



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Anwendungsbereiche des Geotagging – etabliertes
Werkzeug der Geoinformation?“

Verfasser

Adrian Gindl

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 455

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Kartographie und Geoinformation

Betreuerin / Betreuer:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Andreas Riedl

Danksagung und Widmung

In universitärer Hinsicht möchte ich vor allem meinem Betreuer danken, Ass.-Prof. Mag. Dr. Andreas Riedl, der mich durch meine bisherige Universitätslaufbahn immer gut beraten hat, und sich immer Zeit für jegliche Fragen meinerseits nahm, aber auch für den nötigen Anschub sorgte, wenn er einen Anlass dafür sah.

Ebenso möchte ich jenen Studienkollegen danken, die mir nach dem Tod meiner Mutter dabei geholfen haben, meinen Studienabschluss nicht aus den Augen zu verlieren, besonders Martin, Georg und Marco.

Danken möchte ich insbesondere meinem Vater, der mir nicht zuletzt dieses Studium finanziell ermöglicht hat, immer auf meine Ausbildung großen Wert gelegt hat und auch öfter geduldig auf mich verzichten konnte, als mein Zeitplan durch das Schreiben dieser Arbeit zu dicht gedrängt war.

Besonderen Dank und die Widmung dieser Arbeit verdienen die beiden wichtigsten Frauen in meinem Leben: meine Verlobte Sandra, die mich nach Kräften unterstützt hat, und mir immer eine Inspiration im Streben nach Höherem (im nicht-materiellen Sinn) war und ist, auch wenn das Vorbild unerreicht bleibt; und meine Mutter, die diesen Moment leider nicht mehr erleben kann, und mir immer den Wert von Bildung und Wissen vermittelt hat, obwohl ihr selbst ein Studium aus politischen Gründen der damaligen Zeit verwehrt blieb. Ich hoffe, sie wäre stolz.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung/Abstract.....	3
1 Einleitung.....	4
2 Definitionen.....	7
2.1 Was ist Geotagging?	7
2.2 Stellung von Geotagging in der Georeferenzierung	14
2.3 Geotagging und Bezugssysteme	18
2.3.1 GPS, WGS84, EGM.....	19
2.3.2 GLONASS und PZ-90	24
2.3.3 Bezugssysteme in Österreich.....	27
3 Tagbare Medien	29
3.1 Fotos	29
3.1.1 Voraussetzungen der Aufnahmegeräte	32
3.1.2 Tagbare Formate.....	34
3.1.3 Metadaten.....	36
3.2 Videos.....	41
3.3 SMS	43
3.4 HTML und GeoRSS.....	53
3.5 Audio	61
3.6 Externes Geotagging.....	61
3.6.1 NMEA 0183.....	62
3.6.2 XML-basierte Formate	64
4 Qualität geographischer Daten und Produkte.....	69
4.1 Definitionen der Genauigkeit	70

4.1.1	Genauigkeitsvorschriften.....	74
4.2	Genauigkeit in konventionellen Kartenwerken	77
4.3	Genauigkeit von geotaggingbasierten Medien und Karten(ähnlichen Werken).....	84
4.3.1	Fehlerquellen von GNSS-Messungen.....	90
4.3.2	Verbesserung der Lagegenauigkeit von GNSS-Messungen.....	94
4.3.3	Lagegenauigkeit von manuellem Geotagging	100
4.3.4	Genauigkeitsverbesserung von manuellem Geotagging	108
4.4	Zwischenbilanz	109
5	Anwendungen von Geotagging	113
5.1	Fotobasiertes Geotagging.....	114
5.2	Videobasiertes Geotagging	118
5.3	Social-media basiertes Geotagging.....	131
5.4	GeoRSS.....	138
6	Conclusio.....	143
	Abbildungsverzeichnis	147
	Tabellenverzeichnis	149
	Quellenverzeichnis.....	150
	Lebenslauf.....	165
	Erklärung	167

Kurzfassung/Abstract

Die vorliegende Diplomarbeit ergründet das Thema Geotagging, und zeigt, ausgehend von einer Begriffserklärung und -abgrenzung, in welchen Bereichen Geotags und Geotagging Verwendung finden, und welche Medien solcherart mit räumlicher Information verknüpft werden können. Dabei wird anhand von Genauigkeitsvorschriften der Kartographie und Geodatenverarbeitung die Genauigkeit der durch Geotagging ermittelten Daten analysiert und der klassischen Kartographie gegenübergestellt. Der größte Raum wird dabei der räumlichen Genauigkeit der Daten eingeräumt. Abschließend werden einige Beispiele für Anwendungen von Geotags unter Berücksichtigung der zuvor diskutierten Vorschriften gezeigt.

This diploma thesis delves into the different definitions of the term geotagging, and tries to explore its place within the different disciplines of associating data with spatio-temporal information and how it differentiates from georeferencing and geocoding. Furtheron, it goes to show the types of media that are suitable for linking to a spatial reference via geotagging, and how this can be accomplished. Then, conventional map data and data gained through geotagging are compared by utilizing different sets of rules of accuracy, with an emphasis on spatial accuracy. Finally, various uses and applications of geotagged data are shown, keeping in mind the aforementioned rules of accuracy.

1 Einleitung

Bevor diese Arbeit zum Kern des Themas kommt, ist es – besonders, da es sich um ein relativ neues Thema in der Geoinformation handelt – wichtig, selbiges zu definieren. Da das Wort ‚Geotagging‘ speziell im Zusammenhang mit sozialen Medien und Smartphones (2.766.660 Österreicher sind auf Facebook¹ und etwa 290.000 auf Google Plus² vertreten, etwas mehr als ein Drittel der österreichischen Handynutzer verfügen über ein Smartphone³) immer wieder genannt wird, gibt es sicherlich genug Leser, die den Begriff kennen und ihre eigene Definition davon haben, aber eine ebenso große Masse, die mit ihm nichts anzufangen wissen.

Für beide Gruppen ist es notwendig, eine etablierte Definition zu zitieren, beziehungsweise – da das Fehlen einer alleingültigen Begriffsbestimmung speziell bei jungen Ausprägungen eines Forschungsgebiets (hier: der Georeferenzierung) nicht ausgeschlossen werden kann – verschiedene Auslegungen des Begriffs ‚Geotagging‘ zu untersuchen, um die dem Forschungsgebiet innewohnende Divergenz zu demonstrieren. Fasst der Begriff Geotagging mehrere verwandte Techniken der Georeferenzierung zusammen, ist es notwendig, diese differenziert zu betrachten, und nach ihren Einsatzmöglichkeiten in der Kartographie und Geoinformation zu untersuchen. Einige der untersuchten Methoden können unmittelbar für Zwecke der Geoinformation verwendet werden, andere werden ein hohes Maß an Komplexität aufweisen, da sie erst durch einiges an Vorarbeit in die Nähe einer kartographischen Nutzung rücken. Den letztgenannten Methoden wird daher weniger Aufmerksamkeit

¹ <http://digitalaffairs.at/facebook-userzahlen-oesterreich/> (Abgerufen am 26.3.2012, Stand 24.3.2012)

² <http://www.echtbetrieb.com/2012/02/29/google-plus-in-österreich/> (Abgerufen am 26.3.2012)

³ http://www.integral.co.at/downloads/Internet/2011/07/AIM-Consumer_Pressetext_-_Q2_2011.pdf

zuteil, da sie im Endeffekt wieder auf direktere Techniken des Geotagging zurückgreifen müssen. Wie dies zu verstehen ist, sollte durch die Lektüre der relevanten Kapitel klarwerden.

Anschließend an die Definition von Geotagging wird es notwendig sein, dieses im Vergleich zu den anderen Methoden der Georeferenzierung zu betrachten, deren Teilbereich es ist. Dabei soll untersucht werden, in welchen Anwendungsbereichen Geotagging sinnvoll einzusetzen ist und welche Funktionen es dabei erfüllt.

Durch die immer stärkere Verknüpfung von Instrumenten der Navigation und Positionsbestimmung mit Consumergeräten und Webapplikationen, die ihrerseits auch immer stärker mit mehr oder weniger komplexen Instrumenten klassischer GIS durchsetzt sind, gibt es einen immer breiteren Anwendungsbereich für digitale Medien, die entweder automatisiert oder manuell verortet werden können. Der Großteil der Anwendungen ist eher dem Freizeitbereich zuzuordnen, ebenso gibt es aber eine Vielzahl an Möglichkeiten für den Einsatz von Geotagging im Bereich der räumlichen Analyse, der Darstellung von Raum, wie er in der klassischen Kartographie kaum repräsentiert werden kann, sowie speziell in zeitkritischen Geoinformationsanwendungen, wie etwa im Krisenmanagement, in dem es auf verlässliche, genaue und möglichst erschöpfende Mengen rasch verfügbarer Informationen zur Beschleunigung der Entscheidungsfindung ankommt.

Der letzte Punkt ist zum Teil auch mit sozialen Netzwerken verknüpft, die neben ihrer Hauptfunktion – der sozialen Interaktion – auch immer öfter zu einem Ort der sozio-räumlichen Interaktion werden, in der Form, dass Treffpunkte über die geographische Position ausgemacht werden, beziehungsweise auf Ereignisse anhand dieser Position aufmerksam gemacht wird. Dies bringt einerseits erleichterte Interaktion im Raum mit sich, birgt

allerdings auch Risiken in Form von Erleichterung von Straftaten oder Verletzung militärischer Geheimnisse.

Die Kernpunkte, die diese Arbeit behandeln wird, sind folgende:

- Wie verhält sich Geotagging zu anderen Bereichen der Georeferenzierung?
- Welche Genauigkeitsansprüche gelten in der Kartographie, und inwiefern können sie von Geotagging erreicht werden, und wie (sofern möglich) lässt sich die Genauigkeit erhöhen, wo ergeben sich systemimmanente Hürden?
- Welche Medien lassen sich mit Positionsdaten versehen und bieten dadurch einen kartographischen Mehrwert?
- Welche Anwendungen machen sich heute diese Daten zunutze und lassen sich kartographisch sinnvoll anwenden?

In einem ersten Schritt wird dabei versucht, die offenen Fragen durch Analyse bestehender Literatur und neuerer Untersuchungen grundsätzlich zu beantworten. Aktuelle Anwendungen von Geotagging werden anschließend herangezogen, um die extrahierten Antworten zu verifizieren. Abschließend wird in einem Beispiel versucht, die relevanten Fragen anhand eigener Daten zu beantworten.

2 Definitionen

Der Inhalt dieses Kapitels ist eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Begriff Geotagging, bezugnehmend auf seine Verwendung in wissenschaftlichen Arbeiten zu diesem Thema. Es soll geklärt werden, was unter dem Begriff verstanden wird, und inwiefern diese Definitionen die Geoinformation betreffen. Aus den Definitionen soll schließlich auch die Stellung von Geotagging im Bereich Georeferenzierung abgeleitet werden.

2.1 Was ist Geotagging?

Der Begriff ‚Tag‘ ist in der Informatik speziell aus Programmier- und Skriptsprachen bekannt, etwa den Anfangs- und Endtags einer HTML-Seite (beispielsweise `Beliebige Beschreibung des Links` zum Einfügen eines beliebigen Links in eine Webseite). **Tagging** als Beschreibung des Hinzufügens von Metadaten zu digitalen Ressourcen wurde aber vor allem durch Webseiten geprägt, die dem Web 2.0 zugerechnet werden, etwa Delicious (bei Gründung *del.icio.us*, heute einfach *delicious.com*) oder Digg (*digg.com*). Dies sind sogenannte Social Bookmarking Dienste, die es Usern ermöglichen, Links, die sie für andere Internetuser für interessant halten, auf einem Server zentral abzuspeichern und zugänglich zu machen. Ein **Tag** bezeichnet dabei eine Beschreibung beziehungsweise ein Attribut, das dem Link hinzugefügt wurde, um den verlinkten Inhalt zu beschreiben. Dies kann vom User, der den Link veröffentlicht hat, gemacht werden, oder auch von anderen Nutzern, die den Link entdeckt haben und eine weitere Beschreibung hinzufügen möchten. Somit steht am Ende dieses Absatzes Tag sowohl für eine program-

miertechnische Zuweisung von Eigenschaften, als auch eine rein sprachlich-deskriptive Notiz zum Inhalt eines Objekts. Ähnlich verhält es sich mit Geotags, wie die folgenden Seiten zeigen werden.

Die erste Erwähnung des Begriffs Geotagging lässt sich nicht auf ein genaues Datum festlegen, allerdings ist davon auszugehen, dass es in technischen Blogs populär wurde, die die Verknüpfung von Fotos mit geographischer Position zum Thema hatten, allerdings hauptsächlich in der Form, dass Fotos mittels Google Maps platziert wurden, anstatt GNSS-Koordinaten in den Metadaten des Fotos hinzuzufügen. Nach längerer Recherche dürfte sich der Terminus ‚Geotagging‘ im Sommer 2005 entwickelt und 2006 etabliert haben⁴.

Das Vorhaben, eine alleinültige Definition dafür zu finden, was Geotagging bedeutet und ausmacht, ist nach einer umfassenden Recherche zum Scheitern verurteilt. Es gibt eine Fülle an Arbeiten, die das Thema Geotagging zum Inhalt haben; Interneteinträge, die mit dem Terminus verschlagwortet sind; Bücher, die Geotagging in der Fotografie erläutern sollen – sobald man sich in diese Werke eingelese hat, merkt man bald, dass die Autoren oft stark abweichende Vorstellungen vom Begriff Geotagging haben. Die Begriffsbeschreibungen reichen dabei von recht einfachen Kurzbeschreibungen für die Anwendung in der Freizeit, über präzise formulierte Ansätze im wissenschaftlichen Bereich, bis zur gut argumentierten Kritik am Begriff selbst. Einige herausstechende Begriffsbestimmungen sollen hier im Folgenden betrachtet werden.

Eine Definition aus dem deutschsprachigen Raum (wiewohl in englischer Sprache) bietet Albert Weichselbraun: *“Geo-tagging is the process of annotating a document with its geographic focus by extracting a unique locality that describes the geographic context of the document as a whole”* (WEICHSELBRAUN 2009, S. 1). Man erkennt an dieser Definition, dass zwei der For-

⁴ raoulpop.com/2006/12/11/google-earth-adds-photos-but-forgets-about-zoomr (Abgerufen am 29.04.2012)

schungsschwerpunkte Weichselbrauns „data mining and natural language processing“⁵ sowie „semantic web and semantic technologies“⁶ sind. Die Art des Dokuments ist in dieser Definition nicht näher beschrieben, ebenso die Art der Angabe der geographischen Position. Markant an dieser Auslegung sind die Beschreibung des Prozesses als Zuweisung von Schlagworten (Tag in seiner Web 2.0-Bedeutung), sowie der Bezug auf eine „unique locality“.

Einen ähnlichen, wenn auch enger gefassten Ansatz zeigt Ivan Ivanov, der den Begriff als „[...] *short textual annotations used to describe photos in order to provide additional information to other users who are interested in those images*“ (IVANOV 2010, S. 156) sieht. Diese Definition fällt überraschend einengend ein, betrachtet man die übrigen Arbeiten von Ivanov. Die Festlegung auf das Foto sowie Textnotizen im Jahr 2010 wirken unzeitgemäß, da Fotos in einer verstärkt multimedialen Gesellschaft nicht der einzige von Usern leicht erstellbare Inhaltsträger sind, und geographische Informationen auch und besonders in Fotos auf mehrere, genauere Arten festgehalten werden können.

Diesem Faktum trägt die Definition von Jiebo Luo Rechnung: „*Geotagging or georeferencing is the process of adding geographical identification metadata to various media*“ (LUO 2010, S. 189). Dieser Ansatz vereint einige Punkte der vorherigen Zitate um – abgesehen von der Bezugnahme auf verschiedene Medien ohne Einschränkungen – einen in der modernen Kartographie und der Informationstechnologie allgemein sehr wichtig gewordenen Begriff: Metadaten. Dieser Ansatz „befreit“ Geotagging von der Festlegung auf vereinzelte Medien, und zeigt somit die tatsächliche Stärke von Geotagging auf, dass Bearbeiter diverser Medien die Möglichkeit haben, jegliche digitale Ressource um geographische Positionen zu erweitern, sofern es machbar und sinnvoll ist. Der Bezug auf Metadaten macht auch deutlich, wo im

⁵ <http://weichselbraun.net/>

⁶ ibd.

Idealfall diese Daten zu finden sein sollten. Natürlich kann man auch hier darüber diskutieren, ob der Bezug auf Metadaten nicht einschränkend wirkt. Allerdings bietet nahezu jedes Format, das sich zum Taggen mittels geographischer Daten eignet auch eine Speichermöglichkeit für Metadaten. Selbst wenn es diese nicht bieten sollte, erzeugt man in irgendeiner Form Metadaten, wenn man Informationen zu einem Objekt speichert, etwa wenn man mehrere Bilder, Texte oder Audiodaten speichert, und diese in einer Datenbank oder auch nur einer einfachen Tabelle mit geographischen Informationen verlinkt. In diesem Fall ist jedoch streng darauf zu achten, dass die Verknüpfung zwischen beiden Dateien nicht verloren geht.

Ein etwas problematischer Punkt an der vorangehenden Definition taucht auch in anderen Arbeiten auf – die Vermischung der Begriffe Geotagging und Georeferenzierung (wobei die Konnotation mit georeferencing im angelsächsischen Sprachgebrauch noch weitaus höher ist). So beschreibt Hill – ohne Geotagging explizit zu erwähnen – Georeferenzierung als integrativen Prozess, in welchem „*placenaming*“ (die Zuweisung geographischer Information durch einen semantisch erfassbaren Begriff) und „*geospatial coding*“ (Verknüpfung des Objekts mit der Realwelt durch Raumbezug) gegenseitig austauschbar sind (HILL 2006, S. VII).

Nach tiefergehender Recherche deutschsprachiger Literatur kann dies nicht so stehen gelassen werden. Nach Bill ist Georeferenzierung der „[...] Prozess der Zuweisung raumbezogener Referenzinformationen und Lageangaben, schließt aber den tatsächlichen Transformationsprozess nicht ein. Georeferenzierung ist also eher ein raumbezogenes Metadatenkonzept“ (BILL 1999, S. 141).

Führt man den Gedanken Richtung Geotagging zurück (entsprechend dem aus den vorangegangenen Definitionen exzerpierten Wissen), kann man daraus ableiten, dass Geotagging als Teilbereich der Georeferenzierung zu verstehen ist, wobei diese den Oberbegriff für alle Arten der Verknüpfung geographischer Information mit abstrakten als auch diskreten Ab-

bildungen der realen Welt darstellt. Diese Stellung von Geotagging soll im nächsten Unterkapitel in ein Verhältnis zu den anderen Teilbereichen der Georeferenzierung gesetzt werden. Keineswegs jedoch ist Geotagging gleichzustellen mit Georeferenzierung: es findet zwar eine Bezugnahme auf die Erde statt und somit auch eine Verknüpfung des Objekts mit der Geometrie der Erde, jedoch ist der Begriff Georeferenzierung in diesem Fall zu weit gefasst und lässt keinen Rückschluss auf die tatsächliche Art der Bezugnahme zu, wodurch die Bezeichnung Geotagging dem Oberbegriff vorzuziehen ist.

Durch dieses Vermischen der Fachbegriffe ist es nicht verwunderlich, dass es auch zu bereits angesprochenen kritischen Äußerungen gegenüber dem Terminus Geotagging kommt. Folgt man den Ausführungen von Muki Haklay in seinem Paper zum Thema Neogeographie, so trägt Geotagging nichts Neues zur Kartographie bei, außer der Tatsache, webspezifisch zu sein. Tatsächlich sei aber schon seit mehr als 40 Jahren der korrekte Begriff Geokodierung zu verwenden, der die Verknüpfung einer Information mit ihrer geographischen Position beschreibt (HAKLAY et al 2008, S. 2022). Natürlich mag die Festlegung Haklays, dass es sich um rein webspezifischen Neusprech handle, daher rühren, dass, wie bereits erwähnt wurde, der Begriff in Webcommunities entstanden ist. Die Tatsache, dass auch Software wie ArcGIS mittlerweile Fotos, die mit GPS-Koordinaten versehen sind, in einem GIS-Projekt darstellen kann⁷, ohne den Umweg über das Internet zu nehmen, spricht gegen die Interpretation als reine Interneterscheinung.

Davon abgesehen bringt Haklay nun einen weiteren Begriff ins Spiel: Geokodierung. Wie auch Georeferenzierung, entspricht dies nach Bill nicht jener Begriffserklärung (beziehungsweise der Schnittmenge aus der Meinungspluralität) zum Begriff Geotagging. Geokodierung wird beschrieben als „*Transformation in ein gewähltes geodätisches Bezugssystem, also*

⁷ <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//001700000165000000>

z.B. eine Kartenprojektion“ (BILL 1999, S. 141) einschließlich resampling bei Rasterdaten, sowie Bereinigung von Fehlern, die während der Aufzeichnung der Daten entstanden sind. „Nach der Geokodierung ist ein Datensatz messtechnisch bearbeitbar“ (ibd.). Somit ist auch Geokodierung ein Teilbereich der Georeferenzierung und wird ebenfalls im folgenden Unterkapitel erläutert. Geokodierung weist gewisse Überlappungsbereiche mit Geotagging (die messtechnische Weiterverarbeitung bei koordinatenbasiertem Geotagging), entspricht ihm aber nicht notwendigerweise (es findet während der Datenaufnahme keine Transformation statt, die Daten werden direkt in einem Bezugssystem aufgenommen, obwohl dieser weitere Schritt natürlich möglich ist).

In den bisherigen Definitionen fällt jenen, die sich bereits mit Geotagging beschäftigt haben, der Mangel an Bezug zu sozialen Medien wie Facebook und Twitter auf, sowie die maximal implizite Bezugnahme auf Geotagging mittels GNSS-unterstützter Endgeräte wie Smartphones, Tablets und Kameras auf. In dieser Form, gleichzeitig in Zusammenhang mit einem der größten Diskussionspunkte von Geotagging – nämlich der Privatsphäre –, wird Geotagging von Sarah Elwood ins Spiel gebracht. Sie bezieht sich auf Geotagging als einen der zentralen Prozesse des Geoweb, das sie als System versteht, welches hauptsächlich durch gemeinschaftlichen Input der User lebt, sowie aus

- Hardware (mobilen Endgeräten)
- Softwareobjekten (Applikationen und Diensten) und
- Programmieretechniken (Erstellung von Mashups, etc...)

besteht, die virtuelle Globen, interaktive Kartierplattformen, Interfaces zur Programmierung raumbasierter Anwendungen und technischen Standards (wie GPX) enthalten und durch die seine Form, seine Datenaggregation sowie die Verbreitung und Veröffentlichung bestimmt wird (ELWOOD 2011, S. 6). Wie sehr Geoweb und klassische GIS zusammenwach-

sen, erkennt man dabei an der Tatsache, dass Bill ein Geographisches Informationssystem definiert als *„rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden“* (BILL 1999, S. 4). Elwood beschreibt somit ein GIS mit gewissen Einschränkungen beziehungsweise Voraussetzungen, erweitert um das Internet. Zu Geotagging schreibt sie schließlich: *„A central practice associated with the geoweb is the ‘geotagging’ of online content, or the assignation of place names, latitude/longitude coordinates, or any other locational information to text, image, videos, or other Web content“* (ELWOOD 2011, S. 6).

Wie man dieser Meinungsvielfalt, was denn Geotagging nun eigentlich sei, entnehmen kann, ist es nicht einfach, eine Definition zu extrahieren, die für alle diese Untersuchungsfelder korrekt ist. Es ist daher eher sinnvoll, Geotagging dahingehend abzugrenzen, was es alles umfassen kann, und was zwar als Quasisynonym Verwendung findet, tatsächlich aber nicht als Geotagging zu verstehen ist.

Man kann für Geotagging zusammenfassend die Definition treffen, dass es sich sowohl um einen bidirektionalen Prozess (das Versehen eines Objekts mit Geodaten sowie die Extraktion selbiger) als auch um eine Beschreibung eines Objekts hinsichtlich seiner Geoposition handelt im Sinne eines Anhangs (im Objekt selbst oder begleitender Metadaten). Die Art des Objekts ist dabei keiner Einschränkung unterworfen, außer jener, dass es zumindest in irgendeiner Form digital vorhanden oder zumindest digitalisierbar sein muss, und die Verknüpfung mit realweltlichen Koordinaten sinnvoll mit der Art des Objekts zusammenpasst hinsichtlich zeitlicher und räumlicher Ausdehnung. Ausgenommen des folgenden Unterkapitels wird bei der Verwendung des Begriffs Geokodierung anstelle von Geotagging (um Wortwiederholungen zu vermeiden) die eben getroffene Eingrenzung implizit verwendet.

2.2 Stellung von Geotagging in der Georeferenzierung

Im vorhergehenden Kapitel wurden bereits einige Begriffe aus der Geoinformation verwendet, die zwar zum Teil synonym verwendet wurden, jedoch keineswegs in dieser Weise zu verstehen sind.

Der wichtigste Begriff war dabei ‚Georeferenzierung‘. Wie aus der diesbezüglich zitierten Definition von Bill hervorgeht, dient sie dazu, ein beliebiges Objekt/einen beliebigen Datensatz mit Informationen hinsichtlich seiner geographischen Lage sowie des dafür verwendeten Bezugssystems zu versehen. Dazu gehören prinzipiell Geobasisdaten wie die Parameter und Koordinaten eines geodätischen Koordinatenreferenzsystems. Auf die meisten europäischen Kartenwerke bezogen bedeutet dies heute die Verwendung von ETRS89 als geodätischem Datum, und UTM für die Darstellung. Ausdrücklich nicht umfasst ist die Überführung von Geoobjekten von einem Koordinatensystem in ein anderes.

