliegende Bereiche noch von einer Warnung profitieren. Zudem könnten, wie bereits im Abstract beschrieben, Sicherheitsmaßnahmen in Gang gesetzt werden. Für das verteilte Erdbebensystem ist Android als Plattform ausgewählt worden. Dies begründet sich in der großen Verbreitung des Systems, welche momentan bei über 64% weltweit liegt<sup>1</sup>.

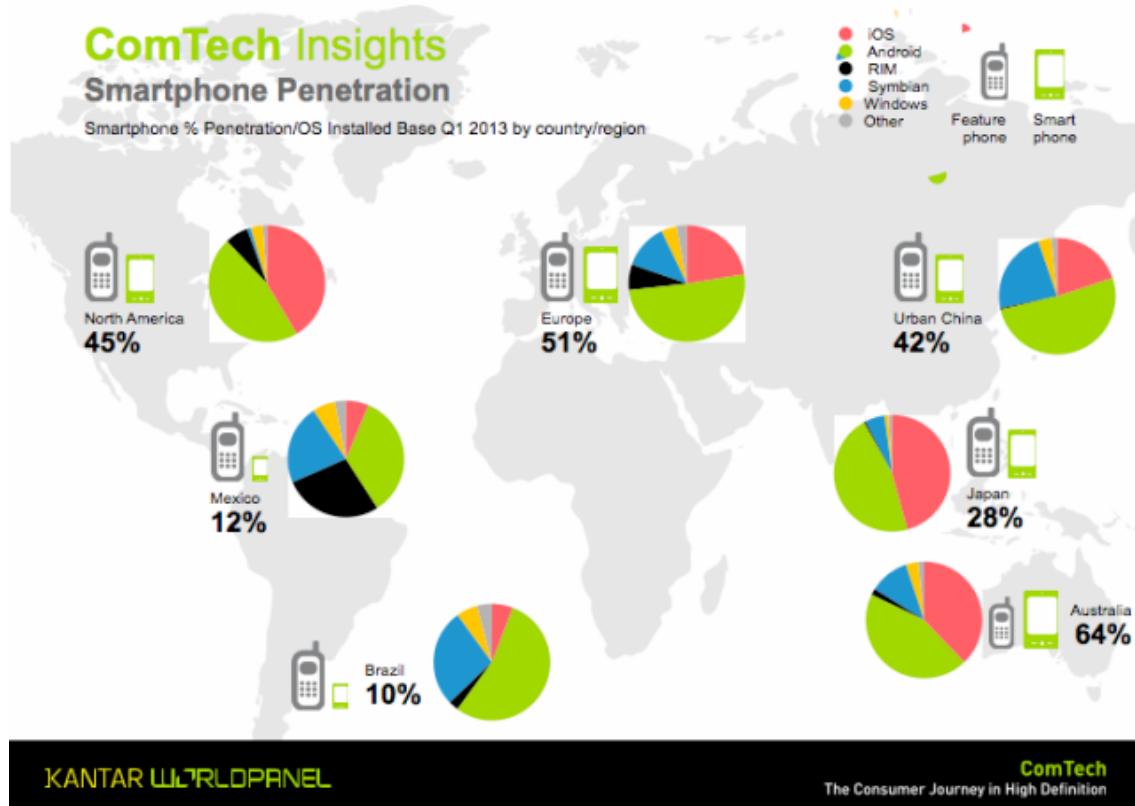


Abbildung 1: Smartphone Betriebssystem-Verbreitung

<sup>1</sup> <http://techcrunch.com/2013/04/28/android-picks-up-the-pace-in-smartphone-sales-over-ios-globally-while-windows-phone-continues-with-modest-gains-says-kantar/>

### 3 System Struktur (Christopher Althaus)

Die Erdbebenerkennung soll über ein verteiltes System erfolgen. Prinzipiell handelt es sich hierbei um ein Client-Server-System, wobei die Android Smartphones die Clients darstellen. Den Teil des Servers soll ein WebService übernehmen. Die die Strukturierung und Kommunikationsbeziehung dieser beiden Komponenten ist in Abbildung 2 dargestellt.

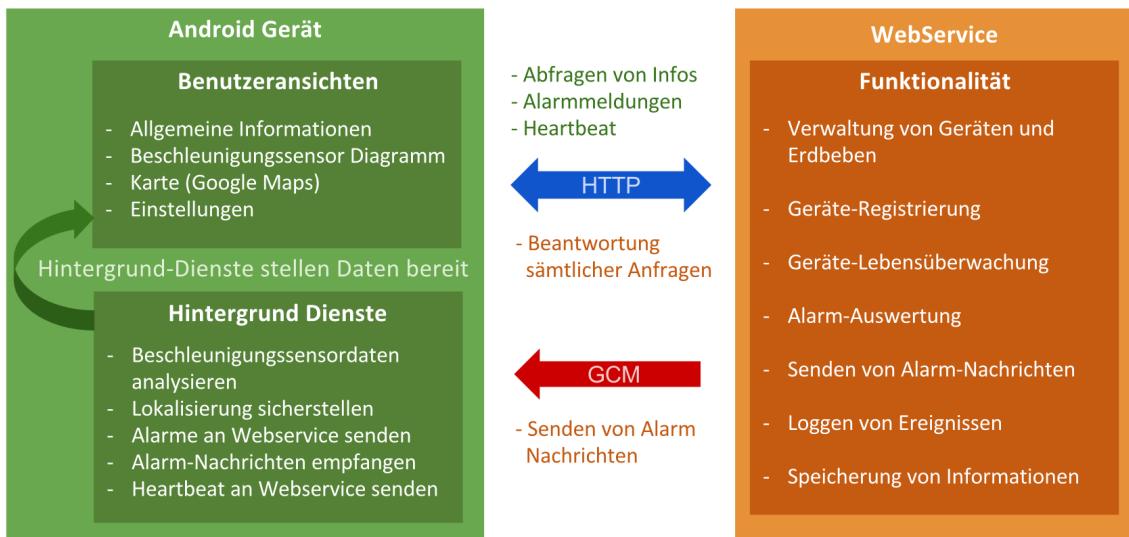


Abbildung 2: Struktur des Projektes

Das rechts dargestellte Android Gerät kann grundlegend in die Benutzeransichten und Hintergrunddienste unterteilt werden.

Die Benutzeransichten stellen dabei den für den Nutzer der App sichtbaren Teil dar. Hierzu gehören zum einen allgemeine Informationen, wie das letzte erkannte Erdbeben oder die Anzahl der verbundenen Geräte. Weiterhin soll dem Nutzer ein Diagramm angezeigt werden, welches die Daten des Beschleunigungssensors anzeigt, um dem Benutzer ersichtlich zu machen, dass die Sensorauswertung funktioniert. Ebenso soll innerhalb der Applikation eine Karte angezeigt werden, welche die verbundenen Geräte und die erkannten Erdbeben für den Nutzer visuell darstellt.

Um die Applikation für den Nutzer anpassbar zu machen, soll ein Einstellungsmenü existieren, in dem beispielsweise die Alarneinstellungen geändert werden können.

Neben diesen sichtbaren Anteilen bedarf es zahlreicher Hintergrundaktivitäten, welche die eigentlichen Aufgaben der Applikation bewerkstelligen. Zu den wohl Wichtigsten zählen hier die Lokalisierung des Gerätes und die Auswertung der Beschleunigungssensordaten. Diese Dienste sollen beim Systemstart des Smartphones automatisch im Hintergrund gestartet werden.

Weitere Aufgaben der im Hintergrund laufenden Dienste sind das Senden von Alarmen an den WebService, falls die Erdbebenerkennung meint, ein Erdbeben erkannt zu haben und das Empfangen und Verarbeiten von Alarm-Nachrichten des Webservices. Ebenso soll die Applikation in regelmäßigen Abständen eine Art Ping an den WebService schicken, damit dieser weiß, welche

Geräte noch aktiv sind.

Da die Hintergrunddienste Daten verwenden, welche auch in den Benutzeransichten benötigt werden, wie beispielsweise die Beschleunigungssensordaten für das Diagramm, sollen diese Daten für die Benutzeransichten bereitgestellt werden und somit nicht doppelt vom System abgefragt werden.

Der in der Abbildung 2 rechts dargestellte WebService dient somit der Verwaltung aller Geräte. Diese Verwaltung soll neben den Geräten auch die gemeldeten Erdbeben umfassen. Zur Verwaltung dieser Informationen soll eine Datenbank benutzt werden.

Die eigentliche Funktionalität aus Sicht des Android Gerätes, welche der WebService bereitstellt, ist die Geräte-Registrierung, die Geräte-Lebensüberwachung und die Alarmauswertung. Die Geräte-Registrierung soll dabei vom Nutzer unbemerkt beim ersten Aufrufen der App geschehen. Die Geräte-Lebensüberwachung dient, wie bereits beschrieben, dazu, dass der WebService Kenntnis darüber hat, welche Geräte noch aktiv sind. Wichtig wird dies bei der Alarmauswertung. Dabei soll nach einem eingehendem Alarm nach dem Mehrheitsprinzip ausgewertet werden, ob es sich um einen Fehlalarm handelt oder nicht. Da jedoch nur Geräte, welche meinen ein Erdbeben erkannt zu haben, eine Meldung an den WebService schicken, ist es wichtig zu wissen, welche Geräte in der Nähe noch aktiv sind, die keine Meldung geschickt haben.

Um in der Entwicklungsphase Fehler schneller erkennen zu können, soll innerhalb des WebService eingehende Ereignisse, wie beispielsweise eine Alarmnachricht eines Gerätes, geloggt werden. Wie in der Abbildung 2 ersichtlich, können das Android Gerät und der WebService mittels einer HTTP Verbindung bidirektional kommunizieren. Innerhalb der Android Anwendung sollen alle Anfragen, Alarmmeldungen und auch die Lebenszeichenüberwachung mittels HTTP an den Service geschickt werden und daraufhin auch mittels HTTP beantwortet werden.

Wie abgebildet, nutzt der WebService zur Alarmierung der Android-Geräte im Falle eines Erdbebens eine Verbindung namens GCM. GCM steht hierbei für Google Cloud Messaging und erlaubt es, Nachrichten an ein Android Gerät zu verschicken, ohne dabei eine extra Verbindung herstellen zu müssen.

## 4 RESTful WebService (Baris Akdag)

Todo.

## 5 User Interface (Niklas Schäfer)

Das User Interface der App besteht aus drei Bereichen:

- Info
- Device Map
- Settings

In der App wurde ein *ViewPager* implementiert, mit welchem es möglich ist der App Fragmente hinzuzufügen, die über Tabs im oberen Bereich der App oder per Wischgesten zu erreichen sind. In den ViewPager wurden ein *Info Screen* und eine *Device Map* integriert. Des Weiteren können über einen Button im oberen rechten Bereich die Einstellungen der App geöffnet werden.

### 5.1 Info

Die App bietet unter dem Tab Info eine Übersicht über die wichtigsten Daten. Im oberen Bereich befindet sich ein Graph, der die Daten des Beschleunigungssensors darstellt. Dabei zeigt er nicht alle Achsen an, die der Beschleunigungssensor ausliest, sondern nur einen Durchschnittswert aller Achsen. Für die Entscheidung nur einen Graph anzusehen, sprechen zwei Gründe. Zum Einen ist ein kontinuierliches Neuzeichnen sehr leistungshungrig, sodass die App auf einem performanceschwachen Gerät ruckeln würde, wenn mehrere Graphen kontinuierlich gezeichnet werden müssten. Zum Anderen kann es für einen Nutzer verwirrend sein, wenn mehrere stark schwankende Graphen dargestellt werden würden. Somit ist ein einzelner Graph eine ansprechendere, übersichtlichere und leistungsschonendere Lösung. Weiterhin kann der Nutzer die Anzahl der momentan verbundenen Geräte ablesen, was gleichzeitig auf die Zuverlässigkeit der Erdbebenerkennung schließen lässt (Stichwort: Mehrheitsentscheid). Darunter befinden sich Informationen zum letzten erfassten Erdbeben, wie Datum, Uhrzeit und Land/Stadt des letzten Bebens. Unter dem letzten Beben befindet sich die aktuelle Position in Form einer vollständigen Adresse. Außerdem wird im unteren Bereich des Screens der momentan genutzte Ortungsdienst und die momentane Genauigkeit des erfassten Standorts angezeigt. (Weitere Informationen zum Ortungsdienst, siehe Kapitel Lokalisierung)



Abbildung 3: Info

## 5.2 Device Map

Da die Quakedetec App durch Mehrheitsentscheidung darauf schließt, ob ein übersendeter Alarm wirklich aus einem Beben resultiert, ist die App natürlich umso verlässlicher, desto mehr Geräte sich in der eigenen Umgebung befinden, die ebenfalls die App nutzen. Daher besitzt die App eine Google Map in der der eigene Standort und sämtliche anderen Nutzer angezeigt werden. Dadurch kann sich der Nutzer einen Überblick verschaffen, ob sich in der eigenen Umgebung weitere Nutzer befinden und die App somit in diesem Gebiet verlässlich arbeitet.

### 5.2.1 Google Map hinzufügen

Um eine Google Map in einem Android Projekt zu verwenden, muss man dem Projekt zuerst die *Google Play Service SDK* hinzufügen. Dazu installiert man das SDK, fügt es als Android Application dem Workspace hinzu und referenziert dieses Projekt als Android Library im eigenen App Projekt. Außerdem muss noch folgender Eintrag im *AndroidManifest.xml* vorgenommen werden:

Listing 1: Google Map AndroidManifest.xml Eintrag

```
1 <meta-data
2     android:name="com.google.android.gms.version"
3     android:value="@integer/google_play_services_version" />
```

Um eine Google Map in einem App Projekt nutzen zu können, benötigt man einen Google Maps API Key. Um diesen zu generieren, ist es notwendig ein API Projekt in der Google API Console anzulegen. Die genaue Vorgehensweise hierzu ist in der Google Maps Dokumentation zu finden. Mit Hilfe dieses Projekts, kann man einen Google Map API Key generieren, indem man dort einen neuen Android Key anlegt und den eigenen SHA-1 Fingerprint des eigenen Android Zertifikats und durch Semikolon getrennt *com.example.android.mapexample* hinzufügt.

Listing 2: Android API Key

```
1 BB:0D:AC:74:D3:21:E1:43:67:71:9B:62:91:AF:A1:66:6E:44:5D:75;com.example.android.mapexample
```

Den Fingerprint kann man mit folgendem Befehl in der Shell unter Linux ausgeben lassen:

Listing 3: Fingerprint Ausgabe

```
1 keytool -list -v -keystore ~/.android/debug.keystore -alias androiddebugkey
  -storepass android -keypass android
```

```

Last login: Sat Dec 14 19:37:45 on ttys000
macbook-nk:~ Niklas$ keytool -list -v -keystore ~/.android/debug.keystore -alias androiddebugkey -storepass android -keypass android
Aliasname: androiddebugkey
Erstellungsdatum: 17.04.2013
Eintragstyp: PrivateKeyEntry
Zertifikatskettenlänge: 1
Zertifikat[1]:
Eigner: CN=Android Debug, O=Android, C=US
Aussteller: CN=Android Debug, O=Android, C=US
Seriennummer: 516dd88a
Gültig von: Wed Apr 17 01:02:34 CEST 2013 bis: Fri Apr 10 01:02:34 CEST 2043
Digitaler Fingerabdruck des Zertifikats:
MD5: 99:D6:29:E4:81:7C:52:E0:3D:AE:A5:1D:AE:84:75:2A
SHA1: B5:A8:D3:C4:A3:F5:08:E0:5C:96:AF:C9:76:EC:BA:7F:2B:7F:B8:DB
Unterschrift-Algorithmusname: SHA1withRSA
Version: 3
macbook-nk:~ Niklas$ 
```

Abbildung 4: SHA-1 Fingerprint

Hat man einen Android Key nach dieser Vorgehensweise angelegt, bekommt man einen Google Maps API Key.

Listing 4: Google Map API Key

```
1 AIzaSyBdVl-cTICSwYKrZ95SuvNw7dbMuDt1KG0
```

Dieser muss der App *AndroidManifest.xml* hinzugefügt werden.

Listing 5: Google Map API Key hinzufügen

```
1 <meta-data
2   android:name="com.google.android.maps.v2.API_KEY"
3   android:value="AIzaSyBdVl-cTICSwYKrZ95SuvNw7dbMuDt1KG0"/>
```

Der letzte Schritt besteht darin ein *SupportMapFragment* der entsprechenden Android Activity hinzuzufügen und die Map wird dargestellt.

Listing 6: SupportMapFragment hinzufügen

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <fragment xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
3   android:id="@+id/map"
4   android:layout_width="match_parent"
5   android:layout_height="match_parent"
6   android:name="com.google.android.gms.maps.SupportMapFragment"/>
```

### 5.2.2 User Interface

Die Google Map ist im Tab *Karte* zu finden. Sobald man den Tab öffnet, wird die Ansicht auf die eigene Position gesetzt. Die eigene Position wird durch einen blauen Marker dargestellt. Tippt man diesen Marker an, öffnet sich ein Kontextmenü, welches die letzte Positionsaktualisierung und die Genauigkeit des Standortorts anzeigt. Auf der Map gibt es drei User Interface Elemente. Im rechten oberen Abschnitt befindet sich ein Button, der die Kamera zur eigenen Position führt. Wenn sich der Nutzer per Touchgesten durch die Map bewegt hat, kann er sich mit Hilfe dieses Buttons zurück zu seiner Position navigieren lassen. Am rechten unteren Rand hat der Benutzer die Möglichkeit in die Map hinein und heraus zu zoomen.



Abbildung 5: Map

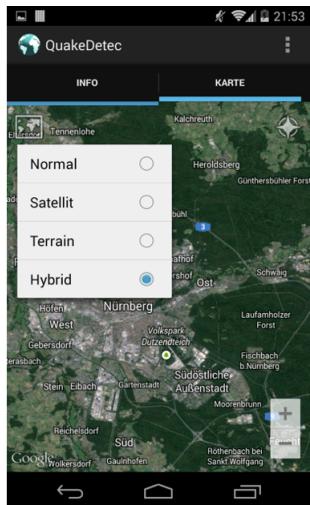


Abbildung 6: Map Types

Am linken oberen Rand ist ein Button zu finden, der die Möglichkeit bietet, die Ansicht der Karte zu ändern. Man kann zwischen *Normal*, *Satellit*, *Terrain* und *Hybrid* wählen. Der Button für den Zoom ist in der Google Map API enthalten. Die Buttons für die Ansicht und den eigenen Standort wurden eigenständig als Layout über die Google Map gelegt. Dies ist notwendig, da es in der API keine Funktion gibt eine Möglichkeit für den Ansichtswechsel darzustellen. Die Funktion die Kamera auf den eigenen Standort zu bewegen, ist zwar enthalten, hat aber ungewünschte Nebeneffekte.

Um diese Funktion zu aktivieren, gibt es folgenden Methodenaufruf in der API:

```
1     googleMap.setMyLocationEnabled(true);
```

Dieser Aufruf bewirkt allerdings nicht nur, dass ein Button sichtbar wird, der die Kamera auf den eigenen Standort bewegt, sondern auch, dass die Google Map eigenständig Positionsdaten über die Smartphone Sensoren abruft. Zum einen steigt dadurch der Akkuverbrauch, weil die Map auf alle verfügbaren Sensoren kontinuierlich zugreift und außerdem hätte man dann zwei unterschiedliche Standorte. Zum einen den, den die App selbst abruft und zum anderen den den die Google Map abruft. Somit würde in der Google Map ein anderer Standort angezeigt werden als der Standort, der in der Info Übersicht angezeigt wird. Um diese ungewünschten Nebeneffekte zu vermeiden, musste diese Funktion deaktiviert und neu nach den Ansprüchen der App implementiert werden.

### 5.2.3 Android Maps Extensions

Die Google Map API hat ein sehr starkes Performanceproblem, wenn auf der Map eine hohe Anzahl von Markern angezeigt wird. In einer Größenordnung ab ca. 100000 Markern auf der Map fängt sie sehr stark an zu Ruckeln und friert teilweise ein. Daher wurde eine Library benutzt, die der Map eine Clustering Funktion hinzufügt. Diese Library ersetzt die Google Play Services Library und kann gleichwertig genutzt werden. Clustering bedeutet, dass Marker je nach Zoom Level gebündelt oder wieder entbündelt werden. Je mehr man aus der Map herauszoomt, desto mehr Punkte werden gebündelt. Zoomt man wieder in die Map herein, werden sie wieder entbündelt. Dadurch wird immer eine kleine Anzahl an Markern dargestellt und die Performance bleibt stabil auf einem guten Niveau. Die gebündelten Punkte zeigen die Anzahl der zusammengefassten Punkte an.

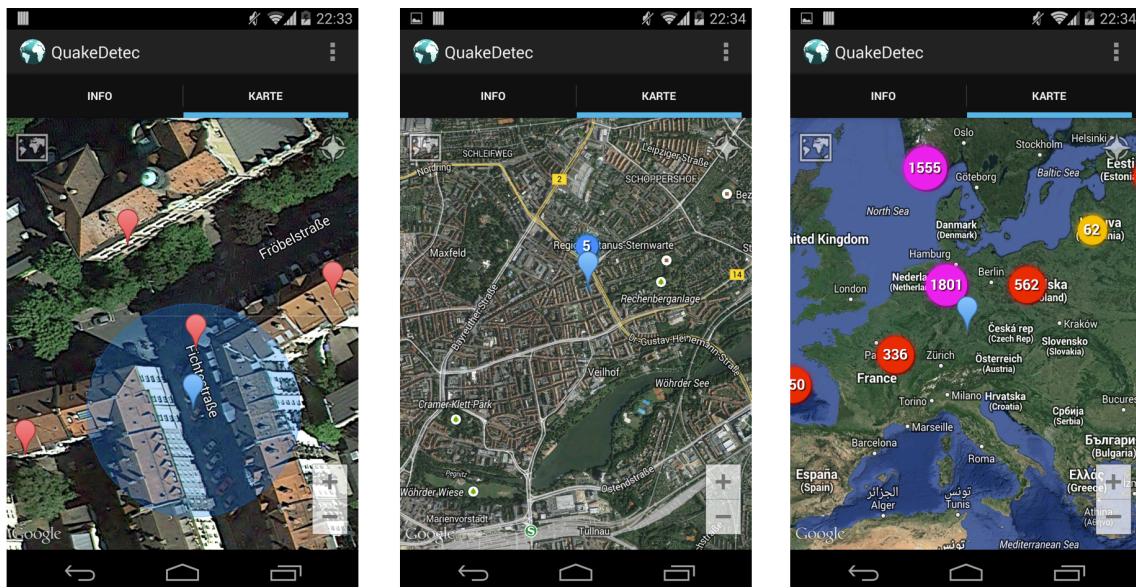


Abbildung 7: Android Maps Extensions

### 5.2.4 Klassendiagramm DeviceMap

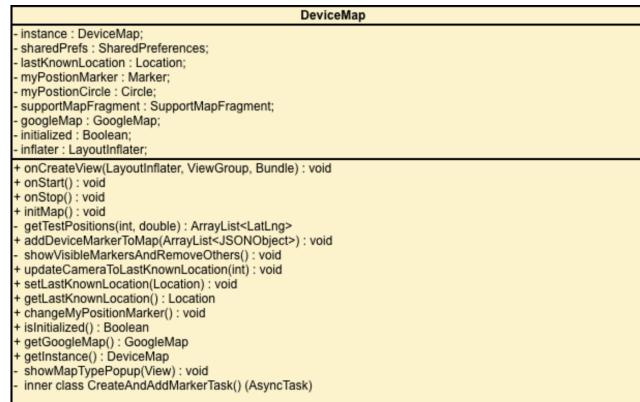


Abbildung 8: Klassendiagramm Device Map

### 5.2.5 Zukünftige Implementierung

Bei der aktuellen Implementierung kommen schnell Fragen zum Datenschutz auf. Zwar werden keine Informationen über andere angezeigte Geräte herausgegeben, aber wenn sich eine geringe Anzahl an anderen Geräten in der Umgebung befinden, kann man ohne weiteres ein Bewegungsprofil erkennen. Wenn der Nutzer vielleicht sogar weiß, um wen es sich beim angezeigten Nutzer handelt (bspw. ein Freund der ebenfalls die App nutzt), ist dies Datenschutztechnisch sehr bedenklich. Daher sollen die Daten der anderen Geräte schon auf dem Server zusammengefasst werden und nur in zusammengefasster Form an die App ausgeliefert werden. Dazu soll ein gedachtes Raster über die Map gelegt werden. In jedem Rasterfeld werden alle Geräte zusammengefasst. Der zusammengefasste Punkt bekommt dann die Koordinaten, die sich im Mittelpunkt des Rasters befinden. An die App werden dann nur die gebündelten Punkte, Anzahl der Geräte jedes gebündelten Punktes und die Rastergröße weitergeleitet. Somit werden auf der Map keine genauen Punkte mehr angezeigt. Es weiterhin ein blauer durchsichtiger Kreis um die Punkte gelegt, der der Größe eines Rasterfeldes entspricht. Dadurch ist genau erkennbar, wie viele Geräte sich in einem bestimmten Gebiet befinden, ohne dass man Bewegungsprofile eines Gerätes erkennen kann. Die Berechnung der gebündelten Standortdaten wird auf dem Server in bestimmten Zeitabständen durchgeführt und gecached, was dem Datenschutz durch die zeitverzögerten Daten ebenfalls zuträglich ist. Da die Berechnung auf dem Server stattfindet, werden keine genauen Standortdaten mehr zwischen Server und App übertragen, wodurch ein abgreifen der Standortdaten aus den http-Requests ebenfalls unterbunden wird. Bei dieser Implementierung wird die Rastergröße und das Berechnungsintervall frei konfigurierbar sein.

## 5.3 Settings

Im Hauptbereich der App befindet sich in der oberen rechten Ecke ein Button über welchen die Einstellungen der App erreichbar sind. Dort kann der Nutzer Einstellungen der App vornehmen. Er hat beispielsweise die Möglichkeit die Standardeinstellung für den Map Type der Device Map zu ändern. Man kann wählen zwischen den Typen *Normal*, *Terrain*, *Hybrid* und *Satellite*. Weiterhin gibt es die Möglichkeit die Notifications anzupassen. Es können jeweils Ton, Vibration und LED aktiviert/deaktiviert werden. Diese Einstellung wirkt sich auf sämtliche Notifications aus, die mit der App in Verbindung stehen, z.B. Erdbebenwarnung, deaktivierte Standortbestimmung. In der aktuellen Version befinden sich noch Einstellungen für den Server (IP und Port). Diese dienen dem Debugging und werden entfernt sobald die App veröffentlicht wird. Der letzte Punkt *Zurücksetzen* bietet dem Nutzer die Möglichkeit, die gesetzten Einstellungen wieder auf die Standardeinstellungen zurückzusetzen.

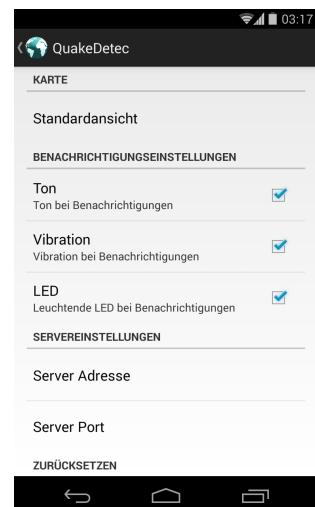


Abbildung 9: Settings

## 6 Erdbebenerkennung unter Android (Christopher Althaus)

Die Erdbebenerkennung innerhalb von Android ist ein wesentlicher Bestandteil des gesamten Systems. Die Realisierung folgt dabei im wesentlichen zwei Grundprinzipien. Zum einen soll die Empfindlichkeit bewusst hoch sein, zum anderen soll der Akkuverbrauch so gering wie möglich gehalten werden.

Die hohe Empfindlichkeit ist darin begründet, dass es besser ist einen Fehlalarm auszulösen, als ein reales Erdbeben nicht als solches zu erkennen. Der möglichst geringe Akkuverbrauch ist der Benutzerakzeptanz der Anwendung zuzuschreiben. Kein Anwender möchte eine Software installieren, welche den Akku in kürzester Zeit leert. Um den Akkuverbrauch gering zu halten, bedarf es somit eines möglichst einfach aufgebautem Erkennungsalgorithmus für Erdbeben.

### 6.1 Abfragen der Sensordaten unter Android

Innerhalb der Android Anwendung werden die Sensordaten in einem Service im Hintergrund abgefragt. Dieser Service nutzt dazu den sogenannten *SensorManager* aus dem *android.hardware* Paket. Mittels des *SensorManagers* ist es möglich, auf alle Sensoren eines Android Gerätes zuzugreifen. Daraufhin wird ein neuer Sensor vom Typ *Accelerometer* angelegt, welcher daraufhin im *SensorManager* registriert werden kann. Im Listing 7 ist der dafür nötige Code aufgeführt.

Listing 7: Abfragen der Sensordaten unter Android

```
1 public final String ACCEL_SAMPLE = "com.th.nuernberg.quakedetec.ACCEL_SAMPLE";
2 public final String ACCEL_SAMPLE_KEY = "ACCELERATION_SAMPLE";
3 SensorManager sensManager = getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
4 Sensor accel = sensManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER);
5 sensManager.registerListener(sensListener, accel, SensorManagerSENSOR_DELAY_UI);
6
7 private final SensorEventListener sensListener = new SensorEventListener() {
8     public void onSensorChanged(SensorEvent e) {
9         float x = e.values[0];
10        float y = e.values[1];
11        float z = e.values[2];
12        long t = System.currentTimeMillis();
13        AccelSample accelSample = new AccelSample(x, y, z, t);
14        broadcastSingleSample(accelSample);
15    }
16};
17
18
```

```

19 protected void broadcastSingleSample(AccelSample sample) {
20     Intent intent = new Intent(ACCEL_SAMPLE);
21     intent.putExtra(ACCEL_SAMPLE_KEY, (Parcelable) sample);
22     sendBroadcast(intent);
23 }

```

Zunächst wird, wie bereits geschrieben, der *SensorManager* und die Variable *accel* vom Typ *Sensor* als Beschleunigungssensor initialisiert. Daraufhin wird mittels des *SensorManagers* ein *SensorEventListener* namens *sensListener* für den angelegten Beschleunigungssensor registriert. Dieser *SensorEventListener* wird daraufhin bei jedem Event des Beschleunigungssensor aufgerufen. Beim Registrieren des Sensors wird zudem die Aktualisierungsrate mit angegeben. Diese ist momentan auf den Wert *SENSOR\_DELAY\_UI* eingestellt, was einer eher mittleren Aktualisierungsrate entspricht. Würde die Rate jedoch höher gesetzt werden, würde dies den Akkuverbrauch in die Höhe treiben. Die nächst niedrigere Stufe wäre *SENSOR\_DELAY\_NORMAL*. Sie wird innerhalb von Android zur Displayausrichtung genutzt und hat somit eine zu langsame Aktualisierungsrate, dass sie zur Erkennung von Erdbeben nicht geeignet wäre.

Im *SensorEventListener* werden nun die aktuellen Sensorwerte entgegengenommen. Dabei handelt es sich um die Beschleunigungswerte der X-, Y- und Z-Achse. Die Sensordaten werden nun zusammen mit der aktuellen Systemzeit in einer Variable vom Typ *AccelSample* gespeichert. Diese Klasse dient lediglich dazu, die Sensordaten eines Zeitpunktes innerhalb des Systems mittels eines Broadcasts zu verbreiten. Dieser Broadcast wird von der Methode *broadcastSingleSample* ausgelöst.

Prinzipiell könnte auch innerhalb des *SensorEventListeners* die Auswertung der Beschleunigungssensordaten stattfinden. Da jedoch neben der Erdbebenerkennung auch das Diagramm, welches der Nutzer innerhalb der App sieht, diese Daten benötigt, ist es der übliche Weg, einmal innerhalb einer Applikation die Daten vom Sensor anzufragen und daraufhin innerhalb der Anwendung diese Daten mittels eines Broadcast zu verteilen.

Wie in der Implementierung der *broadcastSingleSample* Methode zu sehen, wird innerhalb dieser Methode ein Intent angelegt. Intents werden vom Android Betriebssystem für den asynchronen Austausch von Nachrichten verwendet. Dem angelegten Intent wird dabei der String *ACCEL\_SAMPLE* als Argument übergeben. Hierbei handelt es sich um eine Art Schlüssel für die auszuführende Aktion des Intents, welcher später dazu benutzt werden kann, Intents dieses Schlüssels abzufangen und zu verwenden. Ebenso werden dem Intent die Beschleunigungssensordaten angehangen. Dies geschieht mittels einer Key/Value Angabe. Dabei ist der String *ACCEL\_SAMPLE\_KEY* der Schlüssel für die übergebenen Beschleunigungssensordaten der Variable *sample*. Mittels des hier angegebenen Schlüssels können Empfänger dieses Intents, die Daten, welche ihm hinzugefügt worden sind, zweifelsfrei zuordnen. Zum Ende der Methode wird das Intent als Broadcast verschickt.

Möchte nun eine Activity oder ein anderer Service auf die Daten des Intents zugreifen, wird ein Broadcast-Receiver benötigt, welcher auf Intents mit dem Schlüssel aus der Variable *AC-*

*ACCEL\_SAMPLE* wartet. Eine beispielhafte Implementierung eines solchen Broadcast-Receivers ist dabei im nachfolgenden Listing 8 dargestellt.

Listing 8: Broadcast-Receiver zum Auslesen der Beschleunigungssensordaten