Geokodierung beschreibt nach der Definition von Bill genau das, nämlich die tatsächliche Übernahme des Geoobjekts in ein Bezugssystem. In der Kartographie wird dabei noch zwischen verschiedenen Arten der Geokodierung unterschieden:

- (a) Adresskodierung
- (b) Koordinatenzuweisung
- (c) Implizite Geokodierung
- (d) Explizite Geokodierung

a) beschreibt dabei das Versetzen einer Adresse (indirekter Raumbezug) in ein räumliches Bezugssystem (direkter Raumbezug) (SCHULTE, LIPPMANN und SCHWEIKART 2010, S. 773). Durch die Adresse wird einem statischen Objekt eine eindeutige, menschenverständliche

Lokalisierungsmöglichkeit gegeben, durch die Geokodierung wird sie in ein System überführt, das es für ein GIS verständlich macht. Es sind jedoch nicht nur postalische Adressen als solche Adressen zu verstehen, auch Straßenkilometer einer Autobahn oder Autobahnauf- und -ausfahrten können als solche Adressen interpretiert werden. Besonders in der Statistik ist diese Methode von großem Nutzen⁸.

b) wird als Geotagging bezeichnet (vgl. GIS TEAM 2008) und beschreibt die einfache Zuweisung von Lageangaben (und optional Höhenangaben) zu einem Objekt. Prinzipiell ist dies auch richtig, wenn man von Geotagging als jenem Prozess ausgeht, in dem einem beliebigen digital gespeicherten Medium geographische Koordinaten zugewiesen werden. Geht man jedoch noch zusätzlich von der Bedeutung des Wortes Tag als in den Definitionen im vorhergehenden Unterkapitel erwähntem, semantischem Begriff aus, ist die Einreihung des Begriffs als Unterart der Geokodierung nicht mehr ganz stimmig. Gewiss bleibt es ein Teil der Georeferenzierung, aber die Geokodierung findet über einen Umweg statt, denn der Prozess des Taggens selbst überführt das getaggte Objekt nun keinesfalls direkt in ein anderes Bezugssystem. Ein menschenverständlich bezeichnetes Objekt („Hans am Strand von Caorle“) überführt ein entsprechendes Foto maximal in eine „mental map“ des Betrachters, keineswegs ist es in dieser Form etwa von einem GIS verwertbar.

Der Prozess der Koordinatenzuweisung funktioniert dabei in zwei Richtungen. Einerseits können direkt Koordinaten mit einem Objekt verknüpft werden, es können aber auch umgekehrt Objekte gefunden werden, die sich an oder in der Umgebung der gesuchten Koordinaten befinden, was im englischen Sprachgebrauch als reverse geocoding bezeichnet wird⁹ und zu einem Teil wieder zurück zu 1) verweist.

⁸ Vgl. <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=4509> (Zuletzt abgerufen am 20.9.2012)

⁹ <http://www.geonames.org/export/reverse-geocoding.html>

Durch c) werden einem Datensatz Transformationsvorschriften in zwei oder drei Dimensionen hinzugefügt, während die Daten selbst bei diesem Vorgang im Koordinatensystem des Modells verbleiben (GEO DATEN 2012). Dieser auch Kartenkalibrierung genannte Vorgang wird zum Beispiel verwendet, wenn eine Karte, die als NAD27 vorliegt, in einem System verwendet werden soll, das auf NAD83 eingestellt ist, die Transformationsvorschrift wird dabei nach NADCON berechnet¹⁰.

d) beschreibt schließlich die tatsächliche Transformation eines Datensatzes in ein anderes Koordinatensystem, der Datensatz bekommt die Realweltkoordinaten zugewiesen. Zusätzlich erfolgt eine Entzerrung des Datensatzes gegenüber diesem Koordinatensystem (ibd.).

Diese Auflistung sollte die Stellung von Geotagging in der Georeferenzierung verdeutlicht haben. Werden Koordinaten GNSS-gestützt beziehungsweise nachträglich über einen Dienst wie Google Earth oder einen Dienst speziell für Medientagging einem Objekt hinzugefügt, ist es Teil der Geokodierung. Geotagging findet meist in einem bestimmten geodätischen Datum statt, fast ausschließlich in WGS84. Sollen die mit Geotags versehenen Daten aber in einem anderen Datum verwendet werden, ist neben Geotagging ein weiterer Schritt der Georeferenzierung notwendig.

Um die bisher erarbeiteten Erkenntnisse dieser Arbeit besser überblicken zu können, folgt auf der nächsten Seite eine tabellarische Zusammenfassung. Die zum Teil fließenden Übergänge zwischen den genannten Bereichen sind zumindest semantisch angedeutet.

¹⁰

http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/net/shared/geoprocessing/coverage_toolbox/transforming_between_nad27_and_nad83.htm

Georeferenzierung	Geokodierung	Geotagging
Theoretisches Grundgerüst für die Übernahme von Objekten in räumliche Zusammenhänge	Praktische Anwendung der Georeferenzierung	Umsetzung von Aufgaben der Geokodierung bei einer nicht beschränkten Auswahl digitaler Ressourcen
Zuweisung von räumlicher Referenz und Lageangabe	Umsetzung der durch Georeferenzierung definierten Parameter	Versehen von Medien mit Ortsbezug im Moment der Aufnahme, beziehungsweise nachträgliche Synchronisierung mit zeitgleich aufgenommenen Raumdaten
Bidirektional im Sinne einer Ableitung einer räumlichen Referenz aus bereits referenzierten Daten neben der Funktion als referenzierender Vorschrift	Bidirektional im Sinne der Darstellung des Transformationsergebnisses (siehe Adresskodierung; kodierte Geobjekt vs. dazugehörige Adresse)	Bidirektionaler Prozess: Objekt wird mit Geodaten versehen, Geodaten werden extrahiert
Stark arbeitsplatzgebunden	Eher arbeitsplatzgebunden	Mobilgerätelastig, aber nicht auf sie beschränkt
Verwendung klassischer Geodaten	Einbeziehung alternativer Geodaten (z.B. Adressen)	Keine Einschränkung des Ausgangsmaterials, sofern es räumliche Rückschlüsse zulässt

Tabelle 1: Übersicht der Eigenschaften von Georeferenzierung, Geokodierung und Geotagging

2.3 Geotagging und Bezugssysteme

Während in der klassischen Kartographie eine Vielzahl von Bezugs- und Koordinatensystemen über die Jahrhunderte in Gebrauch waren, gibt es für Geotagging faktisch nur ein Bezugssystem: WGS84. Dies beruht auf der Tatsache, dass Geotags, die auf Basis von GNSS-Messungen beruhen, das für GPS maßgebliche geodätische Datum WGS84 verwenden. Medien, die nachträglich getaggt werden, werden schließlich meist auf Basis eines Onlineglobus beziehungsweise einer Onlinekarte geokodiert (da dies meist mit speziellen Tools vorgenommen wird, die sich an ein globales Publikum wenden, und darüber hinaus eine weltweite Vergleichbarkeit der Daten zum Ziel haben), denen ebenfalls WGS84 als geodätisches Datum zugrunde liegt, wie etwa Google Earth (STILLMAN 2009). Dieses Datum legt das Referenzellipsoid für GPS-Systeme fest (und stimmt bis auf Dezimetergenauigkeit mit dem ITRS überein, ebenfalls ein weltweites, dreidimensionales Bezugssystem (ITRF 2007)). Die einzelnen Onlinekarten unterscheiden sich dabei durch die Projektion. So verwendet Google Earth zum Beispiel eine einfache zylindrische Projektion¹¹, während Microsoft bei Bing Maps eine Mercatorprojektion verwendet¹².

In Österreich war bis vor kurzem das Datum Austria beziehungsweise MGI in Verwendung, bis die Umstellung auf ETRS89/UTM erfolgt ist. Das MGI (Militärgeographisches Institut, gleichzeitig Abkürzung des verwendeten geodätischen Datums) basierte auf einem an Österreich angepassten Referenzellipsoid nach Bessel. Die Umstellung auf UTM-Projektion und UTM-Koordinaten brachte auch die Umstellung des Referenzellipsoids nach GRS80 mit sich.

¹¹ <http://support.google.com/earth/bin/answer.py?hl=en&answer=148110>

¹² <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb259689.aspx>

2.3.1 GPS, WGS84, EGM

Ein Koordinatenreferenzsystem besteht also aus dem geodätischen Datum (das die Parameter des Koordinatensystems und dessen Position in Bezug zur Erdoberfläche beschreibende System (vgl. ORDNANCE SURVEY 2010, S. 17)) und einem Koordinatensystem. Für GPS-Systeme ist dieses System WGS84. Dieses beschreibt gleichzeitig ein Bezugssystem (=geodätisches Datum; die theoretischen mathematischen Parameter) als auch den Referenzrahmen (siehe auch SAPOS), also wie die Berechnungen in der Realität umgesetzt und vermessen werden (die Infrastruktur bekannter Punkte, die das System benutzbar machen ORDNANCE SURVEY 2010, S. 16f). Die Parameter von WGS84 lauten:

Parameter	Bezeichnung	WGS84	Fundamentalparameter
Große Halbachse	a	6.378.137 m	Ja
Abplattung	f	1/298,257223563	
Kleine Halbachse ($a \times (1-f)$)	b	6.356.752,3 m	
Winkelgeschwindigkeit	ω	$7,292115 \times 10^{-5}$ rad/s	Ja
Geozentrische Gravitationskonstante (einschließlich Atmosphäre)	GM_{\oplus}	$398.600,5 \text{ km}^3/\text{s}^2$	Ja
2. Zonale Harmonische (dynamische Abplattung)	$\bar{C}_{2,0}$	$-484,16685 \times 10^{-6}$	Ja

Tabelle 2: Parameter von WGS84 (nach SEEBER 1989, S. 28)

Da ein Koordinatenreferenzsystem jedoch nur die Höhe bezüglich des Referenzellipsoids oder -sphäroids definiert, die Erde jedoch nur genähert einem solchen entspricht, tatsächlich jedoch Assoziationen mit einer wenig symmetrischen Kartoffel weckt, schließt WGS84

auch ein Geoidmodell ein, um die Differenzen aus terrestrisch gemessenen Höhen und Höhen, die von Satelliten gemessen wurden, auszugleichen. Dazu müssen die Parameter des Schwerefeldes bekannt sein. Dieses wurde für WGS84 in drei Stufen aktualisiert: EGM84 (Earth Gravitational Model 84; das ursprüngliche Schweremodell) EGM96 und EGM2008. Das EGM2008 wurde im April 2008 in Wien präsentiert (PAVLIS 2008).

Das ursprüngliche Schwerefeldmodell hatte eine Auflösung von 1° und umfasste das Schweremodell bis Grad und Ordnung $n = m = 180$ (SEEBER 1989, S.28). Insgesamt gab es 32.755 Gravitationskoeffizienten¹³, von denen im Dezember 1991 von der US-amerikanischen DMA (Defense Mapping Agency; heute NIMA: National Imagery Mapping Agency) alle bis Grad (n) und Ordnung (m) $n = m = 18$ veröffentlicht wurden (TRUE 2004, S. 644). $C_{0,0}$ entspricht der geozentrischen Gravitationskonstanten GM_\oplus , die Koeffizienten ersten Grades sind mit dem Massezentrum der Erde verknüpft und daher Null (da das Massezentrum gleichbedeutend mit dem Mittelpunkt des Bezugssystems ist (vgl. DE LANGE 2005, S. 220), der größte Koeffizient ist $C_{2,0}$. Er beträgt $-484,16685 \times 10^{-6}$ und wird im GRS80 als dynamischer Formfaktor der Erde (J_2) ausgedrückt:

$$J_2 = -\sqrt{5} \bar{C}_{2,0} = 0,00108263$$

Dieser Wert hängt wiederum mit der Abplattung der Erde zusammen (der Unterschied zwischen großer und kleiner Halbachse der Erde):

$$a - b = f = 6378,137km - 6356,7523km \approx 21,385km$$

Die weiteren Koeffizienten dienen alle der Berechnung des Normalpotentials der Erde.

Die nächste Aktualisierung begann mit dem Jahr 1994 und führte 1996 zum EGM96. Die Auflösung betrug nun 15 Minuten, das Schweremodell war nun bis zu Grad und Ordnung $n = m$

¹³ <http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350.2-a/Chapter%205.pdf> (S.5-34)

= 360 berechnet, und verfügte über 130.317 Gravitationskoeffizienten (NIMA 2000, S.XI). Zwei Werte, die die Fundamentalparameter des ursprünglichen WGS84/EGM84 ausmachten, mussten daraufhin korrigiert werden. Zum einen wurde GM_{\oplus} aktuellen Berechnungen angepasst. Zum anderen wurde ein Fehler in der Berechnung von $C_{2,0}$ entdeckt. Dieser Koeffizient wurde daraufhin nicht mehr als Fundamentalparameter verwendet, sondern der Verhältniswert für die Abplattung f .

Die neuen Fundamentalparameter des Referenzellipsoids nach WGS84 lauteten somit:

Parameter	Bezeichnung	WGS84
Große Halbachse	a	6.378.137 m
Abplattung	f	1/298,257223563
Winkelgeschwindigkeit	ω	$7,292115 \times 10^{-5}$ rad/s
Geozentrische Gravitationskonstante (einschließlich Atmosphäre)	GM_{\oplus}	$398.600,4418 \text{ km}^3/\text{s}^2$

Tabelle 3: aktualisierte Parameter von WGS84

Da nun aber schon eine große Zahl von GPS-Geräten mit einem falschen Wert GM_{\oplus} von in Verwendung war, entschloss man sich dazu, im Operational Control Segment den alten Wert weiterzuverwenden. Die mit dem korrekten Wert vorausberechneten Satellitenbahnen werden tabellarisch an die GPS-Empfänger übermittelt, um zu gewährleisten, dass auch für ältere Empfänger die Satellitenposition relativ zur Erde richtig berechnet wird.

Die aktuelle Ausprägung des EGM trägt die Bezeichnung EGM2008. Die Auflösung wurde abermals erhöht, und beträgt nun $1' \times 1'$. Das Schweremodell umfasste nun Berechnungen bis Grad und Ordnung $n = m = 2160$ (durch Erweiterung des Modells steigt die Zahl der Grade auf 2190 (ARABELOS und TSCHERNING 2010, S. 644) die Zahl der Koeffizienten stieg da-

durch auf über 4,8 Millionen Koeffizienten (HIRT 2011, S. 3). Durch das geodätische Datum WGS84 und das dazugehörige Geoidmodell ist WGS84 horizontal als auch vertikal vollständig definiert. GPS-Messungen verwenden überwiegend noch das Geoid nach EGM96, während EGM2008 und davon abgeleitete Geoidmodelle zurzeit hauptsächlich für wissenschaftliche Berechnungen herangezogen werden. Für Österreich bedeutet EGM96 je nach Standort Differenzen von 43 bis 52 Metern zwischen Geoid und Referenzellipsoid¹⁴.

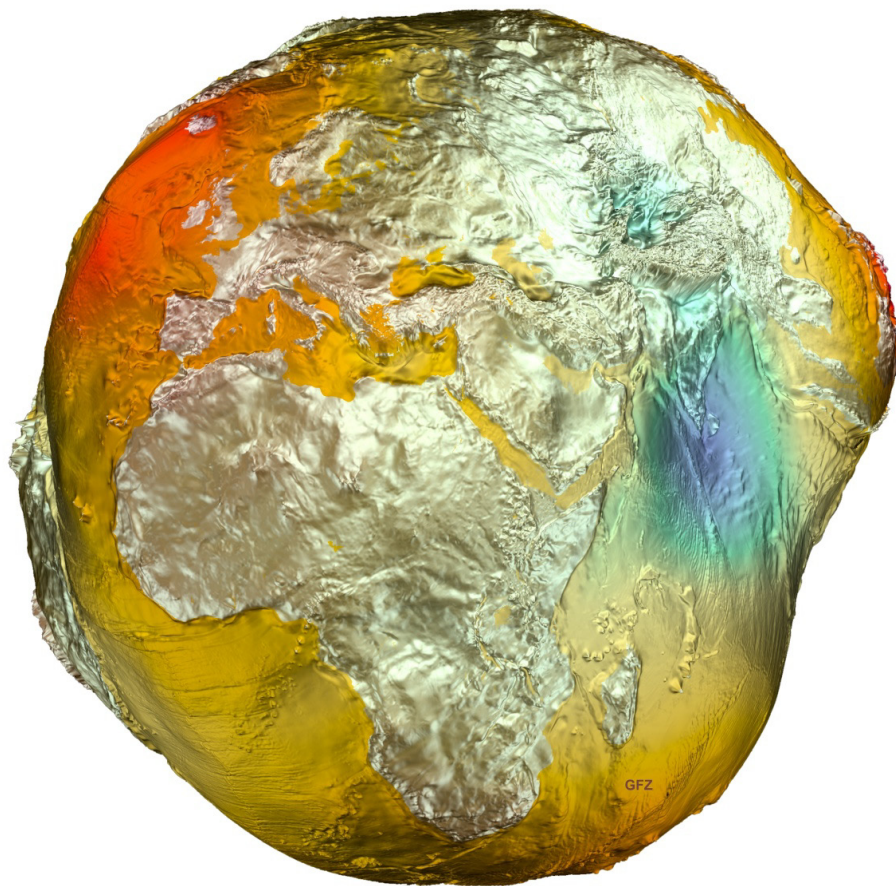


Abbildung 1: "Postdamer Kartoffel 2011" - Geoidmodell des GFZ (GeoForschungsZentrum) Potsdam¹⁵

Doch GPS ist nicht das einzige Satellitennetz, welches mittlerweile für Navigation, Positionierung und somit auch Geotagging verwendet werden kann. Zum Zeitpunkt der Fertigstel-

¹⁴ <http://home.wtal.de/noegs/special.htm>

¹⁵ http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Public+Relations/M40-Bildarchiv/Bildergalerie_Kartoffel/Geoid+2011?binary=true&status=300&language=de

lung dieser Arbeit ist zumindest ein weiteres System (weltweit) vollständig einsatzbereit: das russische GLONASS. Dass sich dieses auch relativ schnell in den genannten Bereichen durchsetzen wird – neben, nicht statt GPS – dürfte auch ein „Verdienst“ oft wiederholter Drohungen der russischen Staatsführung sein, die immer wieder Strafzölle auf die Einfuhr von Geräten (Smartphones, Tablets, Navigationsgeräten, etc.) ins Spiel brachten, die nur GPS unterstützten¹⁶. Da sich einerseits kein großer Hersteller den russischen Markt finanziell entgehen lassen möchte, andererseits Modelle mit reinen GLONASS-Empfängern wenig sinnvoll erscheinen (da das System eben erst vollständig in Betrieb ging und dies auch nur, weil Reservesatelliten in Standardbetrieb übernommen wurden), profitiert der Käufer aktueller GNSS-tauglicher Elektronik davon, dass kombinierte Chips (GPS+GLONASS) verbaut werden. Dadurch steht nicht nur GLONASS zur Verfügung, sondern wird automatisch zur Verbesserung der Genauigkeit herangezogen, da sich die Zahl der verfügbaren Satelliten bedeutend erhöht.

Das europäische System Galileo ist zwar konzeptionell relativ weit fortgeschritten, und auch Kooperationsverträge mit den USA bezüglich GPS wurden bereits unterzeichnet, allerdings befinden sich zu diesem Zeitpunkt gerade erst vier der 30 Satelliten – davon 27 in ständigem Betrieb und drei als Ersatz – im Orbit¹⁷. Ein regional funktionierendes System gibt es noch in China, Compass. Zwölf Satelliten (von geplanten 35) befinden sich zurzeit im All und erlauben den Betrieb des Systems in China und seiner näheren Nachbarschaft¹⁸. Entsprechend ihrer aktuellen Bedeutung (d.h. Einsatzbereitschaft) findet nur GLONASS im folgenden Unterkapitel Erwähnung.

¹⁶ http://russianamericanbusiness.org/web_CURRENT/articles/878/1/GPS-import-duties-to-promote-Russia%92s-GLONASS (Abgerufen am 12. April 2012)

¹⁷ <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/forschak/1865834/>

¹⁸ <http://www.dragoninspace.com/navigation/compass-beidou2.aspx>

2.3.2 GLONASS und PZ-90

GLONASS wurde ab 1972 wie GPS ursprünglich als militärisches satellitengestütztes Funknavigationssystem der Sowjetunion entwickelt. Durch mehrere Umstände (Ende des Kalten Kriegs sowie der kommunistischen Herrschaft, damit verbundene Finanzschwäche der folgenden Staatsführungen) verzögerte sich einerseits die Fertigstellung des Systems (erste Verfügbarkeit der vollen Konstellation 1996), andererseits wurde das System für die zivile Nutzung geöffnet (LKVK SAARLAND o. J., S. 1f). Die tatsächliche Betriebsbereitschaft der vollen Konstellation wurde entgegen den Planungen erst Ende 2011¹⁹ erreicht.

Wie bei GPS bilden auch hier die Satelliten das erste Segment des Systems, das Raumsegment. Je acht gleichmäßig verteilte Satelliten umkreisen auf drei Bahnebenen (mit einer Neigung von 64,8° gegen den Äquator) die Erde in einem mittleren Abstand von 19.100 km zur Erdoberfläche. Eine Erdumrundung dauert 11 Stunden, 15 Minuten und 44 Sekunden (ibd.). Im Gegensatz zu GPS steht ein Satellit nur jeden achten Sterntag über dem exakt selben Punkt der Erdoberfläche. Die Konstellation der Satelliten wiederholt sich zwar jeden Sterntag, aber mit wechselnden Satelliten an den darauffolgenden sechs Sterntagen, bis sie am achten Sterntag exakt wiederholt wird (EISSFELLER et al, S. 191). Die GPS-Satellitenbahnen lassen hingegen jeden Satelliten täglich einmal denselben Punkt überqueren. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass ein Satellit, der möglicherweise fehlerhafte Daten sendet, am nächsten Tag in der gleichen Region die Messung nicht mehr verfälscht.

Gemeinsam mit GPS hat GLONASS wiederum das Frequenzband, auf welchem die Satelliten ihre Daten an die Geräte auf dem Boden (beziehungsweise im erdnahen Raum) senden, das L-Band. Die beiden Frequenzen auf denen GLONASS-Satelliten senden, sind dabei $L_1 = 1.602$

¹⁹ <http://de.rian.ru/science/20111208/261749862.html> (Abgerufen am 02.05.2012)

MHz und $L_2 = 1.246$ MHz. Je nach Satellit wird zur Identifizierung zu dieser Frequenz noch eine zusätzliche Kanalfrequenz zu L_1 und L_2 addiert, wobei Satelliten auf entgegengesetzten Positionen auf der Umlaufbahn jeweils die gleiche Kennung (=Frequenz) erhalten, was durch die Tatsache, dass das Signal des jeweils anderen Satelliten zwangsweise durch die Erde abgeschirmt wird, kein Problem darstellt (vgl. EISSFELLER et al, S. 187).

Das Bezugssystem für GLONASS ist das PZ90 (Parametri Zemli) welches sich in seinen Parametern leicht von WGS84 unterscheidet, wie die folgende Tabelle zeigt:

PZ90	Parameter	WGS84
6.378.136 m	Große Halbachse	6.378.137 m
1/298,257839303	Abplattung	1/298,257223563
$7,292115 \times 10^{-5}$ rad/s	Winkelgeschwindigkeit	$7,292115 \times 10^{-5}$ rad/s
398.600,4418 km ³ /s ²	Geozentrische Gravitationskonstante (einschließlich Atmosphäre)	398.600,4418 km ³ /s ²

Tabelle 4: Vergleich der Parameter von PZ90 und WGS84 (nach RAO 2010, S. 190)

Die Überführung von PZ90 in WGS84 erfolgt über eine Helmert-Transformation mit sieben Parametern. Diese unterscheiden sich aber je nach Literatur. ZINOVIEV (2005, S. 1049) listet beispielsweise acht Transformationsmöglichkeiten auf, die sich durch ihre Methodik und die Anpassung auf Regionen oder globale Gültigkeit unterscheiden.

Transformationsparameter für PZ90 (GLONASS)						
ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)	R_x (arcsec)	R_y (arcsec)	R_z (arcsec)	σ ($\times 10^{-6}$)
Misra P. et al. (1996) [Ephemeridenmethode (Global)]						
0	2,5	0	0	0	-0,392	0
Roßbach U. et al. (1996) [Koordinatenmethode (Europa)]						
0	0	0	0	0	-0,330	0

Transformationsparameter für PZ90 (GLONASS)						
ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)	R_x (arcsec)	R_y (arcsec)	R_z (arcsec)	σ ($\times 10^{-6}$)
Mitrikas V.V. et al. (1998) [Ephemeremethode (Global)]						
-0,47	-0,51	-2,00	-0,002	-0,001	-0,356	0,022
IGEX-98, BKG (1999) [Ephemeremethode (Global)]						
0,06	0,07	-0,57	0,035	-0,021	-0,358	-0,01
IGEX-98 BKG/ESA (2000), 1040-1058 (GPS weeks) Zinoviev A.E. [Ephemeremethode (Global)]						
0,00	-0,18	-0,36	0,10	0,007	-0,343	0,016
IGEX-98 (2000), Ostach O.M. [Ephemeremethode (Global)]						
-0,03	-0,18	-0,49	0,009	-0,003	-0,358	0,014
Roßbach U. (2001) [Direkte Schätzung (Global)]						
0,40	0,36	-0,48	0,024	-0,012	-0,343	0
Boucher C., Z.Altamimi (2001) [Ephemeremethode (Global)]						
0,07	0,00	-0,77	0,019	0,004	-0,353	-0,003

Tabelle 5: Transformationsparameter für PZ90 nach WGS84 (ZINOVIEV (2005, S. 1049), Übs. A. G.)

Diese Tabelle zeigt, dass es noch lange keinen gültigen Transformationsstandard von PZ90 nach WGS84 gibt. Zinovievs Ausführungen implizieren, dass kombinierte GNSS-Empfänger die empfangenen Bahndaten der GPS-Signale mit dem GLONASS-Signal erreichen, allerdings nicht, welche Transformation dabei stattfindet, außer, dass es sich um die Ephemeremethode handelt. Die einzige Voraussetzung, die dabei als sicher angenommen werden kann, ist die Rotation um die Z-Achse um etwa ein Drittel einer Bogensekunde, was sich durch die etwas verschobene Lage dieser Achse bezüglich der Pole gegenüber WGS84 erklärt.

2.3.3 Bezugssysteme in Österreich

Die Bezugssysteme in Österreich werden zwar üblicherweise nicht zum Aufnehmen von Geotags verwendet, finden aber Erwähnung, da es notwendig ist, sie zu kennen, sollen per Geotagging geokodierte Punkte in eine Karte einfließen, die auf einem österreichischen Datum beruht.

Wie bereits erwähnt, ist in Österreich noch in vielen Bereichen das Datum MGI in Verwendung. Es bezieht sich auf ein Besselellipsoid, welches im Gegensatz zum Referenzellipsoid des WGS84 exzentrisch zum Erdschwerpunkt liegt (BEV 2006, S. 1).

MGI	Parameter	WGS84
6.377.397,155 m	Große Halbachse	6.378.137 m
6356078,9628181886 m	Kleine Halbachse	6.356.752,3142451793 m
1/299,152812799	Abplattung	1/298,257223563

Tabelle 6: Parameter des MGI im Vergleich zu WGS84 (nach RIEDL 2011, S. 19f)

Das neue Datum ETRS89 basiert auf GRS80, ebenso wie WGS84, unterscheidet sich aber in der Berechnung der Abplattung, und somit in deren Wert als auch im daraus resultierenden Wert der kleinen Halbachse.

ETRS89	Parameter	WGS84
6.378.137 m	Große Halbachse	6.378.137 m
6.356.752,3141403558 m	Kleine Halbachse	6.356.752,3142451793 m
1/298,257222101	Abplattung	1/298,257223563

Tabelle 7: Parameter des ETRS89 im Vergleich zu WGS84 (nach MAPREF.ORG 2010)

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, unterscheidet sich die kleine Halbachse somit um gerade etwas mehr als 0,15 Millimeter. Für die praktische Anwendung wird WGS84 und GRS80

und somit ETRS89 gleichgesetzt, wobei im Falle von ETRS89 noch die Verknüpfung mit der Eurasischen Platte hinzukommt, welche die Kontinentaldrift mit einbezieht. Diese vergrößert die Distanz zwischen Europa und Amerika zwischen einem und drei Zentimetern pro Jahr (BERNHARSEN 2002, S. 115), Schweden bewegt sich beispielsweise 2,5 Zentimeter in nordöstlicher Richtung (LANDMÄTERIET 2009, S. 2).

3 Tagbare Medien

Nachdem nun erläutert wurde, was Geotagging eigentlich ist, und worauf es sich bezieht, gilt das nächste Kapitel der Frage, welche Medien überhaupt mit derartigen raumzeitlichen Angaben versehen werden können.

In den nachfolgenden Kapiteln wird das Thema Qualität unter zweierlei Aspekten beleuchtet: Einerseits geht es natürlich um die Qualität der Metadaten, speziell eben der Geotags, hinsichtlich der räumlichen Genauigkeit. Andererseits ist es ebenso notwendig, auch auf die Qualität des optisch und akustisch Wahrnehmbaren einzugehen: des Fotos, in der Folge aber auch Videos oder Tonaufnahmen. Weniger jedoch geht es um Qualität der Texte, wie in geotaggtten Webseiten, GeoRSS-Feeds, oder SMS beziehungsweise Tweets. Bei diesen Medien ist immer die Güte und Zuverlässigkeit des Geschriebenen zu untersuchen.

3.1 Fotos

Fotos sind die wohl am weitesten verbreiteten digitalen Medien mit Raum- und Ortsbezug. Erste GPS-erweiterte Kameras gab es bereits in den späten 1990ern, als die FSD (Federal System Division) in erster Linie für Kunden wie US-Regierungsbehörden oder den Armeesektor 1997 (McGARVEY 2004, S. 20) die Kameraserien DCS 4XX sowie SCS 1000xx (ibid., S. 10f). einführte. Beide Kameraserien basierten auf existierenden Modellen von Großherstellern (Nikon beziehungsweise Canon) erweitert um Komponenten und Know-how von Kodak. Der Einzug von GNSS-Daten in die Digitalfotographie war allerdings zu Beginn nicht so komfor-



Abbildung 2: Verschiedene Wege zum getaggtten Foto - Nikon D1x mit Garmin Foretrex 101, Nokia 808 Pureview, Ricoh G700SE (von links nach rechts unten)²³

tabel wie heute, wo viele elektronische Geräte wie nicht zuletzt Kameras und Smartphones GNSS-Empfänger eingebaut haben.

Erste für gewöhnliche Konsumenten erhältliche Kameras mit der Möglichkeit, einen GPS-Empfänger anzuschließen, kamen Anfang 2001 auf den Markt, die Nikon D1X beziehungsweise ihr Schwestermodell D1H²¹, sowie die Kodak DCS 760 (MONTANARO 2010, S. 30f). Im Falle der Nikon konnte über einen RS-232c Anschluss die Verbindung mit einem externen GPS-Gerät hergestellt werden. Dieses konnte dann über das NMEA Protokoll 0183 Länge, Breite und Höhe in die Metadaten des Fotos einfügen (NIKON 2002). Sofern man sich jedoch die Mühe machte, einen geeigneten Adapter für den Anschluß dieses GPS-Geräts zu basteln: für die Verbindung mit dem RS-232c-Terminal der Kamera war ein 2,5mm Klinckenstecker notwendig, der in dieser Form jedoch weder von Nikon noch von anderen Herstellern pro-

²⁰ Quellen Abb. 2:

<http://www.rigert.com/fotografieren/2005-10-23-17-48-16.JPG>;

http://smartphones2013.com/wp-content/uploads/2012/06/nokia_808.jpg

<http://www.bestgear.jp/folder/h-river/img/20100921225554.jpg>

²¹ http://www.digitalkamera.de/Testbericht/Nikon_D1H_und_Nikon_D1X/841.aspx

duziert wurde (PETERSON 2001). Dieser Aufwand, in Verbindung mit dem für Kameras mit heute bescheiden anmutenden 5,8 beziehungsweise 2,6 Megapixel und damaligen Verkaufspreisen zwischen 5.000 und 6.500 Euro²² auch noch damals ebenfalls nicht günstige GPS-Geräte zu kaufen, hätte auf Dauer sicher nicht den Erfolg gebracht, den etwa Panoramio (6,8 Millionen geogetaggte Fotos 2008²³, neuere Daten wurden nicht publiziert) oder Flickr (6 Milliarden Fotos 2011²⁴, fast 3,3 Millionen davon sind mit Geotags versehen²⁵) heute haben, ist aber typisch für Elektronikhersteller, die über ohnehin teurere Modelle neue Funktionalitäten auf dem Markt testen, um sie später in größeren Stückzahlen produzieren zu können (so bietet alleine Nikon aktuell drei Kompaktkameras mit integriertem GPS²⁶ an, die aktuellen Spiegelreflexkameras können zumeist über ein GPS-Aufsteckmodul mit dieser Funktionalität ausgerüstet werden²⁷).

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass auch Fotos von analogen Spiegelreflexkameras mit einem Geotag versehen werden konnten, über den Umweg, über einen seriellen Anschluss Metadaten auf einem digitalen Speicher abzulegen (vgl. RIGERT 2006). Nach dem Einscannen der Fotos kann man die Metadaten des Scanners dann durch jene des Kameraspeichers ersetzen. Da die Gruppe der Analogfotographen und jene der GNSS-Enthusiasten eine relativ kleine Schnittmenge bilden, darf diese Methode als sehr rar eingestuft werden.

Viel verbreiteter ist heutzutage der direkte Weg, digitale Fotos entweder automatisch sofort mit Geotags zu versehen beziehungsweise gesondert einen GNSS-Track aufzuzeichnen, und

²² <http://www.webdigital.de/d1/preis.htm> (Abgerufen am 25.09.2012)

²³ http://www.gearthblog.com/blog/archives/2008/01/panoramio_layer_adds_2_million_phot.html (Abgerufen am 12.04.2012)

²⁴ <http://blog.flickr.net/en/2011/08/04/6000000000/> (Abgerufen am 20.09.2012)

²⁵ <http://www.flickr.com/map> (Abgerufen am 03.09.2012)

²⁶ Ergebnis der Suche auf <http://www.dpreview.com/> (Abgerufen am 03.05.2012)

²⁷ <http://www.nikonusa.com/Nikon-Products/Product/GPS/25396/GP-1-GPS-Unit.html> (Abgerufen am 03.05.2012)

dann im Moment der Aufnahme einen Wegpunkt zu setzen, oder aber auch nachträglich mit einem guten Orientierungssinn und Tools wie Geosetter²⁸ oder professionellen Fotobearbeitungstools, die über Geofunktionalität verfügen, wie zum Beispiel Adobes Photoshop Lightroom²⁹. Wie dies von statten geht und welche Informationen dabei gespeichert werden, hängt vom jeweiligen Equipment ab.

3.1.1 Voraussetzungen der Aufnahmegeräte

Digitalkameras mit GNSS-Chip sind noch lange kein Standard, wie dies etwa bei Smartphones der Fall ist. Darüber hinaus ist auch ein gewisses Gefälle zu betrachten, wenn man Bildqualität und GNSS-Verfügbarkeit gegenüberstellt: Spiegelreflexkameras – beziehungsweise moderne System- und Rangefinderkameras – (denen aufgrund ihrer größeren Bildsensoren eine hohe Bildqualität attestiert wird), haben so gut wie nie eingebaute GNSS-Empfänger (nur Sony baut zurzeit GNSS-Empfänger in drei seiner Modelle ein), können aber zumeist über verschiedene Anschlüsse zum direkten Auslesen von GNSS-Daten bewegt werden. Hinsichtlich der Ortungsqualität stellt dies das geringere Problem dar, da man so nicht auf einen eingebauten Empfänger angewiesen ist, der unter Umständen schlechtere Ergebnisse liefern kann (schlechte Platzierung der Antenne im Gehäuse, etc). Allerdings bedeutet dies eine Mehrausgabe für den Fotografen und somit unter Umständen weniger verfügbare hochwertige Bilder mit Ortsbezug, wenn man etwa Bilder für geographische Applikationen von Seiten wie Flickr sammelt und sie nicht selbst aufnimmt. Abgesehen davon fehlt die ständige Verfügbarkeit der Lokalisierungsmöglichkeit, sollte man das externe Gerät vergessen haben, oder dieses keinen Strom mehr haben.

²⁸ <http://www.geosetter.de/>

²⁹ <http://lightroomsecrets.com/2012/05/geotag-photos-pro/>

Digitalkameras, bei denen das Objektiv nicht gewechselt werden kann, verfügen schon weitaus öfter über eingebaute GNSS-Empfänger, können dafür jedoch seltener während der Aufnahme mit externen Empfängern verbunden werden. Da bei solchen Kameras allerdings die Bildsensoren zum Teil beträchtlich kleiner sind als bei den zuvor genannten, geht der Zuwachs in GNSS-verorteten Fotos mit einer möglichen Reduzierung der Bildqualität einher. Allerdings nimmt der Trend zu Kompaktkameras mit integriertem Objektiv stetig ab, während Interesse und Verkauf von Kameras mit Wechseloptik steigen³⁰. Zwar ist die Gesamtzahl der Wechselobjektivkameras noch weitaus geringer, der gesteigerte Bedarf nach diesem Kameratyp dürfte sich aber in den nächsten Jahren positiv auf die Bildqualität der verfügbaren geogetaggtten Bilder niederschlagen.

Der Kameratyp mit den zu erwartenden relativ schlechtesten optischen Ergebnissen ist ausgerechnet jener mit der wahrscheinlichsten Geotaggingkompatibilität, und den die meisten dauernd bei sich tragen: das Handy, beziehungsweise Smartphone. Aufgrund der Gerätegröße sind die Kamerachips in Smartphones zumeist abermals kleiner als in kompakten Kameramodellen. Gleichzeitig kann man aber speziell bei neuesten Smartphones von GNSS-Funktionalität ausgehen, laut ST-Ericsson ist eine vollständige Marktdurchdringung von Smartphones mit GNSS-Chips erreicht³¹. Darüber hinaus hat man den Vorteil, dass externe GNSS-Empfänger leicht über Bluetooth verbunden werden können (ebenso in jedem Smartphone vorhanden³²). Somit hat man, was die GNSS-Funktionalität betrifft, die größte Flexibilität.

³⁰ http://www.cipa.jp/english/data/pdf/d_2011_e.pdf

³¹ <http://www.stericsson.com/technologies/gps.jsp>

³² <http://www.bluetooth.com/Pages/Smartphones.aspx>

3.1.2 Tagbare Formate

Seit den Ursprüngen der Digitalfotographie haben sich drei Formate für Fotos durchgesetzt: JPEG, TIFF und RAW (dieses in verschiedenen Abwandlungen). Wiederum lassen sich hier drei Kategorien bilden: die Masse der Digitalkameras und Fotosmartphones beherrschen nur JPEG (streng genommen beschreibt JPEG – benannt nach der Joint Photographic Experts Group – die Kompressionsmethode, gespeichert wird im Format JFIF – JPEG File Interchange Format³³), da es einerseits aufgrund seiner Kompression genügend Platz lässt um relativ viele Fotos auf dem vorhandenen Speicher unterzubringen, andererseits lassen die Kompressionsalgorithmen eine Qualität zu, die für die meisten Anwendungen und Anwender ausreichend ist (SALOMON 2007, S. 337ff).

Als verlustfrei komprimierendes Format (verlustbehaftete Kompression ist außerhalb der Kamera zwar möglich, wird aber in Digitalkameras nicht eingesetzt, da mit JPEG ohnehin eine verlustbehaftete Kompression zur Verfügung steht³⁴) hat sich TIFF durchgesetzt, speziell in Zusammenhang mit einer Weiterverarbeitung der Bilder als Printprodukt³⁵ (im Bereich Kartographie wird allerdings meist auf das später – speziell für diesen Zweck – entwickelte Format GeoTIFF zurückgegriffen³⁶). Abgesehen von der Vielseitigkeit des Formats (Codierung in 8 oder 16 Bit, Kompressionsmöglichkeiten) und seiner Portabilität (TIFF ist lizenzfrei und somit auf vielen Plattformen ohne weiteres darstellbar) liegt die große Stärke von TIFF in den erschöpfenden Möglichkeiten der Beschreibung des Dateiinhalts mit Metadaten, wie schon der Name des Formats ausdrückt: Tagged Image File Format.

³³ <http://www.jpeg.org/public/jfif.pdf>

³⁴ Vgl. <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/imagetypes.htm>

³⁵ <http://www.lepen.de/assets/files/datenfor.pdf>

³⁶ <http://www.remotesensing.org/geotiff/spec/geotiff1.html>

Mittlerweile lässt die Verbreitung von TIFF jedoch nach. Da TIFF meistens höherwertigen Kameras vorbehalten war, diese aber zumeist auch RAW beherrschen, werden Fotos heute meist entweder als JPEG oder als RAW-Format (beziehungsweise beides, je nach Möglichkeiten der Kamera) gespeichert, da der Speichervorgang für TIFF meist auch länger dauert, das Format aber nicht die umfangreichen Nachbearbeitungsmöglichkeiten von RAW bietet. Sowohl JPEG als auch TIFF entsprechen dem EXIF-Standard (Exchangeable Image Format) und speichern alle Metadaten innerhalb der Bilddatei kameraseitig als Attributtabelle im Header (somit vor den tatsächlichen Bilddaten) ab (WALTER 2005, S. 111f).

RAW stellt per se eigentlich kein Format, sondern eine Familie an Formaten dar (MARQUES 2011, S. 27), die im Prinzip die Grundidee gemein haben, unverarbeitete Rohdaten zu speichern (das Licht, das auf den Sensor fällt, wird als elektrische Ladung verzeichnet. Da auf diese Weise nur Grauwerte verzeichnet werden, sind die einzelnen Elemente der Lichtsensoren mit Farbfiltern bedeckt, so dass jedes Element nur eine einzelne Farbe – typischerweise RGB – registriert (FRASER 2004, S. 1ff)), im Gegensatz zu einer verarbeiteten bildlichen Präsentation der Aufnahme. Man kann RAW-Files als digitales Negativ begreifen, das erst entwickelt werden muss.

Der große Vorteil in der Verwendung von RAW-Daten liegt in der Möglichkeit, einen Großteil der Kameraeinstellungen verändern zu können. So ist es machbar, unter- oder überbelichtete Fotos in einen brauchbaren Zustand zu überführen. Nicht nur in der generellen Photographie ist dies hilfreich. Auch bei Kartierungen, bei denen es etwa darum geht, Bodentypen oder Felsformationen zu kartieren, kann dies durchaus hilfreich dabei sein, um zum Beispiel Farbabstufungen sichtbar zu machen, die bei zu kurzer Belichtung nicht erkennbar gewesen wären, oder eine im Schatten gelegene Felsgruppe zu erkennen.

Es gibt zwar einen Standard für dieses Format (ISO 12234-2, TIFF/EP³⁷), allerdings führt jeder Kamerahersteller eigene Formate ein, die stark variieren können, und völlig offengelegt sein können, genauso aber auch gänzlich ohne öffentlich zugängliche Dokumentation existieren, was besonders zu Problemen führt, wenn ein Format eines Herstellers durch ein neueres Format abgelöst wird, und die archivierten Aufnahmen in einem technisch überholten, undokumentierten und dadurch unter Umständen nicht mehr unterstützten Format vorliegen. Software, die sich auf die Verarbeitung solcher proprietärer RAW-Formate spezialisiert, kann somit bis zu 200 verschiedene Formatabwandlungen unterstützen³⁸. Adobe bemüht sich schon seit mehreren Jahren, DNG (Digital Negative) als einheitliches Format einzuführen: öffentlich dokumentiert, in sich abgeschlossen, mit umfangreichen Metadaten versehen³⁹. Bisher scheitert dies aber am Widerstand der großen Hersteller wie etwa Nikon⁴⁰ oder Canon. Durch die uneinheitliche Spezifizierung von RAW-Daten gibt es zur ohnehin schon unterschiedlichen Ausprägung der Metadaten nach Kamerahersteller auch verschiedene Speichermöglichkeiten der Metadaten und somit auch der Angabe von Geotags.

3.1.3 Metadaten

Wie im vorangegangenen Kapitel bereits angeschnitten, sind die Speicherorte der Metadaten die wesentlichen Quellen, um Geotags auszulesen. Der bekannteste Standard ist be-

³⁷ <http://myyellowbasket.com/ancestrydetectives/images/Photo%20Formats.pdf>

³⁸ <http://www.openraw.org/info/index.html>

³⁹

http://www.images.adobe.com/www.adobe.com/content/dam/Adobe/en/products/photoshop/pdfs/dng_spec.pdf

⁴⁰ <http://www.dpreview.com/news/2005/4/22/nikonresponse>

stimmt EXIF, allerdings herrscht einerseits Mehrdeutigkeit bei der Interpretation der einzelnen Einträge, da der Kamerahersteller möglicherweise andere Bezeichnungen wählt, als im EXIF-Standard vorgesehen (vgl. FRASER und SCHEWE 2008, S. 352), andererseits kann es auch bei der Manipulation der Bilder in einem Bildbearbeitungsprogramm zu Problemen kommen, etwa, dass die Metadaten falsch ausgelesen werden, nicht mit dem Foto synchronisiert werden, oder auch verschiedene Metadatatypen nicht miteinander synchronisiert werden, wie etwa EXIF und XMP-Daten eines Fotos (vgl. METADATA WORKING GROUP 2010, S. 16).

EXIF-Daten werden automatisch in jedem JPEG (und in TIFF-basierten RAW-Formaten) gespeichert. Sie stammen direkt von der Kamera, und enthalten in erster Linie Daten zu Objektiv, Belichtung, Blende, etc. Diese Kerndaten und das dazugehörige Bild werden auf der folgenden Seite gezeigt:

Make	Pentax
Camera Model Name	PENTAX K-x
Shutter Speed Value	1/320
Aperture Value	4.0
Exposure Program	Aperture-priority AE
Date/Time Original	2011:08:19 17:17:45
Exposure Compensation	0
Focal Length	100.0 mm
ISO	100
Flash	Off, Did not fire

Tabelle 8: Beispiel für EXIF-Daten einer DSLR (Kerndaten, eigene Daten)



Abbildung 3: Eigenes Foto zu Tabelle 8

Diesen Daten kann man nun also entnehmen, dass am 19. August 2011 kurz vor 17.18 Uhr mit einer Pentax K-x ein Foto geschossen wurde, ohne Blitz, mit einer Brennweite von 100mm (150mm bezogen auf 35mm Kleinbildformat, da es sich um eine Spiegelreflexkamera mit einem Cropfaktor von 1,5 handelt), mit einer Verschlusszeit von 1/320 Sekunde und einer Blende von 4.0. Die Verschlusszeit wurde dabei von der Kamera automatisch gewählt, da der Modus ‚Zeitautomatik‘ (beziehungsweise Blendenvorwahl, die Blende wird manuell gewählt) eingeschaltet ist. Diese Daten stehen im gespeicherten JPEG alle vor dem eigentlichen Foto, dem man schnell ansieht, dass die Verschlusszeit kurz ist, da es tatsächlich ein sonniger Tag gewesen ist.

Mit diesen Daten hat man jedoch erst einmal nur ein Bild, das offensichtlich einen Strand zeigt. Fügt man vielleicht noch eine Beschreibung zu dem Bild hinzu, könnte man noch erfahren, dass das Foto in Skala Kallonis auf der griechischen Insel Lesbos aufgenommen wur-

de. Damit hätte man aber immer noch erst einen Strandabschnitt von einigen Kilometern Länge definiert. Eine eindeutige Positionierung ist möglich durch die zum GPS gehörenden EXIF-Daten:

GPS Version ID	2.2.0.0
GPS Latitude Ref	North
GPS Latitude	39.206694°
GPS Longitude Ref	East
GPS Longitude	26.204678°
GPS Time Stamp	17:17:45
GPS Img Direction Ref	True North
GPS Img Direction	178.24
GPS Map Datum	WGS-84
GPS Date Stamp	2011:08:19

Tabelle 9: GNSS-Teil der EXIF-Daten

Nun sind grundsätzlich die relevanten Positionsdaten vorhanden: die Länge und Breite in Dezimalgrad, die Richtung der Aufnahme mit Bezug auf geographischen (nicht magnetischen) Norden, das Bezugssystem und die Uhrzeit (GPS Atomuhr nach UTC, je nach Hersteller auch mit Z für Zulu Time gekennzeichnet). Wenn man die Daten betrachtet, merkt man an einigen fehlenden Einträgen, dass es sich wohl um einen manuell gesetzten Geotag handelt. Der GNSS-Anteil der EXIF Metadaten kann insgesamt 32 Attribute enthalten. Maßgeblich dabei sind noch GPSAltitude und GPSAltitudeRef für die GPS-Höhe beziehungsweise ihre Lage bezüglich Normalnull (0 entspricht über Null, 1 entspricht Höhen unter dem mittleren Meeresspiegel) sowie GPSMeasureMode, GPSDOP, GPSSatellites, GPSDifferential und GPSPositioningError (CIPA 2010, S. 68ff).