```

1 private class AccelerationBroadcastReceiver extends BroadcastReceiver {
2
3     @Override
4
5     public void onReceive(Context context, Intent intent) {
6
7         if (intent.getAction().equals(Accelerometer.ACCEL_SAMPLE)) {
8
9             AccelSample sample =
10
11                 intent.getParcelableExtra(Accelerometer.ACCEL_SAMPLE_KEY);
12
13             if (sample != null) {
14
15                 //Erdbebenauswertung
16
17             }
18
19         }
20
21     }
22 }
```

Wie im Quellcodeauszug ersichtlich, empfängt ein Broadcast-Receiver zunächst jegliche auftretende Intents. Jedoch kann unter der Verwendung des Schlüssels, welcher dem Intent zugewiesen worden ist, jedes eingehende Intent dahingehend überprüft werden, ob es sich um das gefragte Intent handelt oder nicht. Ist dies der Fall, so können die dem Intent angehangenen Daten ausgelesen werden. Hierzu wird der Schlüssel verwendet, welcher dem angehangenen Inhalt zugewiesen worden ist. In diesem Fall also der Wert von *ACCEL\_SAMPLE\_KEY*, der Klasse *Accelerometer*. Mit dem ausgelesenen Wert des Intents stehen nun im Broadcast-Receiver die Beschleunigungswerte eines einzelnen Zeitpunktes zur Verfügung. Somit können diese für die Erdbebenauswertung genutzt werden, welche im folgenden erläutert werden soll.

## 6.2 Erdbebenauswertung

Wie bereits erwähnt, soll der zur Auswertung benutzte Algorithmus möglichst ressourcenschonend implementiert werden. Deshalb ist gleich zu Beginn der Implementierung beschlossen worden, dass die Erkennung nicht alle drei Achsen (X, Y, Z) auswerten soll, sondern den Betrag aller Beschleunigungen.

Prinzipiell kann man sich die vom Beschleunigungssensor erhaltenen Werte als Vektoren vorstellen, welche einen rechtwinkligen Raum aufspannen. Möchte man nun den Betragswert dieser Vektoren bestimmen, genügt es, die Raumdiagonale  $r$  dieses Raumes zu berechnen. Diese kann mit der Formel  $|r| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$  berechnet werden. Die Formel beruht dabei auf dem Satz des Pythagoras. Zunächst wird dabei die Diagonale der Grundfläche, welche durch zwei Achsen aufgespannt wird, berechnet ( $d = \sqrt{x^2 + y^2}$ ). Daraufhin wird der Satz des Pythagoras ein erneutes Mal auf die ver-

bleibende Achse angewendet ( $|r| = \sqrt{d^2 + z^2}$ ). Durch das Quadrieren von  $d$  fällt dessen Wurzel weg, womit sich die oben genannte Formel ergibt.

Da auf der Erde stets eine Erdanziehungskraft von etwa  $9,81 \frac{m}{s^2}$  wirkt, liegt der berechnete Betragswert der Beschleunigung bei einem still liegendem Gerät stets bei etwa  $9,81 \frac{m}{s^2}$ . Um die Erkennung von Beschleunigungsänderungen zu vereinfachen, ist deshalb entschieden worden, die Erdbeschleunigung vom Betragswert abzuziehen. Auf diese Weise ergibt sich letztendlich die Formel  $|a| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} - 9,81 \frac{m}{s^2}$  zur Berechnung der betragsmäßigen Beschleunigung des Gerätes. Wird nun das Gerät bewegt, ergeben sich Ausschläge um den Nullpunkt herum, wie in Abbildung 10 dargestellt.



Abbildung 10: Beschleunigungssignal nach der Zusammenfassung

Die dargestellten Ausschläge sind eine Aufzeichnung des Beschleunigungssignals, während das Gerät mit erdbebenartigen Schlägen bewegt worden ist. Durch die Rüttelbewegung des Gerätes wirkt darauf abwechselnd eine Beschleunigung in Richtung der Erdanziehung, wodurch ein positiver Ausschlag entsteht und daraufhin eine Beschleunigung entgegengesetzt der Erdanziehung. Dadurch wird die Erdanziehung aufgehoben und es entsteht ein negativer Ausschlag.

Da bei Erdbeben in kurzer Zeit eine hohe Anzahl von Schlägen auf das Gerät einwirken, ist es in Anbetracht dieser Tatsachen möglich, das Beschleunigungssignal mittels der Zählung von Nulldurchläufen des Signals auf erdbebenartige Schläge hin zu untersuchen.

Durch die Empfindlichkeit des Beschleunigungssensor sind jedoch auch in einer absoluten Ruheposition des Gerätes stets Nulldurchläufe des Signals messbar. Daher ist es notwendig, erst Signalwerte, die über einem gewissen Schwellwert liegen, als Nulldurchläufe zu zählen. Dieser Umstand soll in der folgenden Abbildung 11 verdeutlicht werden.



Abbildung 11: Beschleunigungssignal mit Schwellwerten

Die grünen Linien innerhalb des Diagramms sind dabei die definierten Schwellwerte. Hierzu ist in der Implementierung ein Wert von  $\pm 0,5 \frac{m}{s^2}$  gewählt worden. Wie im Diagramm ersichtlich, stellt

dieser Schwellwert bei wahrnehmbaren Erschütterungen keinerlei Einschränkung dar und filtert zuverlässig kleinere Signalstörungen heraus.

Die eigentliche Erkennung von Erdbeben gestaltet sich nun denkbar einfach und somit auch ressourcenschonend. Für die eigentliche Signalanalysierung werden lediglich zwei Variablen benötigt. Eine Variable legt dabei fest, ob der letzte Signalwert positiv oder negativ war. Die zweite Variable wird bei jedem Signalwechsel von positiv auf negativ erhöht. Betrachtet man diese Auswerte-methode anhand des verwendeten Signalverlaufs der vorherigen Abbildungen, so ergibt sich ein Auswerteergebnis, welches in Abbildung 12 dargestellt ist.

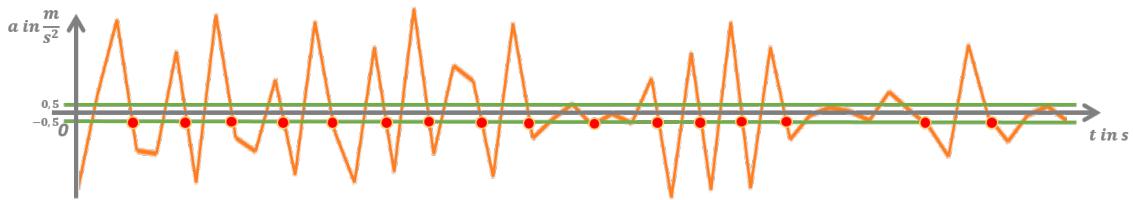


Abbildung 12: Beschleunigungssignal mit Nulldurchläufen analysiert

Jede rote Markierung des Signals steht hierbei für einen Signalwechsel. Wie ersichtlich, ergibt sich somit für jeden einzelnen Ausschlag eine Markierung. Zum Ende des Signals wird dabei auch die Filterung mittels der Schwellwerte deutlich. Hier erreicht ein Signalwechsel diesen Schwellwert nicht und wird deshalb auch nicht mitgezählt.

Zur Erkennung von Erdbeben wird nun in einem bestimmten Zeitrahmen die Anzahl dieser Signalwechsel gezählt. In der momentanen Implementierung wird dazu ein Zeitraum von fünf Sekunden ausgelöst.

Nachfolgend soll die Implementierung in Java erläutert werden. Im Listing 9 sind hierzu die benötigten globalen Variablen aufgeführt.

Listing 9: Globale Variablen der Erbebenerkennung

```

1 private boolean signalGreaterZero = true;
2 private int signalChangeCount = 0;
3 private long analyseTimeSpan = System.currentTimeMillis();
4 private int accelfreq = 0;
```

Die Variable *signalGreaterZero* speichert jeweils für den letzten Signalwert, ob dieser positiv oder negativ war. Die Variable *signalChangeCount* ist für die Zählung der Signalwechsel verantwortlich. In der Variable *analyseTimeSpan* dient zur Speicherung der Systemzeit, um alle fünf Sekunden eine Auswertung zu machen. Die Variable *acceFreq* dient dem Auswerten der Frequenz des Beschleunigungssensor. Dieser Umstand wird nachfolgend noch genauer erläutert.

Anschließend soll die eigentliche Signalauswertung erklärt werden. Dazu ist zunächst, wie bereits beschrieben, die Zählung der Signalwechsel nötig. Die dafür notwendige Implementierung ist im

nachfolgendem Listing 10 aufgeführt.

Listing 10: Implementierung der Erdbebenerkennung

```
1 AccelSample sample = intent.getParcelableExtra(Accelerometer.ACCEL_SAMPLE_KEY);  
2     if (sample != null) {  
3         if (sample.abs < -0.5 && signalGreaterZero) {  
4             signalChangeCount++;  
5             signalGreaterZero = false;  
6         } else if (sample.abs > 0.5)  
7             signalGreaterZero = true;  
8     ...  
9 }
```

Wie im Auszug ersichtlich, ist die Zählung der Signalwechsel mittels des Beschleunigungssensorwertes aus dem Intent des bereits beschriebenen Broadcast-Receiver implementiert. In der Abfrage wird zunächst überprüft, ob der Wert des Sensors größer ist, als der vorgegebene Schwellwert von  $+/- 0.5 \frac{m}{s^2}$ . Ist dies der Fall, wird überprüft ob ein Vorzeichenwechsel des Signals stattgefunden hat. Ist dies der Fall, wird beim Vorzeichenwechsel von positiv zu negativ die Variable *signalChangeCounter* erhöht und das neue Vorzeichen mittels der Variable *signalGreaterZero* gespeichert. Nachdem nun die Nulldurchläufe gezählt werden, wird eine Auswertung der gezählten Durchläufe in einem bestimmten Zeitrahmen benötigt. Diese wird im nachfolgenden Listing 11 erläutert.

Listing 11: Analyse der gezählten Nulldurchläufe