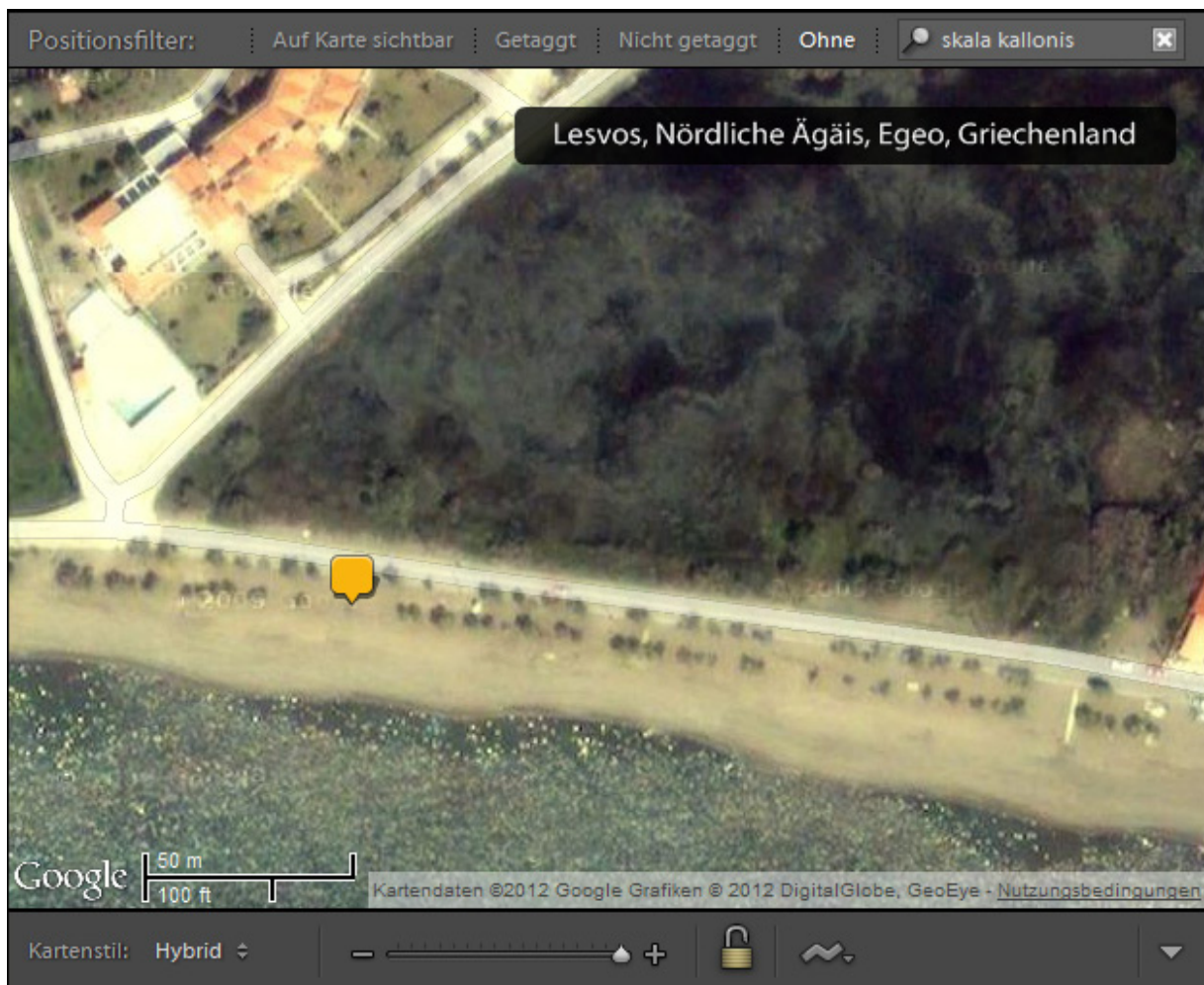


Abbildung 4: Kameraposition anhand der EXIF-Daten in Adobe Lightroom 4

GPSTimeMode gibt an, ob eine zwei- oder dreidimensionale Satellitenmessung vorliegt. Davon hängt auch der Wert ab, der unter GPSDOP verzeichnet wird: bei zweidimensionalen Messungen liegt der Wert als HDOP vor, bei dreidimensionalen Messungen als PDOP (für die Bedeutung und Erklärung der beiden Abkürzungen siehe Kapitel „Fehlerquellen von GNSS-Messungen“). GPSSatellites speichert die bei der Messungen verfügbaren Satelliten, GPSTDifferential gibt an, ob Korrekturdaten bei der Messung verwendet wurde, und GPSTimePositioning Error gibt den horizontalen Positionierungsfehler in Metern an (CIPA 2010, S. 68ff).

3.2 Videos

Anders als bei Fotokameras ist die Verbindung mit GNSS und Geotagging bei Videos und Videokameras noch nicht so verbreitet. Dies betrifft Geräte als auch Standards, mit denen Geotags in Videodateien gespeichert werden. Gleichzeitig führen Videos einen neuen Faktor in den Bereich Geotagging ein, nämlich Dynamik. Diese Dynamik ist dabei zweidimensional: einerseits ist der Inhalt, den es zu Taggen gilt, bewegt, im Gegensatz zur Momentaufnahme eines Fotos. Gleichzeitig kann sich auch die Position der Kamera verändern, während weiter Daten aufgenommen werden. Im ersten Fall ist bei der Sammlung der Lagedaten kein großer Unterschied zur Fotografie, es ändert sich nur die temporale Komponente. Ist die Aufnahmeposition selbst jedoch dynamisch, gilt es, diese Dynamik auch in den Geotags zu verzeichnen. Diese Problematik betrifft nicht zuletzt mit Smartphones gedrehte und getaggte Videos. So können auf Apples iPhone Videos mit fortlaufenden Geotags gespeichert werden, da das Quicktime Movie Format dies unterstützt (als NMEA 0183 (STOIMEN 2011)). Das konkurrierende Betriebssystem Android (in MP4 aufgenommen) unterstützt diese Funktion nur insofern, als dass ein Geotag in der Datenbank des Geräts selbst mit dem Video verknüpft wird, jedoch nur, um den Anfangspunkt des Videos zu markieren (ibd.). Für eine bewegte Kameraposition also ungeeignet.

Eine der ältesten und gleichzeitig einfachsten Methoden wurde bereits 1997 von der Firma Red Hen Systems⁴¹ entwickelt. Anders als die bisher gezeigten Metadatentypen liegt hier einer Datei kein alphanumerisch aufgebautes System aus Attributen und Werten bei, sondern es wird in einem Audiokanal ein Rauschen verursacht, ähnlich dem Einwahlgeräusch

⁴¹ http://www.redhensystems.com/video_mapping_hardware

eines alten Modems⁴². Der Vorteil dieses Systems liegt in der Tatsache, dass die solcherart mit dem Video verknüpften Geodaten auch durch Bearbeitungen wie Schnitt oder ähnliches nicht verloren gehen oder asynchron werden. Darüber hinaus ist man an kein Dateiformat gebunden, die geographische Verknüpfung bleibt selbst bei analogen Videos erhalten. Der Nachteil liegt jedoch darin, dass man erstens spezielle Geräte braucht, um diese Daten dem Video zuerst hinzuzufügen, und später auch wieder auslesen zu können. Ebenso ist es nicht für Anwendungen geeignet, bei denen der Originalton der Videoaufnahme relevant ist.

Um diesem Problem aus dem Wege zu gehen, werden bei digitalen Videos klassische Metadaten hinzugefügt. Dies ist jedoch auf wenige Formate beschränkt, da in den Formaten mit der größten Verbreitung diese Funktionalität nicht vorgesehen war, und offensichtlich auch nicht ohne weiteres hinzuzufügen ist. So bleibt im Prinzip das bereits erwähnte Quicktime Movie Format. Die Genauigkeit, mit der jedes einzelne Bild eines Videos einer Position zugeordnet werden kann, hängt nun von der Rate ab, mit welcher der GNSS-Chip der Kamera die Position misst. Gute GNSS-Kamera-Kombinationen kommen auf vier Hertz, also vier Positionsbestimmungen pro Sekunde⁴³. Zieht man zum Vergleich etwa die in Österreich erlaubte Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen heran (130 km/h, das heißt 36 m/s) hat man alle neun Meter eine Positionsmessung. Im Verhältnis zu den Einzelbildern der Videos, die, wenn sie etwa im FullHD-Standard mit einer Auflösung von 1080×1920 Pixeln und 24 Bilder pro Sekunde gedreht werden, bedeutet dies, dass jedes sechste Bild über eine neue Positionsmessung verfügt. Die Messungen sind also verhältnismäßig dicht. Sofern keine Rennszenen gedreht und verortet werden müssen, wird auch das Tempo niedriger und die Lage der Positionsmessungen dementsprechend dichter sein. Gegenüber dem zuvor ge-

⁴² http://www.innovativegis.com/basis/papers/other/videomapping/geoworld_vms.htm

⁴³ <http://austrian-biker-camera.blogspot.co.at/2012/03/contour-plus-gps-170-grad-1080p-hd.html>

schilderten System von Red Hen Systems entspricht dies immerhin einer Verdichtung der raum-zeitlichen Information um das Vierfache⁴⁴.

Ein Nachteil, der durch die Art der Speicherung der Position entsteht, besteht darin, dass Bearbeitungen des Videos nun großer Vorsicht bedürfen. Will man das Videomaterial schneiden, muss man zuerst den aufgezeichneten Track exportieren, und entsprechend anpassen. Durch die nicht gegebene Synchronität der Positionsmessungen mit den Aufnahmezeitpunkten der Einzelbilder kann es nach einem Schnitt zu (sofern der erste Punkt der Positionsmessung mit dem nächsten Einzelbild verknüpft wurde) vernachlässigbaren Lageverschiebungen kommen. Im Sinne der später noch zu erläuternden Datenqualität wäre dies jedoch unter dem Punkt ‚Datenherkunft‘ zu betrachten.

3.3 SMS

Einen wichtigen Beitrag macht Geotagging auch im Bereich Sicherheit, wobei auch hier mobile Kommunikation die Hauptrolle spielt. Handys und Smartphones sind auch in Entwicklungsländern stark verbreitet, oft auch aufgrund der Tatsache, dass Festnetzleitungen entweder nur rudimentär vorhanden sind, oder durch schlechte Wartung oft außer Betrieb sind (MUST und LUDEWIG 2010, S. 27). Viele Handyproduzenten bauen auch Modelle speziell für diese Märkte, wobei auch GNSS-Chips aufgrund der vernachlässigbaren Kosten⁴⁵ und der Weiterverwendung bestehender Platinen weite Verbreitung finden. Darüber hinaus geht der britische Softwareverlag Informa davon aus, dass SMS Nachrichten zumindest bis

⁴⁴ http://www.innovativegis.com/basis/papers/other/videomapping/geoworld_vms.htm

⁴⁵ http://www.gpsbusinessnews.com/TI-announced-new-GPS-chip-cost-under-5_a102.html

2015 weltweit eine der bedeutendsten Einnahme- und Datenverkehrsquellen von Mobilfunkbetreibern bleiben⁴⁶.

In Krisenmomenten sind Mobiltelefone eines der wichtigsten Instrumente zur Krisenbewältigung geworden. Einerseits ist es damit möglich – speziell mit SMS – eine Menschengruppe zu warnen, wenn ein sich anbahnendes Unglück erkannt wird (wie etwa Unwetterwarnung an amerikanischen Schulen⁴⁷) oder auch, damit Betroffene selbst auf ihre Lage aufmerksam machen können. In vielen dieser Momente ist telefonieren ohnehin nicht möglich, etwa durch die Art der Bedrohung. Ist ein Mobiltelefon vorhanden, ist aber auf jeden Fall das Senden und Empfangen von SMS möglich.

Da in einem solchen Fall schnelle und genaue Informationen an die Entscheidungsträger und Einsatzkräfte gelangen müssen, sind geographische Informationen, die von den Erstellern der SMS geschrieben werden ein großer Verzögerungsfaktor. Nicht geokodierte Ortsinformationen können nicht schnell und genau zugeordnet werden. Ebenso kann nicht einfach erhoben werden, ob sich mehrere Personen in gegenseitiger Nähe befinden, wenn mehrere SMS zwar von einem Ort eintreffen, aber die Umgebung anhand unterschiedlicher Anhaltspunkte divergierend schildern.

Die Erfassung der Funkzelle wäre natürlich eine Möglichkeit, allerdings ist es offensichtlich, dass die Dichte der Sendemasten bei weitem keine so genaue Ortung ermöglichen würde, wie eine GNSS-Messung. Als Lösung dieses Problems soll GeoSMS dienen, ein Standard zur Integrierung von Geodaten in SMS-Nachrichten. Aufgrund des leicht einzuprägenden Namens gibt es allerdings auch zeitgleich mehrere Entwicklungen unter demselben (nicht geschützten) Namen. Einige davon haben direkt mit der angesprochenen Problematik zu tun,

⁴⁶ <http://www.informatm.com/itmgcontent/icoms/whats-new/20017843617.html>

⁴⁷ <http://www.campussafetymagazine.com/Channel/Mass-Notification/Articles/2012/08/GPS-Integration-The-Next-Step-for-SMS-Text-Alerts.aspx>

andere scheinen zufällig zu dem beliebten Namen gekommen sein. Einige andere Entwicklungen zum gleichen Thema laufen auch unter anderen Namen.

Die zwei bedeutendsten Entwicklungen auf diesem Gebiet kommen von Matthew KWAN (KWAN1 2010) und vom OGC (OGC 2010), die eigens für diesen Zweck die Open GeoSMS Standards Working Group gegründet hat. Die Ideen, die in diese Arbeitsgruppe einfließen, basieren auf einem Projekt des taiwanesischen ITRI (Industrial Technology Research Institute), welches 2008 präsentiert wurde. Der Hauptbestandteil des Standards, der in diesen beiden Entwicklungen unterschiedliche Ausprägungen findet, ist die Art, wie die Geodaten eingebaut werden. Besonders Kwan geht auf diesen Umstand verstärkt in seiner Codesyntax ein.

Kwan führt folgende Punkte als wesentlich bei der Umsetzung eines Standards für Geodaten in SMS Nachrichten an:

1. Positionsdaten müssen vorhanden sein. Geographische Länge und Breite als Mindestanforderung, Höhen und Genauigkeit sofern möglich.
2. Der Code muss maschinenlesbar sein. Software muss in der Lage sein, aus der Menge an täglich empfangenen SMS Nachrichten jene eindeutig zu filtern, die Geodaten enthalten.
3. Gleichzeitig muss der Code menschenlesbar sein. Es wird immer Handys geben, die nicht in der Lage sind, den verwendeten Standard zu entschlüsseln. In diesem Fall muss die Positionsangabe auch für den Leser der Nachricht Sinn ergeben.
4. Die Nachricht muss kompakt sein. Eine SMS Nachricht ist beschränkt auf 160 Zeichen, die Ortsangabe muss deshalb mit so wenig Zeichen wie notwendig und sinnvoll auskommen. (KWAN2 2010, Übs. A.G.)

Zum letzten Punkt ist anzumerken, dass mit modernen Mobiltelefonen zwar längere SMS Nachrichten geschrieben werden können, die dann aber aufgeteilt werden, somit bietet **eine** Nachricht tatsächlich nur 160 Zeichen, wodurch die Gefahr besteht, dass ein Teil der Nachricht verloren gehen kann, wenn diese Zeichenzahl überschritten wird. Die Gemeinsamkeiten beider Standards beschränken sich auf Punkt zwei und zum Teil auf Punkt eins. Während der Standard von Kwan die Genauigkeit der Positionsbestimmung (bei automatischer Erstellung des Geotags; manuelle Eingabe entsprechend der Syntax ist möglich, auch ohne Genauigkeit) implementiert hat, findet man im entsprechenden Dokument des OGC keinen Hinweis darauf in der Syntax.

Um dies zu verdeutlichen:

```
geo:latitude,longitude[,altitude][;u=u][;crs=crs]
```

GeoSMS Syntax nach Kwan (KWAN1 2010)

```
GeoSMS/Version Num;Latitude;Longitude;Format Type;Data Section
```

Open GeoSMS Syntax nach OGC (OGC 2010, S. 4)

Vergleicht man beide Codezeilen, bemerkt man den ersten Unterschied bereits im ersten Tag. Kwan verwendet die Positionsangabe in Form einer geo URI⁴⁸. Diese wurde 2010 als Standard vorgeschlagen (bisher aber noch nicht als solcher anerkannt). Durch diesen Tag **geo:** wird entsprechende Software darauf aufmerksam gemacht, dass die Nachricht Geodaten enthält. Während Kwans Syntax hierfür vier Zeichen braucht, verwendet der Vorschlag des OGC bereits für diesen Teil das doppelte an Platz (sofern ganzzahlige Versionsnummern verwendet werden, die Versionsnummern bisher sind eins und zwei).

⁴⁸ <http://tools.ietf.org/html/rfc5870>

Die weitere Syntax enthält die geographische Breite und Länge. Bei Kwan sind diese Angaben in Dezimalschreibweise vorgesehen, in der OGC-Codierung entsprechen diese Angaben dem NMEA 0183 Protokoll. Dies bedingt zwei Konsequenzen: das Format verwendet den Zusatz N, S, E, W für die Lage des Punktes hinsichtlich des Mittelmeridians und des Äquators, sowie die Festlegung auf die Koordinatenangabe im Format DDMM.mmmm (Grad/Minuten/Dezimalminuten). Kwan kritisiert hier, dass zwar Maschinenlesbarkeit gegeben sei, jedoch die menschliche Verarbeitung des Geschriebenen erschwert sei. Dies ist teilweise richtig. Einerseits ist die Angabe von Dezimalminuten bestimmt ungewohnt, und die Angabe von Sekunden eher die gebräuchliche Schreibweise in der Kartographie. Andererseits ist die Angabe der Himmelsrichtung für die meisten Menschen schneller mit einer mental map in Einklang zu bringen als mathematische Vorzeichen. Als Fakt bleibt jedoch, dass die Maschinenlesbarkeit für Dezimalschreibweise höher ist, da das dekadische System in jedes Computersystem integriert ist (vgl. KWAN2). Nicht berücksichtigt wurde von Kwan, dass darüber hinaus die Genauigkeit in der dekadischen Schreibweise höher ist. Die Angabe von vier Dezimalminuten führt zu einer Präzision von 0,186 Metern in WGS84, gegenüber 0,111 Metern bei Angabe von Grad und sechs Dezimalstellen. Aufgrund der aktuellen Genauigkeit von GNSS-Chips in Mobiltelefonen spielt dies zurzeit aber noch keine große Rolle. Dazu kommt die abermals längere Angabe der Position durch OGC (zwei mal ein bis zwei Zeichen, abhängig von Verwendung des Minus bei der Koordinatenangabe) von zwei bis maximal vier Zeichen. Bisher vergibt Kwan 24 bis 26 Zeichen, während OGC hier bereits 32 Zeichen fix vergibt (inklusive letztem Trennzeichen).

Ab hier unterscheiden sich dann die Angaben in der Syntax. Während bei Kwan noch die Höhe zu vergeben ist (inklusive dreier Dezimalstellen, maximal also acht Zeichen, da die theoretisch möglichen neun Zeichen einiger Meeressenen aus Gründen der Sinnhaftigkeit entfallen), die Genauigkeit (in ganzen Metern; geht man vom maximalen Funkradius von

knapp 35 Kilometern für GSM-Zellen⁴⁹ aus also maximal fünf Stellen ohne GNSS-Positionierung) und allenfalls das Koordinatenreferenzsystem (was jedoch wenig sinnvoll ist, da WGS84 auf einem GNSS-erweiterten Mobiltelefon als Standard vorausgesetzt werden kann, und nur manuell sinnvoll wäre, wenn man weiß, dass die SMS Nachricht von einem nicht-WGS84-fähigen Gerät empfangen wird; sollte trotzdem ein anderes Koordinatenreferenzsystem verwendet werden, fielen statistisch gesehen am wahrscheinlichsten noch einmal fünf Zeichen an), bietet OGC nun einige Optionen für den weiteren Inhalt des geokoordinierten Teils der Nachricht.

Für ‚Format Type‘ kommen fünf Einträge in Frage. Mit **B** (für Basic) ist die Positionsmeldung abgeschlossen, und es kann weiterer Text eingefügt werden, ‚Data Section‘ entfällt. Die Syntax von Kwan erlaubt prinzipiell auch hier die Positionsangaben zu beenden, der Endstand wäre somit wie vorher erwähnt maximal 26 Zeichen, gegenüber nun 34 im OGC-Format.

Ein weiterer Eintrag für ‚Format Type‘ ist **A** für AGPS. Ist dieser Eintrag vorhanden, wird darauf hingewiesen, dass die Ortsangaben nicht vom GNSS-Empfänger kommen, sondern von einer BTS (Base Transceiver Station), also im Prinzip Funkzellendaten. Dadurch wird auch das Feld ‚Data Section‘ mit Daten gefüllt. Somit stehen nach den vorangegangenen Angaben

...;A;ID/x/x/...

wobei A den Typ AGPS angibt, ID die Kennung der BTS und anschließend georelevante Daten dieser Station. Diese Felder können jedoch auch den Wert Null annehmen, was zwar in der Beschreibung des Standards verankert ist, tatsächlich den Sinn des Eintrags nahezu zunichtemacht. Der Empfänger der Nachricht weiß dann nur, in der Nähe welcher Funkzelle

⁴⁹ <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0910191.htm>

sich der Sender befindet. Dass auch diese Angabe sehr vage ist, beweist eine Untersuchung von TREVISANI und VITALETTA (2004) zu diesem speziellen Thema am Beispiel Rom, bei der festgestellt wurde, dass in mehr als 40 Prozent der Fälle die Geräte nicht mit der nächsten Funkzelle verbunden waren.

Ein weiteres Format ist **E** (Extended Format). Dieser Eintrag folgt keinen speziellen Vorgaben hinsichtlich der Verwendung. Die Syntax entspricht jener von Typ A. Bisher werden noch konkrete Anwendungen gesammelt, denen dann eine ID zugewiesen wird.

Der vierte Formattyp ist **P** (Point of Interest). Dieser Eintrag folgt einer anderen Struktur:

...;P;NAME/PHONE/ADDRESS/DESCRIPTION

Der OGC-Standard verlangt auch, dass man diese Angaben in dieser Reihenfolge einhält. Einerseits ist dies sinnvoll, weil dadurch maschinelle Verarbeitung zu größtem Teil gewährleistet ist, andererseits wird in dem dazugehörigen Dokument nicht weiter darauf eingegangen, wie fehlende Werte eingetragen werden sollen. Bei Denkmälern etwa, wird es schwer, einen Eintrag zur Telefonnummer zu machen. Ebenso ist der Standard nicht konsequent in der Verwendung von Trennzeichen. Alle bisherigen Einträge waren durch Strichpunkte getrennt, die Angaben zu einem POI werden plötzlich durch Schrägstriche getrennt. Da es aber Angaben sind, die bei der Verwendung des Formattyps zwingend eintragen werden sollen, wäre es konsequent, die Trennung durch Strichpunkte weiterzuverwenden.

Als letzter Formattyp wird **Q** eingeführt (Query). Die Verwendung von Q in der Syntax dient der Abfrage von Geopositionen von mobilen Knoten, beispielsweise die Position des Smartphones in einem Funknetz. Die Felder zur Koordinateneingabe können Werte besitzen oder auch Nullwerte. Das Feld ‚Data Section‘ kann mit beliebigen Nachrichten gefüllt werden, um weitere Einträge zur Informationsgewinnung zu machen.

Der Vergleich der Syntax von Kwan führt im schlimmsten Fall also zu einem Geotag von 43 Zeichen (etwa auf dem Mont Orohena auf Tahiti⁵⁰ (Vorzeichen, dreistellige Westlage, Höhe) mit großer Funkzellenentfernung (Genauigkeit) und eben verlorenem GNSS-Signal). Ein praxisnahes Beispiel aus Wien zeigt:

```
geo:48.214319,16.35766,170.123;u=5
```

Man erhält also 34 Zeichen, mit vollständigen Angaben über die Höhe und Zuverlässigkeit der Positionsangabe. Vergleicht man dies mit dem OGC-Standard, erhält man

```
GeoSMS/2;4812.85913,N;1621.4596,E;B;
```

Dies ergibt 36 Zeichen, ohne jegliche Aussage, inwiefern die Genauigkeit der Positionsangabe zu bewerten ist (dies wäre nur begrenzt möglich, wenn es sich um eine Typ A Nachricht handeln würde, womit im Prinzip nur feststehen würde, dass die Positionserfassung eher ungenau ist). Das Weglassen der Höhe ist dabei zu vernachlässigen, sofern es sich nur um Angaben in der Ebene handelt, um jemanden etwa auf einer Karte lokalisieren zu können. Da aber auch Smartphones in absehbarer Zeit ihre Höhe mit brauchbarer Genauigkeit werden berechnen können – vor allem mittels immer genauerer zusätzlicher Sensoren wie Barometern –, ist es zwingend nötig, besonders für Notfallsituationen diese Angaben zu haben, etwa wenn es einen Notfall in einem Hochhaus gibt, und die Nachricht nur automatisch gesendet wird, ohne weiteren Text wie die Nummer des Stockwerks. Angesichts der Tatsache, dass das Entwicklerteam des Open GeoSMS Standards aus dem an Wolkenkratzern nicht armen Taiwan stammt, ein relativ schwerwiegendes Versäumnis.

Insgesamt muss gesagt werden, dass bezüglich der Angabe der Datenqualität und der Möglichkeit, viel zusätzlichen Text in einer SMS Nachricht unterzubringen, der GeoSMS Stan-

⁵⁰ <http://www.peakbagger.com/peak.aspx?pid=11946>

dard von Kwan aus kartographischer Sicht vorzuziehen ist. Aus Sicht der Datenverarbeitung ist der OGC Standard besser geeignet, wenn es darum geht, zusätzliche Informationen automatisiert weiterzuverarbeiten, sofern etwa unter dem Formattyp genaue Regeln vorgegeben werden. Die Zuweisung einer ID beispielsweise zu einer bestimmten Notfallsituation, wobei vorzugsweise IDs vergeben werden sollten, die schon in ähnlicher Form bereits in Verwendung sind, wie etwa die bekannten Ten-Codes⁵¹, die in der US Exekutive verbreitet sind, oder alternativ einem bestimmten, einprägsamen Muster folgen, da es in Notfallsituationen schwierig ist, eine längere Liste mit Arten von Notfällen durchzublättern. Durch die eindeutige ID wäre es auch leichter, gegebenenfalls die richtigen Maßnahmen zu ergreifen, beziehungsweise die richtigen Stellen zu verständigen, ebenso hätte man ein direkt maschinenlesbares Attribut für die Darstellung in einem GIS. Eine Mischung beider Standards würde auf jeden Fall eine große Verbesserung der Nutzung geokodierter SMS Nachrichten mit sich bringen.

Über andere Entwicklungen zum Geotaggen von SMS Nachrichten soll hier nicht detailliert diskutiert werden, da sie zumeist nicht mit der Funktionalität der beiden erwähnten Standards mithalten können. Ein häufiges Problem ist dabei die Art der Positionsangabe. Oft werden dabei URL verwendet, womit man auf eine bestimmte Quelle verweist, die als selbstverständlich angenommen wird, wie Google Maps oder auch Bing Maps und Yahoo Maps. Davon ist grundsätzlich abzuraten. Man vergisst, dass es sich dabei um Dienste kommerzieller Anbieter handelt. Sie stehen zwar kostenlos zu Verfügung, allerdings kann niemand mit Bestimmtheit sagen, wie lange (Google Maps etwa existiert erst seit 2005⁵²), und wie lange kostenfrei. Dass das ein ernstzunehmender Kritikpunkt ist, beweist die Tatsache, dass Google für kommerzielle Nutzer seiner Dienste ab einer bestimmten Anzahl von Aufrü-

⁵¹ <http://www.n2nov.net/nypdcodes.html>

⁵² <http://googleblog.blogspot.co.at/2005/02/mapping-your-way.html>

fen Gebühren einhebt⁵³. Wie sich dies auf lange Zeit auf andere Nutzungsarten auswirkt, hängt in erster Linie vom Erfolg des Geschäftsmodells ab und könnte dazu führen, dass auch andere bisher kostenlose Dienste von Google Maps kostenpflichtig werden.

Ein anderer Punkt der zu bedenken ist, ist dass aufgrund der relativen Jugend dieser Onlinenkartendienste die URLs noch nicht endgültig sein müssen, sie können sich noch ändern, während ein Tag/eine URI wie geo: sich kaum noch verändern dürfte. Dazu kommt die Länge der URL. Das vorhin gezeigte Beispiel lautete bei Google Maps:

<http://maps.google.com/maps?q=48.214319,16.35766>

Dies sind 48 Zeichen, 30 davon, bevor eine (zumindest lesbare) Positionsangabe erscheint. Auch bei Bing Maps ein ähnliches Bild:

<http://www.bing.com/maps/?cp=48.214319~16.35766>

Diesmal jeweils ein Zeichen weniger für die absoluten Mindestangaben für Bing Maps. In einem Browser geöffnet (wenn man den Link etwa auf seinem Smartphone öffnet), erscheint so ein Weltkarte, zentriert auf den angegebenen Punkt, da in der Mindestangabe der Level-Tag von Bing Maps fehlt, um eine Zoomstufe zu wählen. Man könnte aber immerhin mit einem Algorithmus den Geotag auslesen. Durch die Verwendung von URLs scheidet jedoch die Angabe von Genauigkeiten aus. Dazu steht noch weniger Platz für Nachrichten zur Verfügung. Theoretisch ließe sich dieser Platz noch kürzen durch einen Link, der von einem speziellen Weiterleitungsdienst gesetzt wird, etwa in der Form von <http://bit.ly/jwXQsB> oder <http://tinyurl.com/5un9obr> statt des Links für Google Map, wodurch jedoch jeglicher Sinn für Geotagging verloren wäre (keine menschen- noch maschinenlesbare Koordinatenangabe, zwingend notwendige Internetverbindung zum Entschlüsseln der Nachricht). Geo-

⁵³ <http://www.zeit.de/digital/internet/2011-10/google-maps-gratis>

kodierte SMS Nachrichten sollten somit am besten einem der beiden zuvor genannten Standards entsprechen.

3.4 HTML und GeoRSS

Sucht man über eine Suchmaschine nach lokalen Webseiten, beschränkt sich die Suche zu- meist auf die Einschränkung der Endung auf jene des jeweiligen Landes, also etwa .at für Österreich oder .de für Deutschland. Eine genauere Möglichkeit bieten Geotags im Quelltext der Webseite.

Um Geotags in Internetdokumenten zu platzieren, muss die Bedeutung des Geotags defi- niert sein. Platziert man die Geotags als **Metadaten** im Header eines Webdokuments, weist man dem vollständigen Dokument diese Geoposition zu und folgt damit einem Vorschlag der IETF (Internet Engineering Task Force). DAVIEL und KAEGI (2007) definieren in ihrem Dokument zur geographischen Registrierung von HTML-Seiten mehrere Tags, die für die Angabe geographischer Position notwendig ist. Mindestforderung dabei ist

```
<header>
```

```
<meta name="geo.position" content="48.21362;16.35772" />
```

```
</header>
```

wodurch die geographische Position in Dezimalschreibweise des Autors der Webseite (spe- ziell in Blogs) beziehungsweise die Position des beschriebenen Inhalts dargestellt ist. Optio- nal ließe sich noch die Höhe in Metern (bezogen auf WGS84/EGM96) einfügen:

```
<meta name="geo.position" content="48.214319;16.35766;170" />
```

Darüber hinaus können weitere Tags eingebaut werden, die die Position noch weiter definieren als über die reine Koordinatenangabe. Der alte Tag "geo.region" wurde mittlerweile auf mehrere Unterteilungen ausgebreitet. So kann über den Tag "geo.country" der Landescode nach ISO-Norm 3166 vergeben werden, beispielsweise für Österreich AT. Die weiteren Subkategorien entsprechen einem anderen Dokument der IETF von SCHULZRINNE (2006). Unterhalb der Landeskategorie gibt es eine je nach Land unterschiedliche Zahl von Tags der Art "geo.a1", "geo.a2", etc. Diese entsprechen den Verwaltungseinheiten beziehungsweise statistischen Unterteilungen. Für Österreich wurde aufgrund des bestehenden Systems der Statistik Austria ein eigenes Dokument (MAYRHOFER und WOLF 2010) erarbeitet, welches sechs Klassen definiert:

- A1: Bundesland
- A2: politischer Bezirk (Name oder ID)
- A3: Gemeinde (Name oder ID)
- A4: Ortschaft (Name oder ID)
- A5: Katastralgemeinde (Name oder ID)
- A6: Keine Verwendung

Folgt man dieser Aufzählung, würden sich für die vorhin angegebenen Koordinaten vor dem NIG der Universität Wien folgende Angaben ergeben:

Name	ID
<code><meta name="geo.a1" content="Wien" /></code>	<code><meta name="geo.a1" content="9" /></code>
<code><meta name="geo.a2" content="Wien" /></code>	<code><meta name="geo.a2" content="900" /></code>
<code><meta name="geo.a3" content="Wien" /></code>	<code><meta name="geo.a3" content="90001" /></code>
<code><meta name="geo.a4" content="Alsergrund" /></code>	<code><meta name="geo.a4" content="90901" /></code>

Name	ID
<code><meta name="geo.a5" content="Alsergrund" /></code>	<code><meta name="geo.a5" content="01002" /></code>

Tabelle 10: Meta-Tags für Wien Alsergrund

Die Redundanzen ergeben sich aus dem besonderen Status der Hauptstadt. Das NIG liegt natürlich noch im 1. Bezirk, allerdings die gemessenen Koordinaten vor dem NIG bereits im 9. Bezirk (Alsergrund).

Weitere Elemente sind "geo.<civic>", welches noch das Hinzufügen von genauen Adressdaten erlaubt, sowie "geo.placename" (DAVIEL und KAEGI 2007), welches von einem gazetteer mit dem Namen der geographischen Lokalität automatisch gefüllt werden sollte, wie das mehrfach erwähnte geonames.org.

Eine andere Möglichkeit, Geotags in Webdokumenten zu platzieren, ist über den Bezug zu Namespaces der **W3C** (W3C 2003). Namespaces dienen dem Zweck, Elemente einer Webseite zu definieren und gegebenenfalls Konflikte bei Namensgleichheit dieser Elemente zu verhindern⁵⁴. Über **RDF** (Resource Description Framework) wird der Inhalt definiert, den die geographischen Bezeichnungen in Form von Tags darstellen, mit Bezug auf WGS84.

Ein Webdokument mit dem gleichen Ortsbezug wie die letzten Beispiele sähe W3C-konform aus wie folgt:

```
<rdf:RDF xmlns:rdf=http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#
    xmlns:geo="http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#">
    <geo:Point>
        <geo:lat>48.21362</geo:lat>
```

⁵⁴ http://www.w3schools.com/xml/xml_namespaces.asp

```
<geo:long>16.35766</geo:long>  
  
<geo:alt>170</geo:alt>  
  
</geo:Point>  
  
</rdf:RDF>
```

Setzt man diese Zeilen in die äußersten Befehle des Seitenquelltexts, ist wieder das gesamte Dokument mit der Geoposition verknüpft. Will man jedoch nur einzelne Elemente einer Webseite mit den Koordinaten versehen, kann man dies mittels des `` Tags machen:

```
<span xmlns:geo="http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#">  
  
<geo:lat>48.21362</geo:lat>  
  
<geo:long>16.35766</geo:long>  
  
<geo:alt>170</geo:alt>  
  
  
  
</span>
```

Mit diesem Stück Quelltext kann ein Bild ohne Geobezug (zum Beispiel in einer Bildgalerie auf einer Homepage) zumindest per HTML verortet werden. Alternativ kann der Namespace bereits im Stamm des Seitenquelltexts platziert werden, wenn mehrere Elemente auf der Seite mit Geopositionen versehen werden sollen. Damit muss der Eintrag nicht vor jedem zu geokodierenden Objekt eingetragen werden.

Einer ähnlichen Syntax folgt auch das besonders bei Blogs und RSS-Feeds verwendete **Geo Microformat** (META-CPAN 2012). Statt des ``-Tags kann man auch den `<div>`-Tag verwenden. Während `` die Änderung einzelner Elemente in einem Block des Quelltexts

erlaubt, dient `<div>` dazu, eine Abtrennung zum vorherigen Block zu schaffen. Beispielsweise:

```
<div class='geo'>NIG der Universität Wien:
```

```
<span class='latitude'>48.21362</span>;
```

```
<span class='longitude'>16.35766</span>
```

```
</div>
```

Zu beachten ist aber, dass das Geo Microformat keine Höhen enthält.

Diese Tags sollten eigentlich von Suchmaschinen unterstützt werden. Im Falle der `<meta>`-Tags tun dies aber nur Bing⁵⁵ und Yahoo, da Google die Meinung vertritt, dass die Autoren von Webseiten sehr oft Vorlagen verwenden, in welchen Beispiel-Geotags enthalten sind, diese allerdings übersehen und nicht angepasst werden, und daher wertlos sind⁵⁶. Das Microformat und RDF wiederum werden von Bing, Yahoo, Google und mehreren anderen Anbietern (aktiv) unterstützt⁵⁷.

Das zuvor erwähnte **GeoRSS**-Format verfügt auch über eine Erweiterung per GML, nämlich das GeoRSS GML Format. Die wesentlichen Unterschiede bestehen darin, dass GeoRSS GML auch andere Koordinatenreferenzsysteme neben WGS84 unterstützt, sowie eine Vielzahl an geometrischen Formen, während das microformatbasierte GeoRSS Simple nur einfache Punkt-, Linien- und Polygondaten verarbeiten kann, jedoch – im Gegensatz zu reinem Microformat – können auch Höhen gespeichert werden (OGC 2006, S. 8f). Der Sinn von RSS-Feeds allgemein ist die automatische Meldung an die Abonnenten des Feeds, dass ein Up-

⁵⁵ <http://www.seroundtable.com/archives/020427.html>

⁵⁶ <http://productforums.google.com/forum/#!msg/webmasters/y7MJ7nGx6NQ/CjS6F410Uycj>

⁵⁷ <http://www.schema.org/>

date eines Webobjekts gemacht wurde. Einen ähnlichen Sinn verfolgen GeoRSS-Feeds, die darüber Auskunft geben, dass ein Geoobjekt verändert oder hinzugefügt wurde. Während jedoch gewöhnliche RSS-Feeds meist auf ein Ereignis oder ähnliches hinweisen, worüber am besten auf der entsprechenden Homepage gelesen werden sollte, sind in GeoRSS-Feeds alle relevanten Informationen im Feed selbst enthalten. So gibt es etwa vom USGS regelmäßig aktualisierte GeoRSS Feeds, die über die Erdbebentätigkeit Auskunft geben. Die Erdbeben mit einer Magnitude von mehr als 5 werden beispielsweise in Feeds der letzten sieben Tage zusammengefasst. Der Feed enthält die Position des Epizentrums im Format GeoRSS Simple als

```
<geo:lat>-20.5370</geo:lat>
```

```
<geo:long>-176.1546</geo:long>
```

sowie die Stärke des Erdbebens, diese allerdings im Titel, da GeoRSS hier keinen Tag vorsieht, dies gilt es im Programm einzustellen, welches den GeoRSS-Feed ausliest. Ebenso ist die Tiefe des Epizentrums angegeben, mit einer Tiefe von 209,6 Kilometern. Dies wiederum als Dublin Core-Element (ein offener Metadatenstandard)

```
<dc:subject>209.60 km</dc:subject>58
```

Sollen geometrisch komplexere Objekte dargestellt werden, bedarf es des GeoRSS GML Standards. So können zum Beispiel Objekte in diesem GeoRSS-Profil gespeichert werden, die einer ungefähr ringförmigen Struktur folgen. Dazu kann der GML-Tag `<gml:exterior>` herangezogen werden, der die äußere Begrenzung des Objekts angibt, der Tag `<gml:LinearRing>`, der das Objekt als ringförmig definiert und schließlich eine Liste von Koordinaten nach dem Tag `<gml:PosList>`, die die Koordinaten der Ringelemente der Reihe

⁵⁸ <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/catalogs/eqs7day-M5.xml>

nach angibt (BRINKHOFF 2011). So wäre zum Beispiel die folgende Liste geeignet, die Kuppel der Wiener Secession wiederzugeben:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

```
<rss version="2.0"
```

```
xmlns:georss="http://www.georss.org/georss"
```

```
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">
```

```
<channel>
```

```
<link>http://maps.google.com</link>
```

```
<item>
```

```
<guid isPermaLink="false">22041984</guid>
```

```
<pubDate>Thu, 20 Sep 2012 12:25:12 +0100</pubDate>
```

```
<title>Die Wiener Sezession</title>
```

```
<description>Die Kuppel des Wiener Secessionsgebäudes.</description>
```

```
<author>Adrian Gindl</author>
```

```
<gml:Polygon>
```

```
<gml:exterior>
```

```
<gml:LinearRing>
```

```
<gml:posList>
```

```
48.200407 16.365847
```

48.200387 16.365889

48.200400 16.365930

48.200432 16.365949

48.200463 16.365930

48.200467 16.365872

48.200445 16.365841

48.200407 16.365847

</gml:posList>

</gml:LinearRing>

</gml:exterior>

</gml:Polygon>

</item>

</channel>

</rss>

Ebenso möglich wäre noch eine Angabe von <gml:interior>, um etwa ein hohles Objekt zu beschreiben. Dessen Geometrie muss nicht zwangsläufig dem Ringschema entsprechen.

3.5 Audio

Zum Thema Geotagging von Audio ist leider nicht viel zu sagen: Audioformate sind zwar prinzipiell stark darauf ausgelegt, Metadaten zu enthalten, um etwa in Musiksammlungen die Suche nach Interpreten, Alben und Aufnahmejahren zu ermöglichen, allerdings gibt es kein Audioformat, welches die direkte Speicherung von Geotags im File selbst unterstützt. Verorteter Ton ist somit entweder nur ein Nebenprodukt eines Videos, beziehungsweise gehört er zu jenen Formaten, denen nur über externe Dateien Geopositionen zugewiesen werden können, wie es bei Podcasts etwa über die Geo-Erweiterung von RSS passiert.

3.6 Externes Geotagging

Alle bisher gezeigten Formate ließen sich nicht nur mit eigenen Metadaten versehen, sondern natürlich auch über eine externe Datei verorten (im Falle von Videogeotagging ist dies streng genommen bereits passiert, allerdings innerhalb eines Containerformats, wodurch keine externe Datei außerhalb des Containers entstanden ist, der auch das Video enthält), wenn sie zum Beispiel mit anderen Formaten in einer kartenähnlichen Darstellung verwendet werden sollen, oder weil das Aufnahmegerät nicht in der Lage war, einen Geotag zu setzen, und die Daten mit dem Track eines GNSS-Loggers synchronisiert werden, ohne dass Metadaten verändert werden sollen. Neben diesen Formaten gibt es auch eine große Menge solcher, die keine Möglichkeit bieten, den Geotag in der Datei selbst zu platzieren, wie die im letzten Kapitel erwähnten Audioformate, oder Videoformate abseits von Quicktime.

3.6.1 NMEA 0183

Das NMEA Protokoll 0183 ist ein standardisiertes System der National Marine Electronics Association⁵⁹, welches dazu dient, GNSS-Daten, die ein Empfänger aufzeichnet, in einem strukturierten Dokument zu speichern. Das Ausmaß der gespeicherten Informationen ist nicht standardisiert, es gibt aber Vorschriften, die gewisse Attribute als absolutes Minimum eines NMEA-Datensatzes erfordern, die unter RMA, RMB und RMC in einem NMEA-Protokoll gelistet sind, wobei RMB nur verwendet wird, wenn zu einem Wegpunkt navigiert wird. RMC stellt sich bei einem eigenen Datensatz folgendermaßen dar:

```

          1         2 3           4 5           6 7       8 9       10| 12 13
          |         | |           | |           | |       | |       || | |
$GPRMC,074137,A,3912.389832,N,02612.305489,E,0.108,,180811,,,A*17
    
```

Feldwerte von RMC

1. UTC Zeit	8. Bewegungsrichtung in wahrer Richtung in Grad	
2. Status	9. Datum, TTMMJJ	
V = Empfängerwarnung (Signal vorhanden aber unter internem Qualitätslimit)	10. Magnetische Abweichung in Grad	
A = Gültig	11. O oder W	
3. Geographische Breite	12. FAA mode indicator ab NMEA 2.3 (Bestimmungsart:	
4. N oder S	A = Autonom	M = Manuell
5. Geographische Länge	D = DGNSS	S = Simuliert
	E = Geschätzt	N = Ungültig

⁵⁹ <http://www.nmea.org/>

Feldwerte von RMC

6. O oder W 13. Prüfsumme

7. Geschwindigkeit über Grund in Knoten

Tabelle 11: Daten in NMEA 0183, RMC (nach RAYMOND 2011, Übs. A.G.)

Dadurch ist auch die generelle Struktur von NMEA-Daten nun bekannt: jeder ‚Satz‘ wird mit einem \$-Zeichen begonnen, ‚GP‘ bezeichnet Daten, die aus GPS-Übertragungen resultieren, während ‚P‘ proprietäre Daten des Empfängerherstellers bezeichnet.

Der zweite sehr wichtige Eintrag ist der Satz GGA:

```

      1      2      3 4      6      11      13 15
      |      |      | |      5|7 8 9      10 |      12|14|
      |      |      | |      ||| | |      | |      ||| |
  $SGPGGA,074137,3912.389832,N,02612.305489,E,,8,,43.089,M,36.7,M,,*51
  
```

Feldwerte von GGA

1. UTC Zeit	7. Zahl sichtbarer Satelliten
2. Geographische Breite	8. HDOP
3. N oder S	9. Höhe der Empfängerantenne über Geoid (über oder unter Normalnull)
4. Geographische Länge	10. Einheit der Antennenhöhe
5. O oder W	11. Geoidundulation
6. GNSS-Signalqualität:	12. Einheit der Geoidundulation
0 = keine Ortung	13. Alter der DGNSS-Korrekturdaten in Sekunden seit dem letzten Update
1 = GNSS-Ortung	14. ID der DGNSS-Referenzstation (4-stellig)
2 = DGNSS-Ortung	15. Prüfsumme
3 = PPS-Ortung	
4 = RTK	
5 = RTK mit geringerer Genauigkeit	
6 = geschätzt	
7 = Manuell	
8 = Simuliert	

Tabelle 12: Daten in NMEA 0183, GGA (nach RAYMOND 2011, Übs. A.G.)

Mit diesen Daten hat man schließlich eine Möglichkeit, in einem geeigneten Programm Medien ohne Geotags mit GNSS-Daten zu taggen, wenn zum Beispiel Fotos aufgenommen wur-

den, und dabei im Moment und am Ort der Aufnahme ein Wegpunkt gesetzt wurde, entsprechen die Angaben unter GGA den jeweiligen Attributen der EXIF-Daten. Ein Vorteil von NMEA 0183 ist die Tatsache, dass viel Wert darauf gelegt wurde, die Qualität der Messwerte zu verzeichnen, allerdings bleibt es dem Gerätehersteller überlassen, ob er diese Felder auch besetzt. Darüber hinaus ist der Code zwar gut dokumentiert (nicht zuletzt, da es einige Felder gibt, deren Werte offensichtlich sind), jedoch ist es kein freizugänglicher Standard (vgl. RAYMOND 2011).

3.6.2 XML-basierte Formate

Während NMEA im Prinzip vor allem auf den standardisierten Austausch von GNSS-Messungen ausgelegt ist, wurden auf Basis von XML mehrere Auszeichnungssprachen geschaffen, die nicht zuletzt hinsichtlich der visuellen Weiterverarbeitung der Daten konzipiert wurden, hier vor allem KML.

Das einfachste Format der XML-Schema Familie ist GPX, das GPS Exchange Format, welches einer ähnlichen Ausrichtung folgt wie das NMEA 0183 Protokoll. Es enthält die nötigsten Angaben, um über Datenqualität und Positionsdaten Aufschluss zu geben. Die Struktur unterscheidet sich gegenüber NMEA insofern, dass es sich nun um ein Dokument in XML-Struktur handelt, die einzelnen Attribute mithilfe von Tags gespeichert werden, und nicht als Komma-separierte Sätze eines Protokolls. Der entsprechende Eintrag zu dem Beispiel aus **3.6.1** sähe in GPX folgendermaßen aus:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

```
<gpx xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1" creator="HOLUX ezTour Plus" version="1.1">

<metadata>

<link href="http://www.holux.com"><text>HOLUX Technology, Inc.</text></link>

<time>2011-08-18T08:41:37Z</time></metadata>

<trk>

<name><![CDATA[GPSport260 Pro-20110818-09:41]]></name>

<trkseg>

<trkpt lat="39.206497192" lon="26.205091476">

<ele>43.000000</ele>

<time>2011-08-18T07:41:37Z</time>

<speed>0.055556</speed>

</trkseg>

</trk>

</gpx>
```

Unter dem Eintrag `<metadata>` sind hier nur die notwendigsten Einträge vorhanden, tatsächlich erlaubt GPX hier Angaben von Copyrightinformationen `<copyright>`, einer sprachlichen Beschreibung des Inhalts `<desc>`, sowie eine räumliche Eingrenzung des aufgezeichneten Tracks mittels `<bounds>` (TOPOGRAFIX 2007). Der Eintrag `xmlns` definiert wie bereits zuvor gezeigt den Namespace, den das jeweilige XML-Dokument verwendet.

Der Eintrag <trk> zeigt an, dass es sich um einen GNSS-Track handelt, statt um einen Wegpunkt <wpt> (dieser Track wurde nur für dieses Beispiel geschlossen, läuft tatsächlich aber weiter). Neben den mittlerweile selbsterklärenden Elementen, die im Beispiel vorhanden sind, sind alle Attribute aus den zuvor gezeigten NMEA-Beispielen vorhanden, zusätzlich zu HDOP jedoch auch VDOP und PDOP, sowie mehrere Attribute für die Beschreibung des Wegpunkts, sowohl sprachlich als auch Beschreibung eines möglicherweise verwendeten Symbols. Darüber hinaus gibt das Feld <src> Aufschluss über das Datenmaterial. Dieses Feld ist vom Typ string, und kann somit beliebige Zeichenfolgen enthalten, um die Datenherkunft zu beschreiben, wie etwa das verwendete GNSS-Gerät, oder Basiskarten, die verwendet wurden, speziell, wenn die Positionsdaten beispielsweise nicht per GNSS aufgenommen wurden (vgl. TOPOGRAFIX 2007). Die Angaben sind alle auf WGS84 bezogen, verschiedene Typen können in einem Dokument vorhanden sein, wie etwa einzelne Wegpunkte gemischt mit aufgenommenen Pfaden. Im Gegensatz zu NMEA 0183 (Dezimalminuten) sind die Positionsangaben in Dezimalgrad. Durch die Tatsache, dass GPX in XML-Notation geschrieben wird, da es selbst nur ein Dialekt ist, können eigene Elemente hinzugefügt werden, die auf XML basieren, aber selbst nicht Teil von GPX sind.

KML (Keyhole Markup Language) ist ebenfalls eine Auszeichnungssprache auf XML-Basis, allerdings wie schon erwähnt sehr auf den Bereich Visualisierung aufgebaut, und ein von Google (gekaufter und) eingereichter OGC-Standard⁶⁰. Die einzelnen Tags, die KML ermöglicht, sollen hier nicht ausführlich diskutiert werden. Es soll hier vor allem festgestellt werden, dass KML sich besonders dafür eignet, wenn Medien manuell verortet werden sollen, oder um aufgenommene Daten visuell zu präsentieren, speziell per Google Earth, obwohl das Format mittlerweile auch von anderen Web- und Offlineapplikationen interpretiert werden kann. KML eignet sich auch besonders, um die zu verorteten Inhalte direkt in einer

⁶⁰ <http://www.opengeospatial.org/standards/kml/>

KML-Datei (oder einem KMZ, der komprimierten Variante) zu speichern, wie Fotos, Videos, Audioaufnahmen und Texte. Darüber hinaus sind der Darstellung und Speicherung komplexer Geometrien kaum Grenzen gesetzt.