```
1 if (System.currentTimeMillis() - analyseTimeSpan > 5000) {  
2     double alarmRatio = 0;  
3     if(signalChangeCount != 0)  
4         alarmRatio = (double)signalChangeCount/(double)accelFreq * 100.0;  
5         //Alarmauswertung abhängig von der Frequenz  
6         double alarmFrequRel = accelFreq * 0.01 + 0.5;  
7         alarmRatio = alarmRatio * alarmFrequRel;  
8  
9     if (alarmRatio > 25)  
10         sendAlarmToServer();  
11  
12     analyseTimeSpan = System.currentTimeMillis();  
13     accelFreq = 0;  
14     signalChangeCount = 0;  
15 }  
16 accelFreq++;
```

Die Analyse der gezählten Signalwechsel wird dabei alle fünf Sekunden ausgeführt. Dazu wird die Variable *analyseTimeSpan*, welche den Zeitpunkt der letzten Analyse abspeichert, bei jedem Aufruf des Broadcast-Receivevers mit der aktuellen Systemzeit verglichen. Nachdem eine Zeitspanne von über fünf Sekunden vergangen ist, wird die Analyse gestartet.

Wie ersichtlich, reicht es nicht aus, lediglich die Anzahl der gezählten Spitzen zur Auswertung heranzuziehen. Das liegt daran, dass der Sensor innerhalb von Android keine gleichbleibende Frequenz besitzt und sich zudem die Frequenz von Gerät zu Gerät massiv unterscheiden kann. Die Frequenz der Sensoren reicht dabei von 2 Hz bis hin zu 50 Hz. Da bei einer Frequenz von 2 Hz innerhalb von fünf Sekunden lediglich 10 Messwerte verfügbar sind, ist hier eine zuverlässige Erkennung kaum möglich. Für die Auswertung wird deshalb eine Frequenz von 10 Hz als optimal angesehen und Frequenzen, die darüber oder darunter liegen dementsprechend mittels der Berechnung der Variable *alarmFrequRel* angepasst. Die Auswahl der Frequenz von 10 Hz als Referenz begründet sich vor allem dadurch, dass sich während der Implementierung herausgestellt hat, dass die meisten Geräte den Beschleunigungssensor durchschnittlich mit dieser Frequenz aktualisieren. Anhand dieser Referenzfrequenz ist definiert worden, dass ab einem Verhältnis der gemessenen Signalwechsel zu den gesamten gemessenen Werten von größer 25% ein Alarm ausgelöst werden soll. Da bei einer höheren Frequenz die Messwerte eines einzelnen Signalwechsels deutlich zunehmen, muss hier die Gewichtung von gemessenen Signalwechseln zu gemessenen Messwerten erhöht werden. Ist die Frequenz langsamer als 10 Hz, wird die Gewichtung der Signalwechsel dementsprechend reduziert. Ist die Variable *alarmRatio* größer als 25, wird mittels der Methode *sendAlarmToServer* ein Alarm an den Server geschickt. Nach der Auswertung werden allezählenden Variablen wieder zurückgesetzt und der Zeitpunkt der Analyse in der Variable *analyseTimeSpan* vermerkt, um nach fünf Sekunden erneut eine Analyse starten zu können.

Insgesamt sind die Parameter der Analyse während der Testphase stets angepasst worden und lösen nun bei allen zur Verfügung stehenden Testgeräten mit einer annähernd gleichen Empfindlichkeit einen Alarm aus.

## 7 Lokalisierung (Niklas Schäfer)

### 7.1 Einleitung

Essentiell für die Auswertung eines Erdbebens mit Smartphones ist die Lokalisierung. Empfängt der Server Alarme von Smartphones, ist es notwendig, dass er unter anderem auch die Standortdaten von der App geliefert bekommt. Zum einen benötigt man eine Lokalisierung um feststellen zu können wo sich das Beben befindet und zum Anderen muss der Server anhand der Standorte der empfangenen Alarme auswerten können, ob es sich um einen korrekten Alarm oder einen Fehlalarm handelt. Zum Beispiel ist es möglich, dass das Fahren in einem Bus den Beschleunigungssensor Bewegungen wahrnehmen lässt, die einem Erdbeben ähnlich sind, sodass die App von einem Erdbeben ausgehen muss und einen Alarm an den Server sendet. Da der Server bei Alarmen immer durch Mehrheitsentscheidung urteilt, könnte es passieren, dass er auf ein Erdbeben schließt, wenn mehrere Personen in einem Bus fahren. Daher muss gewährleistet werden, dass es mindestens einen Alarm gibt, der einen bestimmten Mindestabstand zu den betreffenden anderen Alarmen hat.

### 7.2 Location Provider des Android-Systems

Im Android System gibt es drei unterschiedliche Location Provider (Verfahren und Sensoren die einen Standort bestimmen können), die Positionsdaten eines Android Smartphones liefern können:

- PASSIVE
- NETWORK
- GPS

#### 7.2.1 PASSIVE

Der Location Provider PASSIVE initialisiert keinen Zugriff auf einen der vorhandenen Sensoren des Smartphones. Er nutzt lediglich den zuletzt abgerufenen Standort, der sich noch im Speicher des Android Systems befindet. Das heisst, dass er nur den Standort liefert, der von irgendeiner anderen App oder dem Android System selbst zu irgendeinem Zeitpunkt über die Location Provider NETWORK oder GPS abgerufen worden ist. Der Vorteil des PASSIVE Providers liegt darin, dass er keinen Sensor abfragen muss, sondern lediglich den Speicher ausliest und daher sehr stromsparend fungiert. Für die Quakedetec App ist er allerdings nicht sinnvoll verwendbar, da man keinen ausreichend aktuellen Standort erhält. Es ist beispielsweise möglich, dass die letzte Sensorabfrage schon sehr lange zurück liegt und der Standort veraltet ist. Somit wäre eine Erdbebenlokalisierung fehlerhaft.

### 7.2.2 NETWORK

Der Location Provider NETWORK findet Positionsdaten mit Hilfe von WLAN-Netzwerken und der Mobilfunkzelle ("Mobilfunkmast"). Um über WLAN-Netzwerke Geräte lokalisieren zu können, pflegt Google eine Datenbank, die WLAN-Netzwerke mit Standortdaten verknüpft. Anfangs geschah dies mit Hilfe des Google Fahrzeugs, welches hauptsächlich zur Datenerfassung für Google StreetView in vielen Städten unterwegs war. Hierbei erfasste dieses Fahrzeug auch WLAN-Netze und verknüpfte deren MAC-Adresse mit den GPS Daten des Fahrzeugs. Natürlich sind solche Daten schnell veraltet, weshalb Google weiterhin Android Smartphones nutzt um die Daten aktuell zu halten und neue WLAN-Netze in die Datenbank aufzunehmen. Android Smartphones übermitteln dabei ihren GPS Standort zusammen mit den MAC IDs der sichtbaren WLAN Netzwerke in ihrer Umgebung an Google. Dabei wird auch die Signalstärke der WLAN-Netzwerke berücksichtigt um den Standort des WLAN-Netzwerks noch genauer ermitteln zu können. Um einen Standort über den NETWORK Provider abzurufen, sendet das Smartphone einen *Request* an Google. In diesem *Request* sind die MAC IDs und Signalstärken der WLAN-Netze enthalten, die gerade für das Smartphone sichtbar sind. Es werden alle WLAN Netze und deren Signalstärken von Google benötigt um einen noch genaueren Standort bestimmen zu können. Würde man nur das verbundene WLAN übermitteln, könnte man nur den Standort des einzelnen WLAN Netzes zur Ermittlung des Standorts des Gerätes verwenden. Hat dieses WLAN Netz eine hohe Signalstärke, sodass es in einem Radius von mehreren hundert Metern empfangbar ist, wäre der Standort auch nur auf mehrere hundert Meter genau. Bezieht man aber mehrere WLAN Netzwerke mit ein, kann man durch die Überschneidungen der Netze den Standort wesentlich genauer bestimmen.

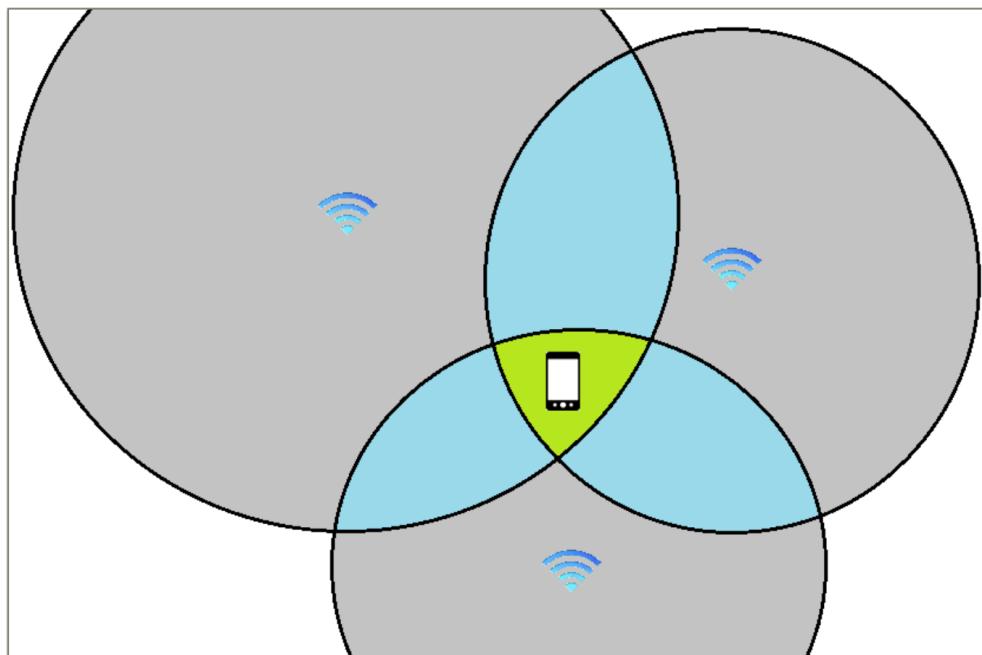


Abbildung 13: Lokalisierung mit NETWORK Provider