Wenig geeignet ist KML jedoch, wenn es darum geht, GNSS-verortete Medien so zu speichern, dass Informationen über die Verlässlichkeit der Daten vorliegen. Während GPX in seinem Namespace die verschiedenen DOP-Werte und Daten zu Satellitenzahl und DGNSS-Unterstützung speichern kann, sind diese Attribute in KML nirgends verzeichnet. Es ist natürlich möglich, diese Werte selbst zu definieren unter `<element ref="kml:ExtendedData" minOccurs="0"/>` (GOOGLE DEVELOPERS 2012), allerdings hat man dann nicht-standardisierte Werte geschaffen, die in keiner Software verzeichnet sind, die KML-Dateien ausliest. Hat man also beispielsweise ein KML, welches Fotos enthält, die ihrerseits aber keine ausführliche Dokumentation hinsichtlich ihrer Positionierung in den EXIF-Daten enthalten, ist eine Einschränkung der Datenqualität hinsichtlich der Datenherkunft gegeben.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Vergleich zu NMEA 0183 GPX ein einfacher verständliches Format ist, da die Tags großteils selbsterklärend sind, und in ihrer Struktur auch leichter extrahierbar sind, da zu jedem Punkt, egal ob Wegpunkt oder Punkt eines Tracks, alle Daten unter einem gemeinsamen Deskriptor zusammenfasst werden, während NMEA einen Punkt mit einer Vielzahl von Sätzen beschreiben kann. Je nach Länge des Satzes können etwa sechs Sätze angenommen werden⁶¹. Diese enthalten darüber hinaus oft redundante Angaben, wie im Beispiel zu sehen war, während GPX eben für einen Punkt alle Angaben direkt auflistet. NMEA 0183 ist somit ein wesentlich umfangreicheres Format, GPX enthält aber alle wesentlichen Attribute, die zu einer ausreichenden Feststellung der Da-

⁶¹ <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>

tenqualität ausreichen, und ist als offenes Format beim Geotagging NMEA vorzuziehen. KML wiederum ist hauptsächlich geeignet, um die aufgenommenen Daten zu visualisieren, und manuell Geotags zuzuweisen, lässt aber unter Umständen bei GNSS-Geotags Angaben über die Datenqualität vermissen.

4 Qualität geographischer Daten und Produkte

Eine Vielzahl von Onlinediensten stützen sich auf die Sammlung freiwillig zur Verfügung gestellter geographischer Daten, und beziehen ihre Daten aus per Geotagging ermittelten Positionsangaben, sei es durch reine GNSS-erweiterte Smartphones, Foto- und Videokameras, Tracklogs, die bei der Aufnahme dieser Medien mit GNSS-Empfänger gemacht wurden, oder auch manuell gesetzte Geotags ohne jegliche Unterstützung von Satellitenpositionierung. GNSS-gestützte Geräte versuchen die Positionsermittlung auf verschiedenem Wege zu bewerkstelligen und die Genauigkeit auf mehrere Arten zu verbessern, daher ist es notwendig, diesen Bestimmungsverfahren und ihren Genauigkeitsanforderungen jene der klassischen Kartiertechniken gegenüberzustellen, um eine Übersicht zu erhalten, für welche Arten von kartographischen Werken und kartographienahen Erzeugnissen solcherart getaggte Daten geeignet sind. Auch bei manuell gesetzten Geotags gibt es Ansätze, die Lokalisierung der Daten zu verbessern.

Die folgenden Absätze sollen dabei aufzeigen, welche Abweichungen vom realen Wert bei der Vermessung und Visualisierung von Geodaten – verglichen mit der Kartographie in Österreich und auszugsweise in anderen Ländern – zu erwarten sind, und welche Toleranzen bei geogetaggtten Geodaten auftreten. Diese Abweichungen sind dabei klarerweise nicht als grundsätzlich vorliegender Fehler zu betrachten, sondern als Wert, um den das Messergebnis im schlimmsten Fall abweichen wird. Sowohl Vermesser als auch Datenaufbereiter und Gerätehersteller sind bemüht, diese Fehler zu vermeiden, oder so klein wie möglich zu halten, soweit es für den Verwendungszweck wirtschaftlich sinnvoll ist. Allerdings ist es in jedem Fall vorteilhaft zu wissen, wie hoch die systemimmanenten Abweichungen sind und wo die spezifischen Schwachstellen liegen.

4.1 Definitionen der Genauigkeit

Genauigkeit in der Kartographie besteht aus einer Vielzahl von Komponenten, wobei fünf Hauptaspekte Erwähnung finden:

- (a) Lagegenauigkeit
- (b) Attributgenauigkeit
- (c) Zeitliche Relevanz
- (d) Konsistenz
- (e) Verlässliche Quellen (vgl. ANSON und ORMELING 1996, S. 85)

Diese Einteilung entspricht auch den Kategorien, die die FGDC in ihrem Standard FGDC-STD-007.2-1998 definiert. Die ISO-Norm 19113 erwähnt Vollständigkeit, logische Konsistenz, Positionsgenauigkeit, zeitliche Genauigkeit und thematische Genauigkeit. Die ICA hat eine noch genauere Kategorisierung für die Genauigkeit von geographischen Daten getroffen. Dort werden diese definiert als

- (a) Lineage
- (b) Positional Accuracy
- (c) Attribute Accuracy
- (d) Completeness
- (e) Logical Consistency
- (f) Semantic Accuracy
- (g) Temporal Information

(GUPTILL und MORRISON 1995)

(a) beschreibt die Herkunft der Daten. Dieser Punkt dient dazu nachzuvollziehen, welchen Schritten die Daten seit ihrer Aufnahme unterworfen waren (GUPTILL 1998, S. 3). Dadurch soll nachvollzogen werden können, ob es sich um Primärdaten (Messungen, Befragungen, Fernerkundung), Sekundärdaten (Bearbeitungen von Primärdaten wie Karten oder Typisierungen) oder Tertiärdaten (modellierte Daten wie Niederschlagsverteilungen) handelt.

(b) gibt die Lagegenauigkeit der Messwerte an (ibd.). Ein Maß dafür, wie genau der gemessene Punkt der tatsächlichen Lage auf der Erde entspricht.

(c) sagt aus, mit welcher Genauigkeit ein Attribut einer bestimmten Klasse zugeordnet wird. Sie „[...] gibt an, wie gut die Attribute im Datensatz den tatsächlichen Attributen der entsprechenden Objekte in der Wirklichkeit entsprechen“ (KAINZ 1999, S. 87)

(d) bestimmt das Ausmaß der Vollständigkeit hinsichtlich der Attributwerte von Geoobjekten. Es können sowohl zu wenige als auch zu viele beziehungsweise redundante Elemente in einem Datensatz vorhanden sein (vgl. KAINZ 1999, S. 87).

(e) dient dazu zu überprüfen, ob das Untersuchungsgebiet nach gleichwertigen Kriterien aufgenommen wurde. Es wird in drei Bereiche unterteilt:

- Bereichskonsistenz
- Formatkonsistenz
- Topologische Konsistenz

Sind für das Untersuchungsgebiet nur bestimmte Bereiche vorgesehen, etwa weil nur ein bestimmter Bereich eines Gradnetzes ausgewertet wird, oder das Gelände eine zuvor definierte maximale Erhebung hat, dürfen diese Werte nicht außerhalb dieses Bereichs liegen (vgl. KAINZ 1999, S. 87).

Die Formatkonsistenz verlangt von allen Datensätzen des untersuchten Gebiets einem spezifizierten Format zu entsprechen. Entspricht das Format diesem nicht, geht dies mit Qualitätsverlust einher (BERNHARDESEN 2002, S. 229).

Die Topologische Konsistenz beschreibt die topologischen Beziehungen der Elemente von Vektordaten. Typische Fehler sind hier Overshoot (Überstehen von Linien) und Undershoot (Lücken), nur scheinbar geschlossene oder zu kleine Polygone, sich überlagernde Linien, die das gleiche Objekt darstellen, falsche Kreuzungen oder auch zu große Nachbarschaft zweier Linien (ibid.). Diese Inkonsistenzen können durch die Beachtung einiger Punkte kontrolliert und behoben werden.

„ 1. Jede Kante hat einen Start- und Endknoten

2. Zu jeder Kante gibt es eine Fläche, die links bzw. rechts (in Richtung vom Start- zum Endknoten) der Kante liegt.

3. Jede Fläche ist durch eine alternierende geschlossene Folge von Knoten und Kanten begrenzt.

4. Um jeden Knoten gibt es eine alternierende geschlossene Folge von Kanten und Flächen (eine Art Schirm)

5. Wenn Kanten einander schneiden, dann tun sie das immer in einem Knoten.“ (KAINZ 1999, S. 88)

(f) wird herangezogen, um den semantischen Abstand zwischen geographischen Objekten und der wahrgenommenen Realität zu beschreiben (SALGÉ 1995). In Kartenwerken beschreibt dies etwa, ab welchen Größen Wald- oder Grünflächen dargestellt werden.

(g) beschreibt schließlich die Informationen, die über den Zeitraum der Erhebung der Daten sowie über Bearbeitungen der Datensätze gegeben werden (GUPTILL 1998, S. 3).

VAN OORT (2006, S. 14ff) gibt in seiner Dissertation zum Thema Qualität räumlicher Daten eine Übersicht der vorhergehenden Definitionen, am Beispiel der Arbeit von Guptill und Morrison sowie vier weiteren Arbeiten zu dem Thema, und kommt zu dem Schluss, dass semantische Genauigkeit nur in zwei dieser Arbeiten (eben jener zuvor zitierten sowie des Berichts des CEN/TC287, des technischen Komitees des Komitees für Europäische Normalisation) als explizit Erwähnung findet, im später beschlossenen Standard nach ISO aber nicht mehr. Da das TC287 noch während der Ausarbeitung der Standards aufgelöst wurde (ibid., S. 13), geht van Oort davon aus, dass die Vorschriften dieses Elements der Datengenauigkeit auf mehrere andere Elemente aufgeteilt wird.

Diese Genauigkeitsmaße zielen vor allem auf den Bereich GIS ab und sind nicht in allen Punkten auf die folgenden Darstellungsarten anwendbar. So ist zum Beispiel in der zum Vergleich herangezogenen Österreichischen Karte 1:50.000 die logische Konsistenz nicht mehr überprüfbar, es wird jedoch angenommen, dass Bereichskonsistenz überprüft wurde, und dass auch keine topologischen Konflikte in der Karte herrschen. Der Grund dafür ist die halbautomatische Vektorisierung des Kartographischen Modells (KM50) von einem Rasterformat (KM50-R) auf das Vektorformat (KM50-V). Sollten Fehler nicht schon bei der Erstellung des Kartographischen Modells, auf dem die ÖK50 basiert, entdeckt worden sein, sollte spätestens dieser Schritt zum Finden derartiger Fehler geführt haben. Andererseits gibt es Punkte, die keinem bestimmten Standard folgen müssen, sondern die grundsätzlich beschreibende Funktion besitzen, und denen Karten oder GIS-Daten folgen sollten, ohne jedoch konkrete Vorgaben erfüllen zu müssen. So muss die Herkunft zwar genau dokumentiert sein, aber dies gilt vor allem einer Abschätzung der Plausibilität der Daten, nicht um hier bestimmte Quellen von vornherein auszuschließen. Ebenso gibt es Genauigkeiten, die bei Geotagginganwendungen nicht herausgelesen beziehungsweise zugeordnet werden können. Die Unterscheidung von semantischer Konsistenz und Attributgenauigkeit sowie

deren Zuordnung ist beispielsweise so ein Punkt. Das Hauptaugenmerk wird großteils auf der Positionsgenauigkeit liegen, da diese objektiv am besten messbar ist.

4.1.1 Genauigkeitsvorschriften

Zur geometrischen Genauigkeit von Karten wurden mehrere Standards vorgeschlagen. Ein bereits auf das Jahr 1941 zurückgehender Standard ist etwa der **National Map Accuracy Standard (NMAS)**. In diesem wurden vom US Bureau of the Budget Grenzen festgelegt, innerhalb derer 10 Prozent der Punkte von ihrem tatsächlichen Ort abweichen dürften. Dies wurde nach Maßstäben getrennt (FGDC 1998, S. 21).

Karten bis Maßstab 1:20.000	Karten ab Maßstab 1:20.000
Abweichung maximal 1/30 inch in der Karte	Abweichung maximal 1/50 inch in der Karte
Entspricht bei 1:10.000 etwa 8,5 Metern	Entspricht bei 1:50.000 etwa 25,4 Metern

Tabelle 13: Genauigkeitsvorschriften nach NMAS (nach FGDC 1998, S. 21)

Die maximalen Höhenabweichungen beziehen sich dabei speziell auf Höhenlinien, und sind in der Form festgelegt, als dass sie bei beliebigem Maßstab zu 90 Prozent, nicht den halben Wert der Äquidistanz überschreiten dürfen.

Spätere Genauigkeitsvorschriften kommen von der **American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)** (ibid., S. 23f). Die Daten bezogen sich nun speziell auf großmaßstäbige Karten und nicht mehr auf die Abweichung im gezeichneten Kartenmaßstab. Der Wert wird jetzt als RMS (siehe Tabelle 20) angegeben. Darüber hinaus werden Karten mit größeren Fehlern erlaubt und in Klassen eingeteilt, wobei die angegebenen Werte für Klasse 1 gelten, die Klassen 2 und 3 jeweils die zwei- beziehungsweise dreifache Abweichung

ermöglichen, sofern die Karte dann auch als solche höhere Klasse beschrieben wird (FGDC 1998, S. 23f).

Die Abweichungen für die Lage sind:

Lageabweichung (X oder Y) in Metern (RMS)	Maßstab
0,25	1:1.000
0,50	1:2.000
1,00	1:4.000
1,25	1:5.000
2,50	1:10.000
5,00	1:20.000

Tabelle 14: Lageabweichung nach ASPRS Standard (nach FGDC 1998, S. 23f)

Folgt man dieser Tabelle weiter, läge der Wert für eine Karte im Maßstab 1:50.000 (wie die im folgenden Kapitel herangezogene Österreichische Karte 1:50.000) bei einem Maximalwert von 12,5 Metern. Ebenfalls neue Regeln gibt es für die Höhendaten. Diese dürfen nach ASPRS für Klasse eins nur noch ein Drittel über dem Wert ihrer Äquidistanz liegen (bei Höhenlinien), während Höhenpunkte eine Abweichung von maximal einem Sechstel der Äquidistanz aufweisen dürfen. Für beide Werte gilt wiederum die Angabe RMS.

Eine letzte Genauigkeitsvorgabe ist bekannt als **National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)** (CZERNIAK und GENRICH 2002, S. 14). Dieser Standard gibt keine konkreten Kriterien mehr vor, nach welchen eine Karte als solche „versagt“ oder eben nicht. Es werden stattdessen Verfahren angegeben, nach denen Positionsfehler gemessen und angegeben sollen, man verweist viel mehr auf die Möglichkeit, als Ersteller einer Karte beziehungsweise Sammler von Geodaten mit dem Nutzer der Karte/der Daten eine Abmachung über die

Genauigkeit der Daten zu treffen. Der Wert der dabei eingehalten werden soll liegt laut NSSDA bei:

$$NSSDA_h = 2,447 \times RMSE_x = 2,447 \times RMSE_y$$

wenn $RMSE_x$ nicht gleich $RMSE_y$ ist

beziehungsweise

$$NSSDA_h = 1,73 \times RMSE_r$$

wenn $RMSE_x$ gleich $RMSE_y$

Man sieht an diesen Maßzahlen, dass die Vorschreibung der Lagegenauigkeit nicht unbedingt eine konkrete Zahl vorgeben muss, solange man sich auf eine Maßzahl einigen kann, die für den jeweiligen Anspruch sinnvoll erscheint. Mit diesem Wissen ausgestattet, soll es nun zu einem Vergleich der konventionellen Kartenwerke mit (Online-)Kartenwerken kommen, die Geotaggingdaten verwenden.

Andere Vorschriften, die bei GIS-Daten eingehalten werden müssen, gibt es nicht in derart konkreter Form. Es gibt jedoch etwa Maßzahlen für die Attributgenauigkeit, die eine Aussage darüber treffen, inwiefern der Datensatz der den Geodaten zugrunde liegt, Attribute genau zuweist. Dabei werden im Prinzip zufällige Punkte ausgewählt und deren Attributklasse abgerufen. Diese Klasse wird dann mit Realweltdaten verglichen, also entweder direkt im Feld beziehungsweise bei Vorliegen eines sehr genau georeferenzierten und hoch aufgelösten Orthophotos auch durch Kontrolle mit diesem (sofern das für die jeweilige Klasse möglich ist). Die Kontrolle im Feld sollte nach Möglichkeit Vorrang haben. Nach den jeweiligen Attributskalen unterscheidet sich der Vorgang des Vergleichens:

- (1) Numerische Daten folgen dem gleichen Vorgang wie für Lagefehler

(2) Interval- und Verhältnisdaten werden per RMSE überprüft

(3) Nominaldaten werden mit einer Klassifikationstabelle überprüft

(2): es werden Daten von mindestens 20 Punkten genommen, und ihre Differenz zum tatsächlichen Wert gemessen. Von diesem Wert wird der RMSE berechnet, und dieser mit dem Konfidenzniveau multipliziert (HWANG 2006, S. 7ff).

(3): in einer Nominalskala kann kein Abstand zu einem als richtig definierten Wert berechnet werden. Somit kann nur eine Tabelle mit zufälligen Daten aus Datensatz und Wirklichkeit verglichen werden und richtige und falsche Zuordnungen überprüft werden. Die aus einer solchen Tabelle errechneten Werte kann man entweder als Prozentsatz korrekt zugewiesener Attribute ausgeben, beziehungsweise als abgeleiteter Wert Kappa, der zufällig richtig zugewiesene Attributklassen mit einbezieht, wobei ein Kappa von 1 einem völlig richtigen Datensatz entspricht, während 0 bedeutet, dass die Attributklassen höchstens mit Glück richtig zugewiesen sind (HWANG 2006, S. 10ff).

ANSI (1997) erlaubt jedoch außer statistischen Methoden zur Bestimmung der Genauigkeit der Lage und von Attributen auch deduktive Ableitungen, solange diese begründet sind, und möglichst auch in quantifizierbarer Form wiedergegeben sind. Eine Einteilung der Attributgenauigkeit als „gut“, „mäßig“, und „schlecht“ wäre per se nicht falsch.

4.2 Genauigkeit in konventionellen Kartenwerken

Dieses Kapitel dient in erster Linie dazu, das anschließende Kapitel besser einordnen zu können. Konventionelle Kartenwerke, wie es die in den folgenden Absätzen beschriebene Österreichische Karte 1:50.000 (anschließend ÖK50 genannt) ist, haben auf den ersten Blick

nichts Offensichtliches mit Methoden des Geotagging gemein. Dennoch sind insbesondere staatliche Kartenwerke kartographische Produkte, die mit hohem Aufwand und hoher Genauigkeit konzipiert und aufgenommen werden (von Ausnahmen wie politisch-propagandistisch motivierten Kartendarstellungen etwa ehemals durch das Ministerium für Staatssicherheit der DDR⁶² abgesehen). Um daher die Genauigkeitswerte von Geotagging nicht nur absolut, sondern auch relativ zu einem den meisten Lesern dieser Arbeit geläufigen Produkt erfassen zu können, ist es notwendig, es zu diesem in einen Kontext zu setzen. Bevor auf allfällige Abweichungen von Geotags eingegangen wird, ist somit erst zu klären, wie genau nun ein bekanntes Kartenwerk eigentlich ist. Im Gegensatz zu Geotags ist die ÖK50 konzeptionsbedingt maßstabsgebunden. Da sie jedoch die größtmaßstäbige Karte ist, die flächendeckend für Österreich vorliegt, fiel die Wahl auf dieses Kartenwerk.

In diesem Kapitel sollen nicht die einzelnen Aufnahmetechniken und Messprozesse detailliert geschildert werden, sondern nur soweit wie es erforderlich ist, um die daraus folgenden Werte in Zusammenhang zu sehen. Es wurde versucht, hauptsächlich jene Messverfahren in dieses Kapitel einzubeziehen, die flächendeckend für die Erstellung der ÖK50 Verwendung finden. Die Situation betreffend noch genauer vermessender Verfahren wie Laser Scanning wird in den Übersichtstabellen ausgespart, um Homogenität in der Betrachtung der Messwerte zu gewährleisten.

Die Genauigkeit in klassischen Kartenwerken ergibt sich einerseits aus Messtoleranzen der verwendeten Messinstrumente, andererseits aus der Überführung der Messungen in Kartenelemente punkt-, linien- und flächenhaften Charakters. Diese Messungen entsprechen dabei dem ersten Schritt der kartographischen Modellbildung (vgl. HAKE, GRÜNREICH und MENG 2002, S. 22f).

⁶² <http://www.mfs-insider.de/Abhandlungen/Karten2.htm>

In diesem Schritt erfolgt die Aufnahme des Geländes durch den Experten. In Österreich haben Kartenwerke des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen Orthophotos als Grundlage (vgl. BEV1 o. J.), welche wiederum aus Luftbildern und dem digitalen Geländehöhenmodell errechnet werden. Das digitale Geländehöhenmodell leitet sich aus photogrammetrischen Messungen in einem 50-Meter-Raster aus Farbluftbildern mit einem mittleren Maßstab von 1:15.000 (der Kamera nähere Geländepunkte oder Objekte haben einen größeren Maßstab, und vice versa, insgesamt wird ein mittlerer Maßstab von oben genannter Zahl angestrebt) ab. Üblicherweise dienen Punkte aus dem österreichischen Festpunktefeld zum Anschluss an ein bestehendes Bezugssystem, diese werden satellitengestützt in das europäische System ETRS89 eingemessen und weisen folgende Genauigkeiten auf:

Realisierungsstufe	Lage	Höhe
1. (Messung über 24 Stunden)	< 1cm	< 2 cm
2. (Messung durch Vektorenausgleich)	< 5 cm	< 10 cm

Tabelle 15: Abweichung der Festpunkte (ETRS89) Quelle: BEV2 o. J.

Charakteristische Geländestrukturen werden bezüglich der Höhenwerte auch terrestrisch erfasst (BEV3 o. J.). Hierbei können die ersten Abweichungen in den Messergebnissen auftreten, wobei diese Abweichungen größer werden, je komplexer und unebener die Struktur der aufgenommenen Flächen ist. Es ergeben sich folgende Werte:

Bodenbedeckung bzw. Geländeform	Alte Profilmessung	Rastermessung mit Strukturinformation
Siedlungsgebiete, Agrarflächen, versiegelte Flächen, Gewässer, etc.	$\pm 2 \text{ m} - \pm 5 \text{ m}$	$\pm 1 \text{ m}$
Ödland, Gletscher	$\pm 5 \text{ m} - \pm 10 \text{ m}$	$\pm 5 \text{ m}$

Bodenbedeckung bzw. Geländeform	Alte Profilmessung	Rastermessung mit Strukturinformation
Wald, Hochgebirge, Felsen	± 10m – ± 25 m	± 10 m

Tabelle 16: Lagegenauigkeit DGM Quelle: BEV3 o. J.

Diese Werte beziehen sich nur auf die möglichen Abweichungen der Höhenwerte, Laser Scanning erreicht hier Werte für ± 15 cm in der Vertikalen, und ± 30 cm horizontal (DORIS 2009, Seite 1).

Die Genauigkeit der Orthophotos ergibt sich aus den Parametern der Messkammer, die bei regelmäßigen Kontrollen im Kalibrierungsprotokoll festgehalten werden (LUFTBILD o. J.). Als Näherungswerte gelten dabei für die Lagegenauigkeit Abweichungen von ± 6µm für signalisierte Punkte, und ± 15 µm für natürliche Punkte. Diese Differenzen sind dabei direkt proportional zum Bildmaßstab, die Höhengenaugigkeit hingegen ist annähernd linear proportional zur Aufnahmeentfernung. Sie beträgt etwa ± 0,1 Promille dieser Entfernung (ibd.).

Für ein typisches Beispiel eines Orthophotos ergeben sich dabei folgende Werte:

Bildmaßstab	Kammerkonstante (c)	Flughöhe über Grund (Aufnahmeentfernung)	Lagegenauigkeit in der Natur	Höhengenaugigkeit in der Natur
1:15.000	21 cm	3150 m	9 cm (signalisiert)	31,5 cm
			22,5 cm (Naturmerkmal)	

Tabelle 17: Abweichungen bei Orthophotos Quelle: LUFTBILD o. J.

Nach dieser Datenaufnahme folgt die Zusammensetzung der gewonnenen Daten zu einem Primärmodell und anschließend der zweite Schritt der kartographischen Modellbildung nach HAKE, GRÜNREICH und MENG (2002, S. 22f): die Bearbeitung durch den Kartographen. Im konkreten Fall werden die in einem größeren Maßstab aufgenommenen Daten (1:10.000) in einen kleineren Maßstab (1:50.000) überführt, wobei auch Generalisierungen notwendig sind, um den selben Bildausschnitt in kleinerer Form weiterhin lesbar zu erhalten, das Kartenbild nicht zu überfrachten und wichtige Strukturen hervorzuheben. Dadurch entsteht das kartographische Modell des 1:50.000 Raster des BEV, welches seinerseits nun die Basis für die Österreichische Karte 1:50.000 darstellt (BEV4 o. J.).