In Abbildung 13 ist die Funktionsweise dieser Lokalisierungstechnik skizzenhaft dargestellt. Ist am Standort allerdings nur ein WLAN Netzwerk sichtbar, bezieht Google zum Teil die Signalstärke mit ein, wodurch auch in diesem Fall die Genauigkeit noch ein wenig verbessert wird. Wurde der Request vom Smartphone an den Google Server übergeben, werden anhand der gesendeten MAC IDs die verfügbaren Standorte der umgebenen WLAN Netze aus der Google Datenbank entnommen. Daraufhin wird ein Standort mit der beschriebenen Funktionsweise ermittelt (Überschneidungen) und an das Smartphone zurückgesendet. Die Antwort vom Google Server beinhaltet den Längen- und Breitengrad und die Genauigkeit des gelieferten Standorts. Die Genauigkeit dieses Verfahrens liegt erfahrungsgemäß zwischen 15-100m.

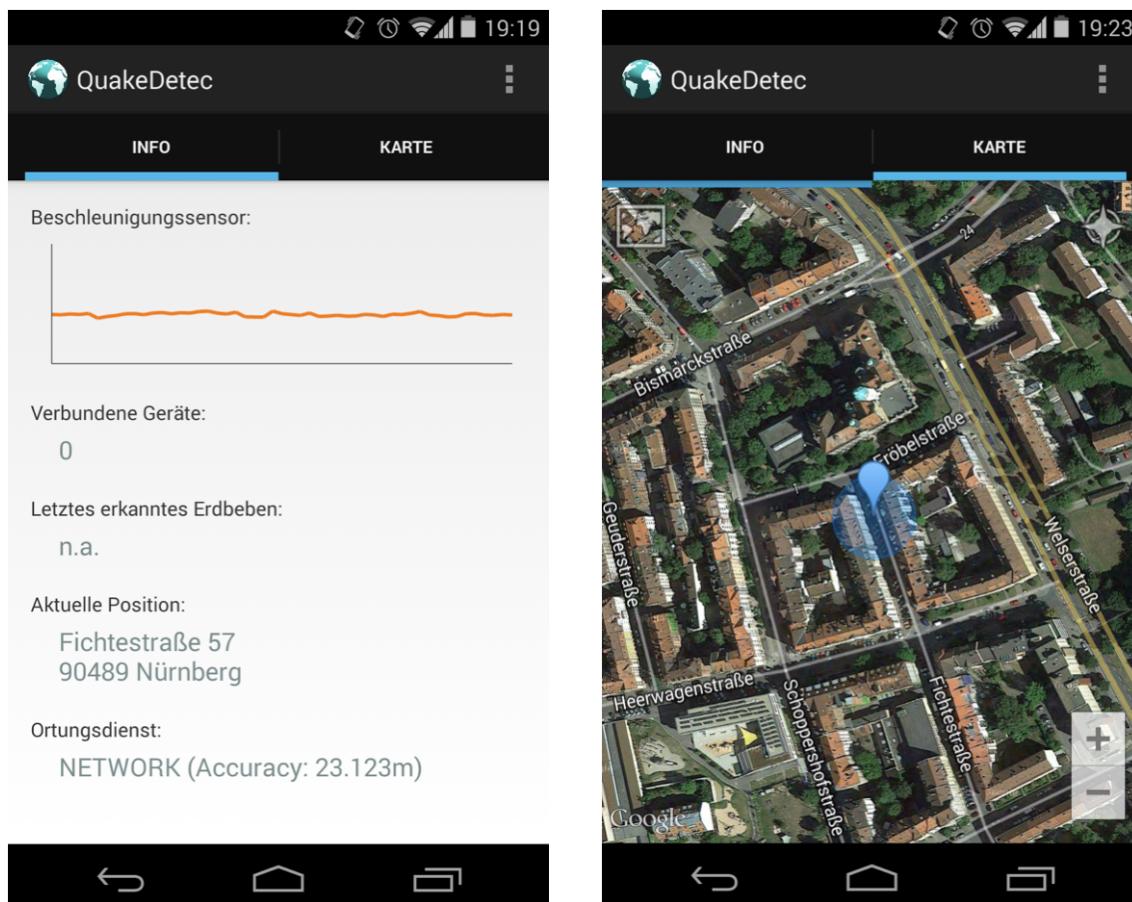


Abbildung 14: User Interface bei Nutzung des NETWORK Providers

Sollten keine WLAN-Netzwerke verfügbar oder das WLAN des Smartphones deaktiviert sein, nutzt der NETWORK Provider die Mobilfunkzellen zur Ortsbestimmung. Dies funktioniert im Grunde nach dem selben Prinzip wie die Lokalisierung über WLAN-Netze, allerdings werden hierbei keine Überschneidungen mehrerer Mobilfunkzellen berücksichtigt. Dazu müsste man das sogenannte Timing-Advance Verfahren verwenden. Bei diesem Verfahren wird der Standort ermittelt indem Signallaufzeiten zum verbundenen Mobilfunkmast gemessen werden. Berechnet man nur die Signallaufzeit zu einem Mast, kann man nur bestimmen auf welchem Radius sich das Gerät befindet.

Um den Standort mit Hilfe von Signallaufzeiten genauer zu bestimmen, ist es notwendig die Signallaufzeit zu einem weiteren Mobilfunkmast zu messen.

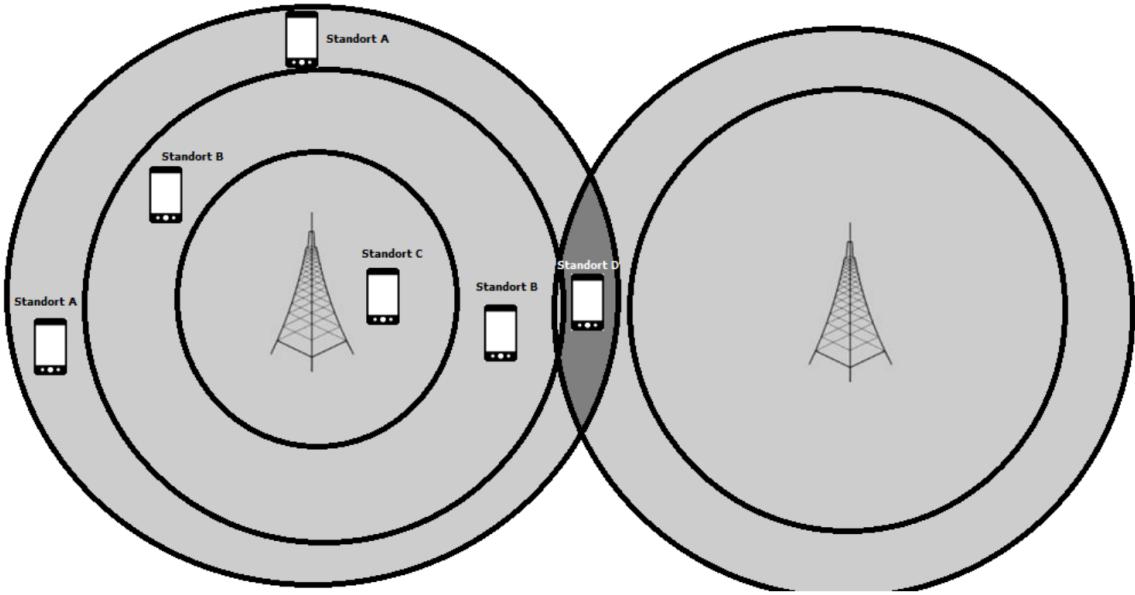


Abbildung 15: Timing-Advance Verfahren

Damit hat man zwei Räden, die sich schneiden und man kann relativ genau den Standort ermitteln. Dieses Verfahren findet allerdings kaum Verwendung, da man das Gerät dazu zwingen muss die Verbindung zwischen mehreren Mobilfunkzellen zu wechseln um in jeder Zelle die Signallaufzeit zu messen. Dieser Vorgang führt schnell zu einem hohen Energieverbrauch. Somit wird in der Praxis eine Lokalisierung nur mit Hilfe einer einzigen Mobilfunkzelle durchgeführt.

Eine Mobilfunkzelle hat eine vielfach höhere Signalreichweite als ein WLAN-Netzwerk. In Städten liegt man hier zwar nur bei wenigen hundert Metern, auf dem Land hingegen bei mehreren Kilometern. Somit erhält man in der Stadt meist noch Standortdaten, die auf wenige hundert Meter genau sind, auf dem Land liegt man allerdings meist bei 2 bis 4 Kilometer.

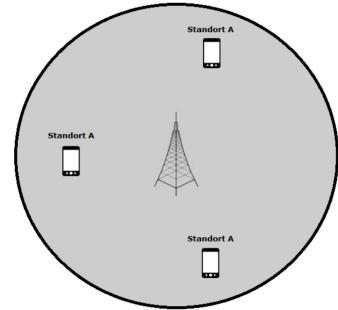


Abbildung 16: Praxis

### 7.2.3 Global Positioning System

Mittlerweile besitzt fast jedes aktuelle Android Smartphone einen GPS-Empfänger. Das Global Positioning System wurde vom amerikanischen Verteidigungsministerium entwickelt. Es besteht aus 30 Satelliten, welche die Erde umkreisen und Nachrichten aussenden, die zur Positionsbestimmung eines Empfängers dienen. Das Global Positioning System ist vom Prinzip her der Positionsbestimmung über Mobilfunkzellen im Timing-Advance Modus ähnlich. Ein Satellit sendet eine Nachricht mit seiner Position und zu welchem Zeitpunkt die Nachricht versendet wurde

kontinuierlich aus. Ein GPS-Empfänger kann aus der Versandzeit einer Nachricht die Signallaufzeit bestimmen (aktuelle Zeit - Versandzeit = Signallaufzeit). Aufgrund der Signallaufzeit kann somit bestimmt werden, auf welchem Radius sich der Empfänger vom Satelliten befindet. Ein einziger Satellit würde zu einer genauen Positionsbestimmung nicht ausreichen, da man im Grunde nur die Entfernung zu diesem einen Satelliten bestimmen kann. Nutzt man aber mehrere Satelliten, kann man die Überschneidungen der Radien nutzen, um die Position sehr genau zu bestimmen. Mit zwei Satelliten kann man theoretisch in einer zwei-dimensionalen Welt schon eine Position bestimmen. In Abbildung 17 ist ein Beispiel mit zwei Satelliten zu sehen. Hat man zwei Satelliten und somit zwei Radien, schneiden sich diese zwei Radien in zwei Punkten. Da aber einer dieser Punkte weit im Weltall liegt, kann man schnell darauf schließen, dass nur der andere relevant und somit der eigene Standort ist. In einer zwei-dimensionalen Ebene braucht man in der Realität allerdings noch einen dritten Satelliten um das sogenannte Uhrenproblem zu lösen. Die Satellitenuhren laufen zwar dank Atomuhren absolut genau und synchron, ein GPS-Empfänger tut dies allerdings nicht. Dadurch würden die Signallaufzeiten bei zwei Satelliten ungenau berechnet werden.

Zieht man einen dritten Satelliten heran, kann man dieses Problem lösen.

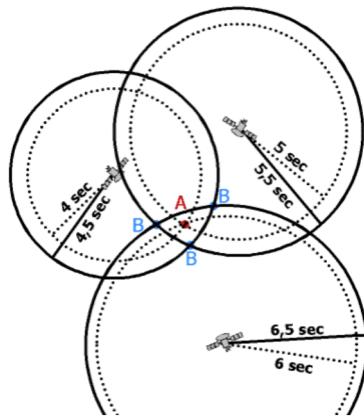


Abbildung 18: GPS 3 Satellites

Abbildung 18 verdeutlicht die Funktionsweise. Unter der Annahme, dass die Empfängeruhr 0,5s vorgeht, bekommt man Radien die aufgrund der falsch laufenden Empfängeruhr größer ausfallen (durchgezogene Linien/Kreise). In der Realität sind diese aber kleiner (gepunktete Linien/Kreise). Bei zwei Radien hätte man immer noch zwei Schnittpunkte der Radien, die dann allerdings eine falsche Position angeben würden. Zieht man allerdings einen dritten Satelliten zur Bestimmung heran, hat man bei einer falschen Berechnung aufgrund des Uhrenproblems keinen Schnittpunkt aller drei Radien. In diesem Fall verändert der GPS-Empfänger seine Uhrzeit so lange, bis sich alle drei Radien in einem Punkt schneiden. Somit wird die Uhrzeit des GPS-Empfängers mit der Uhrzeit der Satelliten synchronisiert. Der Schnittpunkt aller drei Radien ist dann die exakte Position. Zur Realisierung dieses Systems und zur genauen Bestimmung der Position in der Realität, also in einer drei-Dimensionalen Welt, wird noch ein vierter Satellit verwendet. Dies ist notwendig, da in der hier beschriebenen Funktionsweise von einem zwei-dimensionalen Modell ausgegangen wird. Man kann mit diesem Modell zwar auch die Position in der Realität

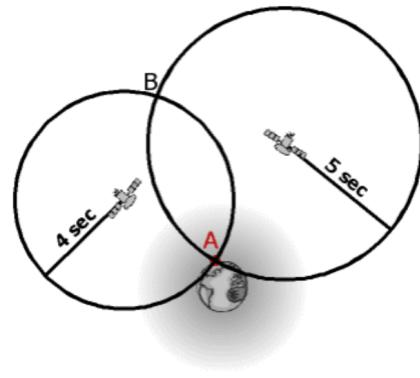


Abbildung 17: GPS 2 Satelliten

bestimmen, allerdings geht man dabei davon aus, dass sich die zu bestimmende Position auf Meereshöhe befindet. Somit wäre eine Positionsbestimmung falsch, sobald sich der Empfänger über dem Meerespiegel befindet. Bei der drei-dimensionalen Positionsbestimmung wird dieses Problem mit einem vierten Satelliten gelöst. Mit diesem ist es auch möglich die Höhe des Empfängers zu bestimmen. Allerdings soll hier nicht weiter darauf eingangen werden. Dazu der Verweis auf andere Informationsquellen.

### 7.3 Positionsbestimmung in Android

Wie schon in Kapitel 7.2 beschrieben, bietet das Android System drei Möglichkeiten um den Standort zu bestimmen. Um unter Android diese Möglichkeiten zu nutzen, bietet die Android API die drei Locationprovider PASSIVE, NETWORK und GPS. Um einer App den Zugriff auf diese Provider zu gewähren, muss der Zugriff erstmal vom Nutzer erfragt und gewährt werden. Um diese Berechtigung vor der Installation beim Nutzer einzuholen, muss man folgende Codezeile im Android-Manifest hinzufügen:

Listing 12: App Permissions