Durch diese Generalisierung entsteht nun wiederum eine Veränderung, da der Maßstab von einem Aufnahmemaßstab in einen mittleren Maßstab überführt wird. Die Generalisierung ist nicht mehr völlig maßstabsgetreu, sondern weicht nun einer grundrissähnlichen Darstellung, wodurch Linienverläufe und Flächengrenzen etwas vereinfacht werden, linienhafte Signaturen verbreitert unter Beachtung der durch Höhenlinien gekennzeichneten Geländeform (BOLLMANN et al 2002, zit. n. GEOVLEX 2009). Die daraus entstehenden Lagefehler sind nicht mehr genau quantifizierbar. Da es sich um Rasterdaten handelt, kommt ein weiterer Faktor hinzu: eine Signatur muss mindestens ein Pixel des Rasters füllen. Ein Pixel der Österreichischen Karte 1:50.000 entspricht in der Natur fünf Metern. Das heißt, wenn bei der Digitalisierung eine Linie begradigt wird, die entlang zweier Pixel bewegt wird, kann es zu einer Verschiebung um bis zu fünf Meter kommen. Dies entspricht gleichzeitig der analogen Zeichengenauigkeit von 0,1 Millimetern (BEV4 o. J.).

Weiters liegt der notwendige Abstand zwischen zwei Signaturen bei 0,2 Millimetern, um sie eindeutig voneinander unterscheiden zu können. Dies entspricht in der Natur 10 Metern (ibd.). Ist der Abstand zwischen zwei Objekten bei der Verkleinerung des Maßstabs und vor

der Generalisierung also kleiner als die Distanz von 0,2 Millimetern, und würden ihre Signaturen keine eindeutige Interpretation zulassen, kann es zu einer Verschiebung des Objekts von bis zu 10 Metern in der Natur kommen. Dies entspricht den allgemeinen Anforderungen an die Lagegenauigkeit von Kartenwerken: diese sollte sich zwischen 0,2 und 0,3 Millimeter bewegen (JACOBSEN 2002, S. 54). Ebenso entspricht dies der theoretischen Lagegenauigkeit von Objekten auf einer Karte (nach KAPPAS 1994, zit. n. PRINZ 2007):

$$\textit{Theoretische Lagegenauigkeit} = \frac{\textit{Zeichengenauigkeit} \times \textit{Maßstab}}{1000 \textit{ m}}$$

$$\text{Dies ergibt: } \textit{Theoretische Lagegenauigkeit} = \frac{0,1 \times 50.000}{1000 \textit{ m}} = 5 \textit{ Meter}$$

$$\text{bzw. bei Signaturkollisionen } \frac{\textit{Zeichengenauigkeit} \times \textit{Maßstab}}{1000 \textit{ m}} = 10 \textit{ Meter}$$

Die Tatsache, dass die Abweichungen der Messgeräte im Zentimeterbereich liegen, während die Abweichungen durch Modellerstellung und Generalisierung mehrere Meter betragen können, soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Messungen der photogrammetrischen und terrestrischen Aufnahmegeräte die Grundlage bilden, auf der eine gut durchdachte Generalisierung überhaupt aufbauen kann. Ein mehrere Meter großes, nicht allzu komplex geformtes Objekt kann also tatsächlich relativ genau an der Stelle vermutet werden, an der es auch kartographisch festgehalten wurde, kann aber aus der es abbildenden Karte nicht mehr so genau herausgemessen werden.

Schließlich sind auch Höhenlinien noch Generalisierungen unterworfen, da sie nur bis zu einem gewissen Grad mit allen Niveauunterschieden darzustellen sind. Das BEV gibt hier folgende Werte als maßgebend an:

Geländeform	Höhengenauigkeit
Offen und flach	$\pm 1\text{ m} - \pm 3\text{ m}$
Offen und hügelig	$\pm 3\text{ m} - \pm 5\text{ m}$
Wald und Hochgebirge	$\pm 5\text{ m} - \pm 20\text{ m}$

Tabelle 18: Höhengengenauigkeit abhängig von der Geländeform (Quelle: BEV5 o. J.)

Insgesamt führt das zu einem dualen System der Genauigkeitsbewertung gegenüber GNSS-basierten Daten. Die Methoden, mit denen die Basisdaten für die ÖK50 aufgenommen werden, liegen zum Teil beträchtlich höher als die Werte, die schließlich für das fertige Kartenwerk gelten. Interessant ist in diesem Fall, dass die meisten Erhebungsmethoden bei der Messung von Höhendaten zwar ungenauere Werte liefert, als die Erhebungen der horizontalen Lage, das fertige Kartenwerk schließlich aber theoretisch über ungenauere Lagewerte als Höhenwerte verfügt. Dies liegt im Wesen einer Karte verankert. Durch die Sicht von oben ist die Menge der zu verarbeitenden Objekte in der Horizontalen wesentlich größer als die sichtbare Information der Vertikalen. Darüber hinaus findet die Informationsverschiebung bei Maßstabsänderungen auch zum wesentlichen Teil in der horizontalen Ebene statt. Da die Daten in einem größeren Maßstab aufgenommen werden, als sie schließlich dargestellt werden, erklärt sich daraus diese Umkehrung.

Basisdaten	ÖK50
Bestmögliche Lageabweichung	Bestmögliche Lageabweichung
< 1cm	$\pm 5\text{ m}$
Bestmögliche Höhenabweichung	Bestmögliche Höhenabweichung
< 2 cm	$\pm 1\text{ m} - \pm 3\text{ m}$


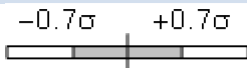
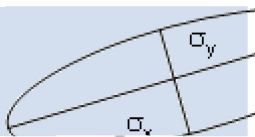

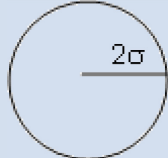
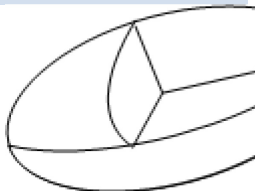
Tabelle 19: Vergleich der Genauigkeiten von Lage und Höhe zwischen Datenaufnahme und Kartenerstellung

4.3 Genauigkeit von geotaggingbasierten Medien und Karten(ähnlichen Werken)

Die Genauigkeit von geotaggingbasierten Daten lässt sich auf Grund ihrer Heterogenität wesentlich schwerer erfassen als jene von klassischen Kartenwerken. Am einfachsten zu beantworten ist die Frage nach der Lagegenauigkeit von GNSS-basierten Geotaggingdaten, da sie auf gut dokumentierten Verfahren beruht. Gleichzeitig muss diese Bemerkung sofort wieder soweit eingeschränkt werden, als dass GNSS-Messungen stark von den verwendeten Geräten abhängen, über deren Messgenauigkeiten nie allgemeingültige Aussagen gemacht werden können. Allerdings sind je nach verwendetem Protokoll der Geräte Daten über die mögliche Genauigkeit der Messung enthalten. Deswegen muss man diesen Punkt unter dem Gesichtspunkt verstehen, dass in erster Linie der Bezug auf generelle GNSS-Genauigkeit abzielt, und erst im weiteren Verlauf zumindest den Versuch unternimmt, in konkreten Fällen Daten von Messungen genau zu untersuchen.

Zu den Angaben über die Genauigkeit von GPS (für GLONASS sind noch zu wenige Empfangsgeräte zu kurz im Umlauf, um hier bereits aussagekräftige Daten zu haben) gibt es eine Unzahl von Aussagen, die zum Teil von den Herstellern der Empfänger getätigt werden, um den Verkauf der Geräte anzukurbeln, andere, die von den Betreibern des GPS kommen und die grundsätzliche Genauigkeit von GPS angeben.

Dass Angaben von Herstellern nicht unbedingt zielführend sind, liegt allein schon an den zahlreichen Definitionen, die die Genauigkeit von GNSS-Messdaten definieren, die Messmethode dabei aber (gerade bei Consumergeräten, die die Masse der Geotaggingdaten ausmachen) gerne verschwiegen wird. Eine Übersicht dieser Messmethoden zeigt folgende Tabelle:

Dimension	Gebäuchliche Abkürzung	Bezeichnung	Wahrscheinlichkeit	Approximation	Zeichnung
1D	rms	root mean square: Quadratischer Mittelwert	68.3%	σ	
1D	PE	probable error: Wahrscheinliche Abweichung	50%	0.674σ	
2D		Fehlerellipse	39.4%	Definiert durch σ_x, σ_y und deren Korrelation	
2D	CEP	circular error probable: Streukreisradius	50%	Radius: $0.589(\sigma_x + \sigma_y)$	
2D	2drms	twice distance root mean square: Doppelter Abstand des quadratischen Mittelwerts	variiert: 95.4 - 98.2%	Radius: 2σ $\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$	
3D		Fehlerellipsoid	19.9%	Definiert durch $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ und deren Korrelation	

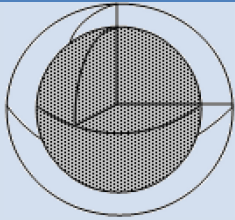
Dimension	Gebräuchliche Abkürzung	Bezeichnung	Wahrscheinlichkeit	Approximation	Zeichnung
3D	SEP	spherical error probable: Wahrscheinlicher Sphärischer Fehler	50%	Radius: $0.513(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$	

Tabelle 20: Genauigkeitsdimensionen von GPS-Messungen (NRCAN 1995, S. 23, Übs. A.G.)

Das US-Verteidigungsministerium als Betreiber des GPS gibt in seinem aktuellsten Bericht zu GPS die Lagegenauigkeit (für Signal-in-Space) mit 3 Metern und die Höhengenaugkeit mit 5 Metern für 95% der Messungen an, für „well designed GPS receivers“ (NAVSTAR 2008, S. V). HAKLAY (2008) gibt in seiner Arbeit über die Genauigkeit von OSM-Daten (die zu großen Teilen auf GNSS-Messungen beruhen) eine Genauigkeit von 6-10 Metern an.

Area	Average difference (m)
Barnet	6.77
Highgate	8.33
New Cross	6.04
South Norwood	3.17
Sutton	4.83
Total	5.83

Tabelle 21: Lageabweichung von VGI-Daten am Beispiel OSM (HAKLAY 2008, S.9)

Ebenfalls von Haklay stammt die vorhergehende Tabelle. Die Abweichungen wurden über London verteilt gemessen am Beispiel der OS 1:10.000 im Vergleich mit OSM-Daten. Dabei wurden insgesamt fünf Kacheln des Rasters visuell überprüft und anhand von insgesamt 100 Stichproben untersucht (HAKLAY 2008, S. 9). Die gesamte Abweichung liegt also insgesamt knapp unter sechs Metern, und damit nahe an der Behauptung aus dem NAVSTAR GPS Report.

ZIELSTRA und ZIPF (2010, S. 2) sprechen in ihrer Untersuchung von OSM Daten in Deutschland von ± 5 m Genauigkeit, allerdings nicht durch Messergebnisse untermauert. Insgesamt liegt man nicht mit der Behauptung falsch, dass von einer Lageungenaugigkeit von sechs Metern auszugehen ist.

Um dies schließlich mit Langzeitmessungen eines praxisnahen Beispiels in Einklang zu bringen, kann man sich des Plots der GPS-Daten des Betreibers der Seite kowoma.de (KOWOMA1 2011) bedienen. Auf dieser Webseite beschreibt er seinen Versuchsaufbau, der mittels u-blox 5 Empfänger realisiert wurde (ein GPS-Chip, der nun bereits zwei Generationen alt ist). Die kleine Antenne des Empfängers wird dabei noch von einem Holzdach abgeschirmt, hat davon abgesehen keine Einschränkungen in der Sicht zum Himmel. Die Position wird alle 60 Sekunden registriert und in NMEA 0183 an eine MySQL-Datenbank ausgegeben, wodurch die folgenden Plots entstehen (KOWOMA2 2011).

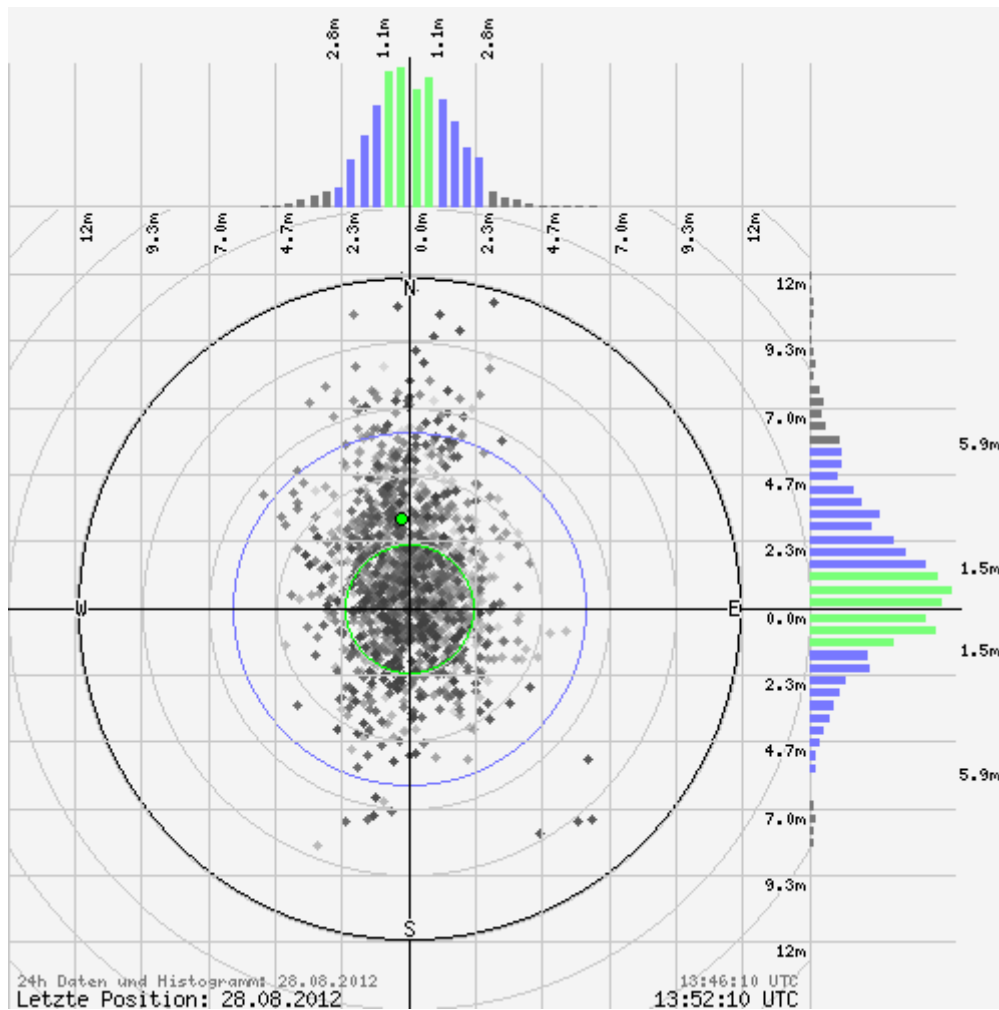


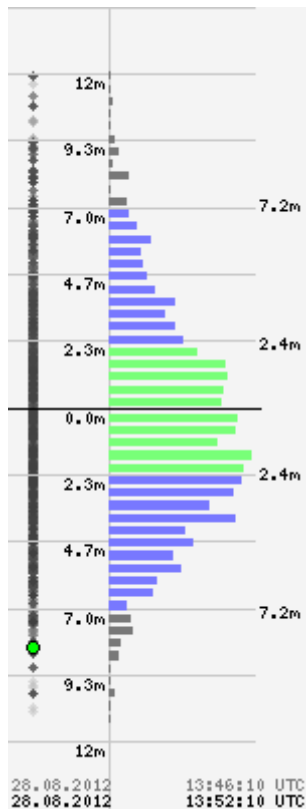
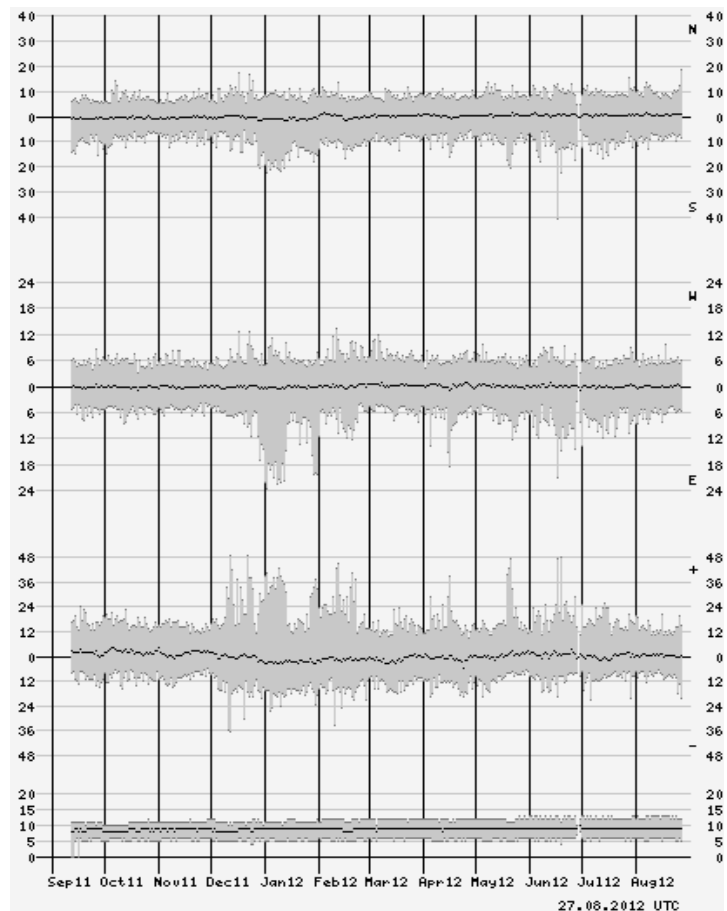
Abbildung 5: GPS-Plot Lagedaten⁶³

Diese Abbildung zeigt die Abweichungen der Lage. Die Werte der grünen Balken entsprechen dem CEP₅₀-Wert, das heißt, 50 Prozent der Messungen liegen in diesem Bereich. Die blauen Balken entsprechen dem CEP₉₅ Wert, in welchem 95 Prozent aller Messungen liegen. Man erkennt, dass die Abweichung des Breitengrades bei etwa 5,9 Metern CEP₉₅ liegt, die Abweichung des Längengrades bei etwa 2,8 Metern CEP₉₅ liegt.

Auch die Höhe wird nach einem ähnlichen Muster gemessen:

⁶³

<http://www.kowoma.de/gps/gpsmonitor2/position.png?Tue%20Aug%2028%202012%2015:52:00%20GMT+0200>

Abbildung 6: GPS-Plot Höhendaten⁶⁴Abbildung 7: GPS-Plot Jahresverteilung⁶⁵

Entsprechend der zuvor genannten Einteilung liegen 50 Prozent der Messungen nun bei einer Abweichung von etwa 2,4 Metern, 95 Prozent der Messungen weichen um maximal 7,2 Meter ab. Der Empfänger bietet zwar EGNOS-Funktionalität, diese wird aber zur Messung der Abweichung nicht miteinberechnet (KOWOMA2 2011). Der Wert entspricht somit dem rohen GPS-Signal-Empfang. Betrachtet man die Ganzjahresübersicht, sieht man, dass die Werte ungefähr um die Werte fünf (Längengrad) beziehungsweise sieben (Breitengrad) streuen. Man geht relativ sicher, wenn man den zuvor gemittelten Wert von sechs Metern für die Genauigkeit von GNSS-Messungen annimmt. Betrachtet man die Höhe (die bei den

⁶⁴ <http://www.kowoma.de/gps/gpsmonitor2/height.png?Tue%20Aug%2028%202012%2015:52:00%20GMT+0200>

⁶⁵

<http://www.kowoma.de/gps/gpsmonitor2/yearplot.png?Tue%20Aug%2028%202012%2016:16:00%20GMT+0200>

Studien zu OSM nicht ermittelt wurde, da OSM noch relativ schlecht mit Höhendaten versehen ist), bemerkt man, dass diese besonders stark streut. Die Streuung auf der positiven Achse (zu große Höhe) liegt etwa bei zwölf Metern, die negative Streuung (zu niedrige Messungen) sammelt sich im Wertebereich etwas besser als zehn Meter. Somit liegt dieser Wert beim doppelten der Angabe von NAVSTAR GPS. Man kann schließen, dass man hier einen Wert von mehr als zehn Metern annehmen sollte, auch wenn punktuelle Messungen hier ein besseres Ergebnis bringen.

4.3.1 Fehlerquellen von GNSS-Messungen

Es gibt wie bei allen Messmethoden auch bei GNSS-Messungen systematische Fehlerquellen, die neben Anwendungsfehlern und zufälligen Fehlern auftreten können (im Englischen als EPE zusammengefasst; Estimated Position Error: Geschätzter Positionsfehler). Diese lassen sich in sechs Klassen zusammenfassen (nach dem Ort der Entstehung):

- Satellitenbahn
- Satellitenuhr
- Ionosphäre
- Troposphäre
- Multipath
- Empfängerrauschen (SINGROY et al. 2003, S. 19, Übs. A.G.)

Der früher künstlich ins GPS-Signal eingeschleuste Fehler durch Selective Availability wurde bereits am 2. Mai 2000 durch den damaligen Präsidenten Bill Clinton abgestellt, und die

neuesten Generationen von GPS-Satelliten unterstützen diese Art der Signalstörung nicht mehr.

Satellitenlaufbahnfehler ergeben sich aus falsch übermittelten Bahndaten eines GPS-Satelliten. Diese Daten (die Keplerschen Bahndaten, die zur korrekten Berechnung der Bahndaten nach WGS84 dienen) können einen Fehler von etwa 2,1 Meter rms ausmachen (WORMLEY 2010). Sie werden benötigt, um die Bahn des jeweiligen Satelliten vorherzusagen, damit ihn das Empfangsgerät nach einem erneuten Start schneller wieder findet.

Satellitenuhrfehler resultieren aus den Vorhersagegenauigkeiten der in GPS-Satelliten verwendeten Atomuhren. Die Genauigkeit, mit der sie die Zeit messen, hat ebenfalls Einfluss auf die Positionsgenauigkeit. Der Fehler wird auf ein bis zwei Meter pro alle 12 Stunden erfolgreichem Update geschätzt (ibd.).

Die nächsten Fehlerquellen sind dabei zwei Sphären der Erdatmosphäre, die das Satellitensignal durchdringen muss. Die erste dieser Sphären ist die **Ionosphäre**. Das Signal wird hier durch die Ionen in der Atmosphäre aufgehalten. Durch diese Verzögerung kommt es zu Abweichungen von zwei bis fünf Metern kommen. Durch Messung zweier Frequenzen (L1 und L2) und deren zeitlichen Abständen können Positionsfehler von ein bis zwei Metern erreicht werden (ibd.).

Als nächste Schicht der Erdatmosphäre muss die **Troposphäre** durchdrungen werden. Auch hier kommt es wieder zu einer Verzögerung des Funksignals, Träger und Code werden gleichermaßen aufgehalten. Ein üblicher Wert für den Lagefehler beträgt bis zu einem Meter (ibd.).

Die nächsten Fehler betreffen dann das Empfangsgerät selbst oder dessen Umgebung. Eine Fehlerquelle ist das **Empfängerrauschen**, das entsteht, wenn ein GNSS-Empfänger mehrere

Satelliten auf einem Kanal empfängt. Dadurch kann es zu Verzerrungen von weniger als einem halben Meter kommen und Ablenkungen durch Rauschen von 0,2 Metern (WORMLEY 2010).

Der letzte systematische Fehler, dem GNSS-Messungen unterliegen, sind sogenannte **Multi-pathfehler**. Diese Fehler sind charakteristisch für Geräte mit schlechtem Antennenlayout, beziehungsweise Messungen im Umfeld stark reflektierender Flächen. Dies verfälscht die Lagegenauigkeit um etwa einen Meter (ibid).

Diese Fehler werden schließlich subsummiert, jedoch nicht im Sinne einer einfachen Addition, sondern als Quadratwurzel der Summe der Quadrate (im Englischen rss), woraus der **UERE** (User Equivalent Range Error) berechnet wird (ibd.). Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass diese Fehler aus Verzerrungen der Position sowie aus zufälligem Rauschen bestehen, dass nicht mit einzelnen Lagemessungen korreliert. Der UERE besteht aus den ersten vier Punkten der vorigen Aufzählungen, dem sogenannten **User Range Error (URE – Ortungsfehler)** und den letzten beiden Punkten, dem **UEE (User Equipment Error – Gerätefehler)** (ibd., KAHMEN 2005, S. 346)).

Zu den systematischen Fehlern, die Messungen mit GNSS aufweisen, kommen noch zufällige Fehler, beziehungsweise eine systemimmanente Schwachstelle von GNSS. Letztere ist durch die Satellitengeometrie bedingt. Die Satellitengeometrie wird durch die Maßzahlen

- **VDOP (Vertical Dilution Of Precision – Verringerung der vertikalen Präzision – 1-Dimensional)**
- **HDOP (Horizontal Dilution Of Precision – Verringerung der horizontalen Präzision – 2-Dimensional)**
- **PDOP (Positional Dilution Of Precision – Verringerung der Lagepräzision – 3-Dimensional; $PDOP^2 = VDOP^2 + HDOP^2$)**

- TDOP (Time Dilution Of Precision – Verringerung der zeitlichen Präzision – 4. Dimension)
- GDOP (Geometrical Dilution Of Precision – Verringerung der geometrischen Präzision – 4-Dimensional; $GDOP^2 = PDOP^2 + TDOP^2$) (nach LOGSDON 1995, S. 60)

bestimmt.