```

1 <manifest ... >
2     <uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
3     ...
4 </manifest>
```

Möchte ein Nutzer die App nun installieren, wird er zuerst gefragt, ob er der App den Zugriff auf die Standortdaten seines Geräts gewähren möchte. Es ist zwingend erforderlich, dass die Abfrage akzeptiert wird, ansonsten wird die App nicht installiert.

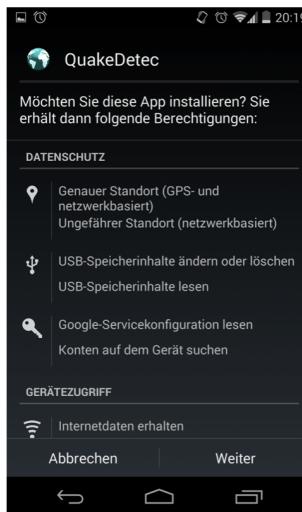


Abbildung 19: App Permissions

Um in der App auf die Location Provider zugreifen zu können, benötigt man eine Instanz des Android *LocationManagers*. Mit diesem ist es möglich auf die Location Services zuzugreifen und eine Standortbestimmung auszulösen.

Eine Instanz des LocationManagers erlangt man durch folgende Codezeile:

Listing 13: LocationManager Instanz

```
1 // Acquire a reference to the system Location Manager  
2 LocationManager locationManager = (LocationManager) this.getSystemService(Context.LOCATION_SERVICE);
```

Außerdem sind LocationListener notwendig, welche beschreiben, wie auf bestimmte Ereignisse der Location Services reagiert werden soll.

Es gibt vier Ereignisse auf die reagiert werden kann:

- Neuer Standort
- Provider aktiviert
- Provider deaktiviert
- Status der Provider hat sich geändert

Die entsprechenden Methoden des Listeners sind:

- *onLocationChanged(Location location)*
- *onProviderEnabled(String provider)*
- *onProviderDisabled(String provider)*
- *onStatusChanged(String provider, int status, Bundle extras)*

Hat beispielsweise ein Sensor einen neuen Standort registriert, wird die *onLocationChanged* Methode aufgerufen, der ein Location Objekt übergeben wird. In diesem Objekt ist der Längen- und Breitengrad, die Genauigkeit des Standortes in Metern und der Location Provider, der den Standort ermittelte, enthalten.

Wird ein Location Provider (z.B. GPS) im System deaktiviert, wird die *onProviderDisabled* (bzw. wenn aktiviert *onProviderEnabled*) Methode mit dem Providernamen als Parameter aufgerufen und man kann dementsprechend in der App darauf reagieren.

Das vierte Ereignis auf das reagiert werden kann, ist eine Statusänderung eines Location Providers. Wenn ein Provider aus irgendeinem Grund nicht verfügbar war und wieder verfügbar wird, wird `onStatusChanged` aufgerufen.

Listing 14: LocationListener

```
1 // Define a listener that responds to location updates
2 LocationListener locationListener = new LocationListener() {
3     public void onLocationChanged(Location location) {
4         // Called when a new location is found by the network location provider.
5         makeUseOfNewLocation(location);
6     }
7     public void onStatusChanged(String provider, int status, Bundle extras) {}
8     public void onProviderEnabled(String provider) {}
9     public void onProviderDisabled(String provider) {}
10};
```

Um Standortdaten abzufragen, gibt es zwei Möglichkeiten. Eine ist kontinuierlich auf Standortänderungen zu reagieren. Das heißt, dass Standortänderungen zu jedem Zeitpunkt wahrgenommen werden.

Listing 15: requestLocationUpdates

```
1 locationManager.requestLocationUpdates(LocationManager.NETWORK_PROVIDER, time, distance,
    locationListener);
```

Dieser Methode wird unter anderem der *Location Provider* und der entsprechende *LocationListener* übergeben. Ein weiterer Parameter steht für die Zeit, die vergangen sein muss, bis wieder ein neuer Standort zurückgegeben wird. Gibt man zum Beispiel 10 Minuten an, wird für 10 Minuten kein neuer Standort zurückgegeben. Der letzte verbleibende Parameter steht für die Distanz, die überbrückt worden sein muss, bis ein neuer Standort zurückgegeben wird. Setzt man diesen Parameter zum Beispiel auf 100m, wird ein neu erkannter Standort nur zurückgegeben, wenn sich dieser mindestens 100m vom alten Standort entfernt befindet.

Eine andere Möglichkeit einen Standort zu ermitteln ist ein ein einmaliger Abruf des aktuellen Standorts.

Listing 16: requestSingleUpdate

```
1 locationManager.requestSingleUpdate(LocationManager.NETWORK_PROVIDER, locationListener,
    looper);
```

Dieser Methode wird ebenfalls der *LocationListener* und der gewünschte *Location Provider* übergeben. Zusätzlich wird bei dieser Methode noch ein Looper Objekt benötigt. Dieses wird benötigt um

Messages in Queues auszuführen. Diese Methode aktiviert den gewünschten Location Provider und wartet bis ein Standort von diesem zurückgegeben wurde. Danach wird der Location Provider wieder deaktiviert und es werden keine neuen Standorte mehr ermittelt.

## 7.4 Umsetzung der Quakedetec App

### 7.4.1 Erste Umsetzung und Probleme

Anfangs wurde die App mit der `requestLocationUpdates` Methode (siehe Kapitel 7.3) und dem NETWORK und GPS Provider umgesetzt. Es wurden beide Sensoren kontinuierlich abgefragt und der genauere

und aktuellere Standort der beiden Location Provider wurde verwendet. Da man im Falle eines Erdbebens den Standort des Geräts benötigt um die Erdbebenposition zu bestimmen, erachteten wir es als sinnvoll, den Standort kontinuierlich zu bestimmen. Diese Möglichkeit bot die `requestLocationUpdates` Methode. Allerdings fiel schnell auf, dass der Akkuverbrauch mit dieser Lösung sehr hoch und somit inakzeptabel war. Um dieses Problem zu lösen, fügten wir in der App die Einstellung für ein Aktualisierungsintervall hinzu. Über diese Einstellung stellten wir eine Möglichkeit zur Verfügung in der `requestLocationUpdates` Methode den Parameter für die Zeit zu setzen (in Kapitel 7.3 beschrieben). Das bot dem Nutzer die Möglichkeit das Zeitintervall zu bestimmen, welches vergangen sein muss bis ein neuer Standort zurückgegeben wird. Zum Zeitpunkt der Implementierung war uns nicht bewusst, dass diese Umsetzung keine Auswirkung auf den hohen Akkuverbrauch haben wird. Denn nicht wie zuerst angenommen, sinkt zwischen dem Intervall der

Energieverbrauch der Sensoren, sondern er bleibt identisch, da die Sensoren trotz des Zeitintervals durchgehend aktiv bleiben. Das heißt, dass der Standort trotz des Intervalls durchgehend bestimmt wird, nur dass der Standort ausschließlich nach verstreichen des Intervalls zurückgegeben wird. Als uns dies bewusst wurde, stellten wir die Lokalisierung um auf Singleupdates (`requestSingleUpdate`, siehe Kapitel 7.3). Diese Singleupdates wurden mit Hilfe eines Timer Threads, welcher in einem Hintergrundservice läuft, ausgeführt. Nun wurde das Interval dieses Timer Threads über die Einstellung in der App gesetzt. Somit ist dies nun ein reales Interval in dem die Sensoren deaktiviert werden. Das brachte zwar eine Verbesserung in der Akkuleistung, aber der Verbrauch war selbst bei einem 10 Minuten Interval noch zu groß. Außerdem war diese Umsetzung nicht vereinbar mit der benötigten Aktualität der Standortdaten. Denn letztendlich kann sich ein Nutzer innerhalb von 10 Minuten schon an einem ganz anderen Standort befinden. Wurde beispielsweise eine Standortak-

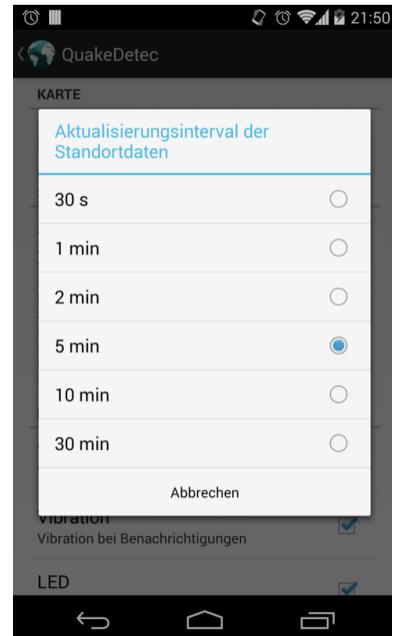


Abbildung 20: Update Interval

tualisierung 9 Minuten vor einem Erdbebenalarm ausgelöst und der Benutzer war in dieser Zeit in Bewegung, sind die an den Server übermittelten Standortdaten nicht mehr aktuell und können stark von der tatsächlichen Position abweichen. Somit war diese Lösung ebenfalls inakzeptabel und die Implementierung musste überdacht werden.

#### 7.4.2 Finale Umsetzung

Das Problem des hohen Akkuverbrauchs konnte schnell aufgedeckt werden. GPS ist zwar mit einer Genauigkeit von drei Metern sehr präzise, aber der GPS Sensor hat einen sehr hohen Akkuverbrauch. Außerdem hat GPS das Problem, dass eine Sichtverbindung zu Satelliten bestehen muss. Somit ist eine Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden mit GPS nicht möglich. Und schließlich werden sich Nutzer überwiegend innerhalb von Gebäuden aufhalten. Somit entschlossen wir uns, überwiegend auf GPS zu verzichten und primär auf den NETWORK Provider zurückzugreifen. Dieser bietet den Vorteil, dass er sehr stromsparend ist und innerhalb von Gebäuden ebenfalls nutzbar ist. In Städten hat dieser Provider durch die hohe WLAN- und Funkzellendichte eine gute Genauigkeit. Bei Tests in Nürnberg lag die Genauigkeit zwischen 20-50m. Leider hat er den Nachteil, dass er auf dem Land sehr ungenau werden kann, da hier oft keine WLAN Netze und nur sehr wenige Funkzellen vorhanden sind. Bei durchgeföhrten Tests beispielsweise in einem ländlichen Raum in der Nähe Bad Hersfelds und auf Autobahnen lagen die schlechtesten Werte bei 3400m. An sich ist dieser Wert kein sehr großes Problem bei der Erdbebenerkennung, allerdings kommt hierbei zum Tragen, dass zum Teil mehrere Benutzer in einem Senderadius um einen Funkmast den genau gleichen Standort zugeordnet bekommen können, und zwar den des Funkmastes. Das führt zu der Problematik, dass wir bei einer Erdbebenauswertung (siehe xxx) auf dem Server nicht feststellen können, ob sich die Nutzer genau am selben Standort oder weit voneinander entfernt befinden. Bei der Erdbebenauswertung mit Hilfe einer Mehrheitsentscheidung muss man allerdings ausschließen können, dass sich die Nutzer nicht am gleichen Ort (z.B. in einem Radius von 100m) befinden. Denn sollten z.B. mehrere Nutzer in einem Bus unterwegs sein und aufgrund erdbebenähnlicher Bewegungen des Busses einen Erdbebenalarm an den Server senden, würde bei der Auswertung ein Erdbeben festgestellt werden. Um diesen Fall auszuschließen, wird bei der Erdbebenauswertung immer überprüft, ob mindestens ein Gerät der Alarmauslösenden mindestens 100m von den anderen entfernt ist. Das bedeutet im ländlichen Raum, dass ein Gerät mindestens soweit

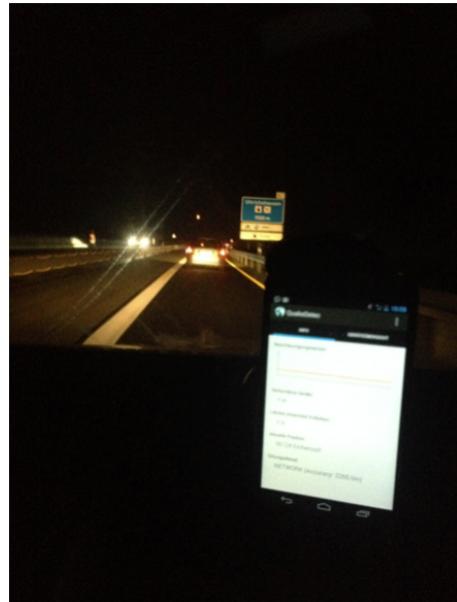


Abbildung 21: Test auf der Autobahn

von den anderen entfernt sein muss, sodass es mit einer anderen Funkzelle verbunden ist. Das heißt bei dem von uns am schlechtest gemessenen Wert von 3400m, dass eines von den alarmauslösenden Geräten mindestens 3401m vom Funkmast entfernt sein muss, damit es einen anderen Standort hat und man sich bei der Auswertung sicher sein kann, dass sich die Geräte nicht am selben Standort befinden. Um zu gewährleisten, dass die Ungenauigkeit nicht zu groß wird, wurde die Lokalisierung so implementiert, dass bei einer Genauigkeit höher als 3500m der GPS Sensor aktiviert wird und über diesen ein genauer Standort abgerufen wird. Das heißt zusammenfassend, dass die App im worst-case Szenario nur Erdbeben erkennt, die weiter strahlen als 3500m, sodass Geräte in einem Radius, der größer als 3500m ist, das Beben noch wahrnehmen können. Die Implementierung auf diese Weise stellte den besten Kompromiss zwischen Akkuverbrauch und Genauigkeit dar, da der GPS Sensor somit nur sehr selten verwendet wird.

Da die App abhängig von den Standortdaten ist und ohne Lokalisierung nutzlos ist, prüft die App, ob zumindest eine der beiden Lokalisierungsmethoden (NETWORK oder GPS) im Android System aktiviert ist. Ist dies nicht der Fall, wird bei geöffneter App ein Popup angezeigt, welches den Nutzer auffordert, die Lokalisierung zu aktivieren. Tippt der Nutzer auf „Öffnen“, werden die Android Systemeinstellungen für die Lokalisierung geöffnet. In der App verschwindet das Popup erst, wenn eine der beiden Lokalisierungsmethoden aktiviert wurde.

Läuft die App im Hintergrund und der Nutzer deaktiviert die Lokalisierung, gibt die App eine Android Notification in der Android Statusbar aus. Diese kann vom Nutzer nicht geschlossen werden und verschwindet ebenfalls erst nach der Aktivierung einer Lokalisierungsmethode.

Um das Problem der Aktualität der Daten zu lösen, wurde die Standortabfrage flexibel gestaltet. Ist die App geöffnet und sichtbar, wird die Standortabfrage in einem Intervall von 30s ausgeführt. Das Intervall ist bei geöffneter App kurz gewählt, damit gewährleistet wird, dass der Nutzer in der Standortanzeige und der Google Map einen relativ aktuellen Standort angezeigt bekommt. Ist die App nicht sichtbar oder läuft im Hintergrund, wird eine Standortabfrage in einem Intervall von 10 Minuten ausgeführt. Diese Abfrage ist notwendig, da die App alle 10 Minuten einen Heartbeat mit dem Standort an den Server sendet. Außerdem wird ein Standort abgefragt, sobald ein Erdbeben erkannt wurde und wird mit dem Alarm an den Server gesendet. Da ein Alarm in der

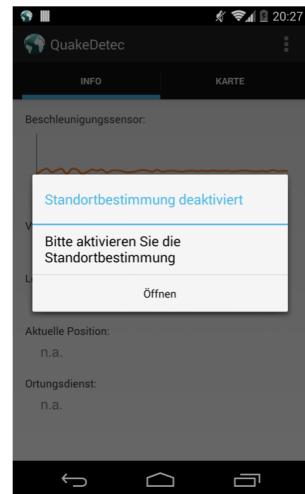


Abbildung 22: Notifications

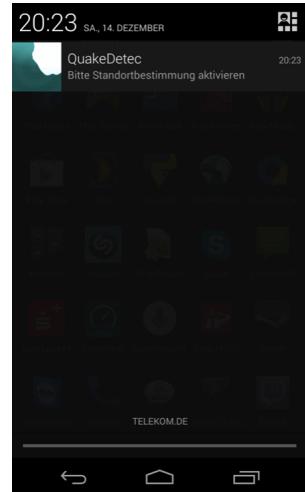


Abbildung 23: Notifications

App zeitkritisch ist und eine Standortabfrage mit Hilfe des GPS Sensors eine längere Zeit beanspruchen kann, wird zusätzlich in einem Interval von fünf Minuten eine Standortabfrage unabhängig vom Heartbeat oder Alarm ausgeführt. Somit kann sichergestellt werden, dass ein Standort der mit einem Alarm gesendet wird, nicht älter als fünf Minuten ist, falls die Standortabfrage unmittelbar vor dem Alarm zuviel Zeit in Anspruch nimmt und nicht auf diese gewartet werden kann.

#### 7.4.3 Klassendiagramm Localizer

Localizer	
- locationManager : LocationManager;	
- locationFromLastSignal : Location;	
+ static instance : Localizer;	
- context : Context;	
+ getLocation() : Location	
- onLocationChanged(location:Location) : void	
- onProviderDisabled(provider:String) : void	
- onProviderEnabled(provider:String) : void	
- onStatusChanged(provider:String, status:int, extras:Bundle) : void	
+ updateLocation() : void	
- updateNetworkLocation() : void	
- updateGPSLocation() : void	
+ getEnabledProvider() : ArrayList<String>	
- fireNotificationIfAllProvidersDisabled() : void	
+ getInstance() : Localizer	

Abbildung 24: Lokalisierung: Localizer

## **8 Ausblick**

Die momentane Implementierung ist momentan noch in einem Alpha Status. Da uns weitreichendes know-how im Bereich Erdbebenerkennung fehlte und ebenfalls technische Hilfsmittel, wie beispielsweise Rüttelplatten, nicht zur Verfügung standen, ist die Erkennung derzeitig nicht ausreichend präzise genug um Erdbeben zuverlässig zu erkennen und Fehlmeldungen auszuschließen. Daher haben wir uns an die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe gewandt, welche uns an das Geoforschungszentrum Potsdam verwies. Dort hatten wir Kontakt zu Herrn Stefano Parolai (Head of the Centre for Early Warning) hergestellt, der einige unserer Fragen beantwortete. Weiterhin arbeitet einer der Partner des GFZ Potsdam an einem Projekt, das in eine ähnliche Richtung arbeitet, wie unseres. Daher ist das GFZ Potsdam daran interessiert ein Skype Meeting abzuhalten. In diesem Meeting können weitere Fragen und eventuell gemeinsame Vorgehensweisen besprochen werden. Sollte es uns möglich sein die App zuverlässiger und präziser in der Erkennung zu implementieren, kann durchaus über eine Veröffentlichung nachgedacht werden.

## **9 Fazit**

Zusammengekommen ist in dem Projekt das gewünschte Ergebnis erreicht worden. Alle wesentlichen Anforderungen konnten umgesetzt werden. Das Projekt erforderte eine tiefgehende Auseinandersetzung in die Android und WebService Programmierung unter Java. Ebenso sind die Kompetenzen im Bereich der Teamarbeit bei allen Beteiligten erweitert worden.

Abschließend kann festgestellt werden, dass diese Lösung zur Erdbebenerkennung durchaus sinnvoll eingesetzt werden kann und eines Tages dazu dienen könnte, Sach- und Personenschäden bei einem Erdbeben zu minimieren.

## Abbildungsverzeichnis

1	Smartphone Betriebssystem-Verbreitung . . . . .	5
2	Struktur des Projektes . . . . .	6
3	User Interface: Info . . . . .	9
4	SHA-1 Fingerprint . . . . .	11
5	User Interface: Device Map . . . . .	12
6	User Interface: Map Types . . . . .	12
7	User Interface: Android Maps Extensions . . . . .	13
8	User Interface: Klassendiagramm Device Map . . . . .	13
9	User Interface: Settings . . . . .	14
10	Beschleunigungssignal nach der Zusammenfassung . . . . .	18
11	Beschleunigungssignal mit Schwellwerten . . . . .	18
12	Beschleunigungssignal mit Nulldurchläufen analysiert . . . . .	19
13	Lokalisierung: Lokalisierung mit NETWORK Provider . . . . .	23
14	Lokalisierung: User Interface bei Nutzung des NETWORK Providers . . . . .	24
15	Lokalisierung: Timing-Advance Verfahren . . . . .	25
16	Lokalisierung: NETWORK Provider in der Praxis . . . . .	25
17	Lokalisierung: GPS 2 Satelliten . . . . .	26
18	Lokalisierung: GPS 3 Satelliten . . . . .	26
19	Lokalisierung: App Permissions . . . . .	27
20	Lokalisierung: Update Interval . . . . .	30
21	Lokalisierung: Test auf der Autobahn . . . . .	31
22	Lokalisierung: Notification in der App . . . . .	32
23	Lokalisierung: Notification bei geschlossener App . . . . .	32
24	Lokalisierung: Localizer . . . . .	33