Diese Maßzahlen werden oft fälschlicherweise als Genauigkeitsmaß von GNSS-Messungen gebraucht. Tatsächlich geben sie an, wie hoch der Einfluss der Satellitengeometrie auf die Genauigkeit der Positionierung ist. So ist ein niedriger DOP-Wert ein Indikator für eine gute Satellitenverteilung. Liegen alle empfangenen Satelliten in einer Ebene, können die DOP-Werte unendliche Größe annehmen, die in einem Empfänger stattfindenden Rechenprozesse können Lage- und Zeitfehler nicht mehr korrekt erkennen (LANGLEY 1999, S. 56). Geht der Wert gegen eins, nimmt die gesamte Abweichung der Lage weniger stark zu.

Ein weiterer Schwachpunkt der Satellitengeometrie in Kombination mit den physikalischen Eigenschaften von Funkwellen beziehungsweise der Erde, ist die Tatsache, dass Satelliten, die sich vom Empfangsgerät aus gesehen unterhalb des Horizonts befinden, nicht empfangen werden können (ibd.). Diesem Umstand ist geschuldet, dass die Werte für VDOP meist höher sind als für HDOP, sowie dass die Höhenmessung ungenauere Ergebnisse liefert als die Lagemessung, da Lageberechnungen meist von allen Seiten möglich sind, die Höhenmessung aber fast ausschließlich von Satelliten über der Position des Empfängers errechnet wird.

Einige dieser Werte werden von GNSS-Empfängern gespeichert und im NMEA Protokoll ausgegeben. Hat man einen solchen Empfänger zum Geotaggen verwendet, und ist dieses Protokoll abrufbar, kann man anhand dieser Maßzahlen die Lageabweichung abschätzen.

Zieht man das bereits bekannte Signifikanzniveau von 95 Prozent heran, erhält man über die Rechnung

$$EPE(2drms) = 2 \times HDOP \times \sqrt{(URE^2 + UEE^2)} \quad (\text{WORMLEY 2010})$$

den geschätzten horizontalen Lagefehler für 95 Prozent der Messungen. Da sich Geotagging auch hauptsächlich auf die Lage von Dingen und wesentlich seltener auf deren Höhe bezieht, ist dies das wichtigste Genauigkeitsmaß für GNSS-basierte Messungen.

KLIMASZEWSKI-PATTERSON (2010) gibt diesen Wert in einer Untersuchung für ein HTC G1 (das erste Android-basierte Smartphone) mit durchschnittlich 3,3 Metern an (mindestens zwei Meter, höchstens sechs). Sie gibt zu bedenken, dass durch die Lageverschiebung von WGS84 bei anderen Projektionen Fehler entstehen könnten, und gibt an, dass bei Addition von einem Meter alle Punkte in einer Karte schließlich auch in diesem EPE von nun 4,3 Metern liegen (ibid., S. 275). Da das HTC G1 zwar ein wichtiges Modell zur Markteinführung eines neuen Betriebssystems war und dementsprechend Wert auf eine gute Leistung gelegt wurde, nun aber doch bereits vier Jahre alt ist⁶⁶ (eine Ewigkeit in der modernen Kommunikationstechnologie), kann dieser Wert als gute Basis angenommen werden für die Genauigkeit von per Smartphone getaggtten Orten.

4.3.2 Verbesserung der Lagegenauigkeit von GNSS-Messungen

Es gibt mehrere Wege, um die Genauigkeit von GNSS-Messungen zu verbessern, die nicht alle den gleichen Endgeräten zur Verfügung stehen. Geht man davon aus, welche Nutzer die meisten Geotags beitragen, kann man davon ausgehen, dass sich die Vergabe von Geotags

⁶⁶ <http://www.androidauthority.com/htc-g1-gets-unofficial-jelly-bean-port-106696/>

(neben der manuellen oder automatisierten Zuweisung per Tools und Programmen wie Google Earth) hauptsächlich auf Smartphones, Tablets, Datenlogger und GNSS-gestützte Kameras konzentriert, schon wesentlich seltener PDAs, Navigationsgeräte und Laptops mit GNSS-Empfänger. Man kann daher auch sehr professionelle Methoden wie RTK (Real-Time Kinematic) Verfahren außen vor lassen, die den Einsatz eines Rovers und einer Referenzstation notwendig machen. Hier ließen sich zwar Zentimetergenauigkeiten erreichen (ZAHN 2008, S. 7), allerdings zeichnet sich Geotagging durch seinen schnellen und günstigen Einsatz aus, und eine aufwändige und teure Methode aus der Geodäsie wird dabei eher selten eine Rolle spielen.

Eine schon länger existierende Lösung für die Verbesserung der Lagegenauigkeit von GNSS-Messungen ist das DGPS-Verfahren (Differential GPS, Differentielles GPS; die Bezeichnung DGNSS wäre nach der Einführung von GLONASS und später GALILEO richtiger). Der Name bezieht sich darauf, dass das empfangene Signal des Empfängers von einer Referenzstation korrigiert wird. Dabei wird zwischen erdgebundenen (GBAS – Ground Based Augmentation System) und satellitenbasierten Referenzstationen (SBAS – Satellite Based Augmentation System) unterschieden (FLÜHR 2009, S. 90).

GBAS sind zumeist auf nationaler Ebene geschaffene Netze von Referenzstationen. Dabei wird ein Empfänger an einem genau vermessenen Punkt angebracht, dessen vermessene Position ständig mit der aktuell gemessenen GNSS-Position abgeglichen wird. Daraus werden Korrekturdaten erstellt, die mit einer solchen Station verbundene Nutzergeräte zur Positionskorrektur verwenden können. Dies geschieht mit einer geringeren Genauigkeit in Echtzeit, kann aber auch nachträglich per Post-processing erfolgen (DODEL und HÄUPLER 2009, S. 220ff). Hier ist die Anwendung gefragt: sollen die Daten sofort hochgeladen werden,

scheidet Post-processing natürlich aus. Darüber hinaus sind Genauigkeiten von Echtzeit-Daten ausreichend für nicht-geodätische Arbeiten.

Beispiele für ein solches GBAS sind das österreichische APOS oder das deutsche SAPOS. Das BEV gibt die Lagegenauigkeit für die Echtzeit-DGPS-Variante von APOS mit ± 30 Zentimetern an, und die Höhengenaugigkeit mit 70 cm, jeweils als Standardabweichung (ZAHN 2008, S. 7). Voraussetzung dafür ist ein Empfänger der das Datenprotokoll NMEA 0183 zur Ausgabe benutzt und RTCM zur Eingabe, ein Internetzugang (Standard bei Smartphones) sowie ein Account für den Ntrip-Dienst des BEV (ibid., S. 12). Will man damit zumindest Dezimetergenauigkeit erreichen, muss man sich allerdings auf Kosten von 20 Euro pro Monat⁶⁷ für die Nutzung des Dienstes einstellen. Somit fällt auch diese Variante für Geotagger, die dies nur als zeitweiliges Hobby betreiben (das heißt, einen Großteil), weg. Dazu kommt, dass diese Dienste stark lokal beschränkt sind. Europa bietet zwar mittlerweile ein sehr dichtes Netz an GBAS, allerdings immer national begrenzt, der Zugang zu den Korrekturdaten ist dabei immer anders geregelt.

Somit bleiben für die Korrektur der GNSS-Daten auf günstige und flächendeckende Weise **SBAS**. Diese sind für Europa EGNOS, für Nordamerika WAAS, und für Asien GAGAN, MSAS und QZSS (DODEL und HÄUPLER 2009, S. 227ff). Auch das bestehende chinesische BeiDou ist in seiner momentanen Konstellation eher als SBAS denn als GNSS zu verstehen.

EGNOS deckt das Gebiet der ECAC (European Civil Aviation Conference) ab, somit die meisten europäischen Länder, die Türkei, die Nordsee und Teile des Atlantiks. Das System besteht aus 34 Bodenstationen (RIMS – Ranging and Integrity Monitoring Station), die die Positionen der GPS-Satelliten überwachen und diese an die vier Kontrollstationen (MCC - Mission Control Center) übermitteln (vgl. CATALIN und MARINESCU 2010, S. 5f). Dort werden in

⁶⁷ http://www.bev.gv.at/portal/page?_dad=portal&_pageid=713,1571577&_schema=PORTAL

erster Linie die ionosphärischen Abweichungen berechnet, und Korrekturen in Form von Ephemeriden an die drei geostationären Satelliten⁶⁸ gesendet. Diese senden das Korrektursignal schließlich an Empfänger, die SBAS-Korrektursignale empfangen und verarbeiten können. In einem GNSS-Plot erscheinen sie als gewöhnliche GNSS-Satelliten und sind nur durch ihre PRN-Nummer als SBAS-Satelliten zu erkennen. CATALIN und MARINESCU (2010, S. 43ff) kommen bei ihren Versuchen mit einem Ashtech DG14 Empfänger zu dem Schluss, dass EGNOS eine Lagegenauigkeit von etwa 1,8 Metern mit 95% Konfidenzniveau des CEP. 95 Prozent der Punkte liegen also in einem Umkreis von 1,8 Metern um die wahre Position. Da es sich bei dem getesteten Gerät um ein eher günstiges Gerät handelt, das nur auf zwölf Kanälen empfängt, während neuere Smartphones wie das Samsung Galaxy S3 mit einem Broadcom BCM47511⁶⁹ Chipsatz auf 18 Kanälen (GPS WORLD 2012, S. RS-4f) empfangen können (genau wie das DG14 inklusive SBAS), kann ein Wert von circa zwei Metern für Geotaggingdaten von SBAS-gestützten GNSS-Messungen angenommen werden.

Zum Vergleich soll auch das amerikanische Gegenstück zu EGNOS – WAAS – zitiert werden. Das **Wide Area Augmentation System** wurde mit Hinblick auf Flugsicherheit entwickelt, und soll in absehbarer Zeit das bisher im Flugwesen für den Landeanflug benötigte ILS ablösen (DODEL und HÄUPLER 2009, S. 232). Die Mindestlagegenauigkeit, die WAAS erreichen soll (in 95 Prozent der Messungen), liegt sowohl horizontal als auch vertikal bei 7,6 Metern (FAA 2001, S. 34). Beide Werte sollten tatsächlich niedriger liegen, wobei jedoch schon die vertikale Genauigkeit eine deutliche Verbesserung gegenüber dem zuvor gezeigten Beispiel von kowoma.de zeigt. EGNOS wiederum gibt die Höhengenaugigkeiten auf 95 Prozent Konfidenzniveau mit vier Metern für den Open Service (die frei empfangbaren Daten) an (DG TREN 2009, S. 27). Dies darf als konservative Näherung angesehen werden, da auch in einem

⁶⁸ <http://egnos-portal.gsa.europa.eu/discover-egnos/services/service-access>

⁶⁹ <http://www.androidmag.de/news/samsung-galaxy-s3-zerlegt-kamerasensor-des-iphone-4s-verbaut/>

Newsletter der Eurocontrol (EDCN 2012) die Leistung der beiden EGNOS-Satelliten untersucht wurde (dazu als eine der wenigen Untersuchungen mit den maximal gemessenen Abweichungen): die Lageabweichung liegt mit 95 Prozent in einem Radius von 1,1 Metern (höchste Abweichung: 5,7 beziehungsweise 6,2 Meter), die Höhenabweichung in einem Bereich von 1,5 Metern (maximal: 8,8 Meter in beiden Fällen).

Eine weitere Möglichkeit, GNSS-Messungen zu verbessern, liegt darin, die Höhenmessung barometrisch vorzunehmen. Neben Freizeit-GNSS-Loggern und Navigationssystemen bringen mittlerweile auch immer mehr Hersteller von Smartphones Chips zur Luftdruckmessung in den Geräten unter. So bieten mehrere Geräte von Samsung wie das Galaxy Nexus oder das Galaxy S3 einen barometrischen Chip von Bosch (BMP180)⁷⁰. Die Präzision der Höhenmessung wird vom Hersteller mit 0,25 Metern im Modus mit dem höchsten Stromverbrauch angegeben, während im Stromsparmmodus immer noch ein Wert von einem halben Meter erreicht werden soll⁷¹. Beide Werte sind jeweils als Standardabweichung angegeben. Die Genauigkeit der Höhenmessung soll etwa einen Meter betragen. Der Chip erkennt also im besten Fall Änderungen von 25 Zentimetern und kann diese mit einer Genauigkeit von einem Meter anzeigen. Zum Vergleich gibt Garmin für seine mit Barometern ausgerüsteten GNSS-Geräte eine Genauigkeit von etwa 3 Metern bei guter Kalibrierung an⁷².

Den Nutzen dieses Systems muss man jedoch relativieren. Das größte Problem dabei ist der Nutzer selbst: er muss wissen, dass sein Gerät diese Funktionalität unterstützt, und er muss wissen, wie das Gerät zu kalibrieren ist, damit auch korrekte Werte erzielt werden können. Dies betrifft in erster Linie die Tatsache, dass man einen Ort bekannter Höhe aufsuchen muss, an welchem die Luftdruckmessung einer Höhe zugewiesen werden kann. Abgesehen

⁷⁰ http://www.elektroniknet.de/baelemente/news/?_aid=88115&gid=3103&d=true&subPage=0&cp=3

⁷¹ <http://www.bosch-sensortec.de/content/language1/downloads/BST-BMP180-DS000-08.pdf>

⁷² <https://support.garmin.com/support/searchSupport/case.faces?caseId=%7B8b380bc0-1901-11dc-70f0-000000000000%7D>

von Höhenfestpunkten können dies auch Punkte sein, die in einer App verortet sind (wie etwa Flugplätze, deren Luftdruck und Höhendaten leicht abgerufen werden können⁷³), und denen man sich mittels GNSS oder Karte nähert. Hat man diesen Punkt befolgt, ist die nächste Hürde, dass sich der Luftdruck nicht nur mit der Höhe ändert, sondern natürlich auch mit dem Wetter. Der Effekt, der dabei stärker wirkt, ist für den Laien kaum zu erkennen, sofern er sich nicht in einer völlig ebenen Lage bewegt und der Luftdruck stark schwankt. Der Luftdruck muss dementsprechend in nicht allzu großen zeitlichen Abständen kontrolliert und die Höhe ihm angepasst werden.

Barometrische Höhenmessungen können also zu einer deutlichen Verbesserung der mit GNSS gemessenen Werte beitragen, wenn sie korrekt eingesetzt werden. Man erhält somit eine Ausgabe des Höhenwertes über dem mittleren Meeresspiegel, während GNSS im NMEA Protokoll die Höhe über dem Meeresspiegel nach WGS84 angeben, und je nach Auflösung des im Gerät gespeicherten Geoidnetzes einen mehr oder weniger korrekten Zusatz einführen (Höhe des Geoid minus Höhe des Ellipsoids (vgl. BRINKER und MINNICK 1995, S. 379ff)), der entsprechend zur Höhenmessung abgezogen oder addiert werden muss.

Höhenmessungen sind zwar prinzipiell ein wesentlicher Bestandteil topographischer Karten oder dreidimensionalen Anwendungen wie Reliefdarstellungen oder virtuellen Globen, haben jedoch im Bereich Geotagging etwas eingeschränkte Bedeutung aufgrund der Tatsache, dass die meisten getaggtten Objekte Punkte auf der Erdoberfläche sind, und meist auf ihr stehend aufgenommen werden, um schließlich auch einer flächenhaften Darstellung (wie Google Maps) oder einer räumlichen Darstellung (wie Google Earth) der Erde verzeichnet zu werden. Das heißt, die Höhendaten (wenn man von auf dem Boden aufgenommenen Daten ausgeht) sind ohnehin bereits in der Karte enthalten. Das trifft für einen Großteil der

⁷³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.igorinov.altimeter&hl=de>

Anwendungen des Geotagging zu. Anders verhält es sich, wenn Objekte nicht vom Boden aus aufgenommen werden, wie Fotos und Videos aus Fluggeräten oder von künstlichen Erhebungen wie Hochhäusern oder Türmen. So wäre es doch ein beträchtlicher Unterschied, würde man ein Foto aus dem Halbmond des Makkah Royal Clock Tower Hotels machen, und dabei keine weiteren Höhendaten übernehmen, denn dies käme immerhin einem Fehler von fast 600 Metern gleich⁷⁴. Ebenso werden geogetaggte Filme etwa von Drachenfliegern oder Seglern hauptsächlich über virtuelle Globen wie Google Earth präsentiert. Ließe man hier die Höhenangaben außer Acht und würde man die Geotags nur über die Erdoberfläche verteilen, wäre in einer 3D-Ansicht der ganze Sinn des Geotags dahin.

4.3.3 Lagegenauigkeit von manuellem Geotagging

Bisher wurde hauptsächlich die Lagegenauigkeit von GNSS-basiertem Geotagging betrachtet, aufgrund der Tatsache, dass es zum größten Teil nicht vom Können des Benutzers abhängig ist, sondern von physikalischen Werten, die relativ gut dokumentiert und reproduzierbar sind. Sie hängen zwar auch von technischen Faktoren ab, doch der größte Einflussfaktor ist astronomisch-physikalischer Natur, da Geräte, die wirklich schlecht programmiert sind, auch den Nutzer bald frustrieren werden und die Veröffentlichung entsprechend schlecht verorteter Fotos einschränken, wenn er merkt, dass sein Gerät sehr ungenau arbeitet.

Schwieriger ist es, die Genauigkeit zu analysieren, mit der Benutzer ihre Medien manuell verorten. Als Student der Kartographie ist man mit GIS vertraut, und hat schon zahlreiche Luftbilder, Orthophotos, Karten und ähnliches georeferenziert, mit Hilfe gut gewählter

⁷⁴ <http://www.skyscrapercenter.com/mecca/makkah-royal-clock-tower-hotel/84>

Passpunkte. Ein Fotograf, der seine jüngsten Schnappschüsse verorten möchte, hat diese Vorbildung oft nicht, die Genauigkeit muss je nach Nutzer variieren, sie hängt stark davon ab:

- ob der Nutzer eigene Daten verortet (also bei der Aufnahme der Daten vor Ort war),
- ob der Nutzer sich Zeit nimmt, um das Objekt genau zu verorten,
- ob der Nutzer gute Anhaltspunkte auf dem Referenzmedium (Onlinekarte, virtueller Globus, StreetView) findet.
- Darüber hinaus kann eine absichtlich falsche Verortung stattfinden oder auch banale Effekte wie Fehlsichtigkeit das Ergebnis verfälschen.

Grob falsch gesetzte Geotags, wie sie etwa auch unter dem letzten Aspekt zu finden wären, ließen sich in auf Gemeinschaften aufgebauten Netzwerken beheben, sofern andere User etwa mit Kommentaren oder Meldungen des falschen Geotags auf den Fehler aufmerksam machen können. Je kleiner der Fehler und je unbekannter/unbewohnter/unbereister das Gebiet ist, umso kleiner wird jedoch auch der Effekt von Gemeinschaftssteuerung.

Ein weiteres Problem bei der Untersuchung von Genauigkeiten von Geotags ist die Art des Mediums, welches mit einem Geotag versehen worden ist. Die richtige Verortung von Fotos und Videos ist dabei leichter zu überprüfen, da es ein sichtbares Produkt gibt, dessen Positionierung man anhand des optisch erfassbaren Inhalts bereits ‚Grundlokalisieren‘ kann: ist auf dem Foto Gewässer zu sehen, das auf der zugrunde liegenden Karte oder Luftbildern nicht auszumachen ist, kann man schon von einem falsch gesetzten Geotag ausgehen. Typische Fehler, die beim manuellen Taggen von Fotos und Videos gemacht werden, ist die Zuweisung der Koordinaten des Motivs statt der Position der Kamera (HOCHMAIR und ZIELSTRA 2012, S. 19). Je nach verwendeter Brennweite können so beträchtliche Positionsfehler zutage treten. Hat man jedoch ein Medium wie einen Reisebericht in Form eines

Blogs mit reinem Text oder einen Tweet zu einem bestimmten Ereignis, kann man nur anhand des semantischen Inhalts abschätzen, ob die Position des Geotags richtig sein kann.

Untersuchungen zu den Genauigkeiten von großen Fotohostern gab es erst in den letzten fünf Jahren verstärkt, wobei die Untersuchungsziele recht verschieden waren. Die Untersuchung von HOLLENSTEIN und PURVES (2010), die Flickr-Tags hinsichtlich ihrer Verwendung zur Beschreibung urbaner Räume zum Thema hat, ist speziell auf die semantischen geographischen Stichwörter aus, die dazu verwendet werden, fotografierte Orte einem Bereich der Erde zuzuweisen. Die Arbeit vermischt somit das Vorhandensein GNSS-gestützter und manuell gesetzter Geotags mit der Beschreibung der räumlichen Lage durch den Fotografen, sowie die Untersuchung von Lagegenauigkeit und Attributgenauigkeit. Das grundsätzliche Interesse dabei gilt der Art, wie Menschen einen geographischen, künstlich begrenzten Raum benennen, da urbane Räume speziell in ihren Unterteilungen in Stadtviertel oder Zentrumsnähe von Bewohnern als auch Besuchern meist sehr unterschiedlich wahrgenommen werden. So sehr dieses Paper interessante Ergebnisse liefert, so sehr offenbart es auch, wie schwer semantisches Geotagging positionell zu erfassen ist und mit Ansprüchen an Kartengenauigkeit in Einklang zu bringen ist. Während in einer Karte Objekte meist mit wenigen (kombinierten) Zeichen wie Punkten, Linien und Flächen auskommen (müssen) (vgl. HAKE, GRÜNREICH, MENG 2002, S. 118ff), sind zusätzlich zur geographischen Position durchschnittlich mehr als 15 beschreibende Tags vorhanden (dazu ist allerdings zu sagen, dass eine wissenschaftliche Arbeit von HAUFF und HOUBEN (2012) zu dem Schluss kommt, dass 86 Prozent dieser Tags nicht von geographischem Wert sind). Ein weiteres Ergebnis der Arbeit von Hollenstein und Purves ist die Tatsache, dass derart komplex geotaggte Fotos nur ein Flickr-internes Genauigkeitsniveau der Stufe 14 haben (Flickr bietet 16 recht vage Genauigkeitsstufen der Lage: Erde = 1, Land ~3, Region ~6, Stadt ~11, Straße

~16⁷⁵). Zieht man in Betracht, dass diese Genauigkeitsstufen den Zoomlevels der Flickr zugrunde liegende Karte von Yahoo Maps entspricht, und diese darüber hinaus nicht alle Zoomstufen des Originals auf der Webseite von Yahoo⁷⁶ bietet (diese lässt noch näheres Heranzoomen zu), ist 14 bereits relativ grob aufgelöst. Vergleicht man Zoomstufe 14 und 16, entsprechen Strecken gleicher Länge in der Natur in der Karte nur mehr einem Viertel der Strecke, wie in der höchsten Zoomstufe (eigene Messung mit einem Bildschirmlineal in Pixeln). Ein in Stufe 14 gesetzter Punkt kann sich also um einen zu beachtenden Betrag verschieben, wenn vollständig gezoomt wird, eine quantifizierbare Entfernung lässt sich jedoch nicht davon ableiten, da das Verhältnis von Präzision und Genauigkeit nicht bestimmt werden kann. Als letztes Ergebnis kommen Hollenstein und Purves zu einem Korrelationsmaß von geographischen Tags (deskriptiver Ortsangabe) mit Geotags von 86 Prozent im besten Fall, ein relativ hoher Wert. Möchte man dies als Attributgenauigkeit auf einer Nominalskala verstehen und gleichzeitig am bereits öfter zitierten Konfidenzniveau von 95 Prozent auch in diesem Fall festhalten, ist dies jedoch eine relativ starke Abweichung. Wie bereits angedeutet, lässt sich aufgrund der Messmethode von Hollensteins und Purves Arbeit schlussendlich keine direkt quantifizierbare Ableitung der Lagegenauigkeit treffen.

Dies wurde hingegen in einer Arbeit von HOCHMAIR und ZIELSTRA (2012) umgesetzt, die sich mit der Vergabe manueller Geotags in Flickr und Panoramio beschäftigt. Während bei Flickr Geotagging möglich, aber nicht vorgeschrieben ist, sind die Bilder bei Panoramio alle mit geographischen Positionen versehen. Im Gegensatz zu vielen anderen Untersuchungen wird hier mittels GIS eine echte Distanz gemessen, die das Foto von seiner „wahren“ Position abweicht. Diese wahre Position wird dabei laut Hochmair und Zielstra von einem Analysen geschätzt, anhand des Bildausschnitts, der EXIF-Daten und Verbindung mit Ortskennt-

⁷⁵ <http://www.flickr.com/services/api/flickr.places.findByLatLon.html>

⁷⁶ <http://maps.yahoo.com>

nis. Die Werte beruhen auf gut abgewägten Schätzungen anhand dieser Vorgaben. Der Vorgang wird nicht in seiner Vollständigkeit geschildert, Möglichkeiten gibt es jedoch mehrere. Einerseits ließen sich aus den EXIF-Daten bei Kameras mit Wechselobjektiven die Daten und die Bezeichnung des Objektivs herauslesen. Aus Brennweite und Blende lässt sich die Schärfentiefe ableiten (die Distanz innerhalb welcher der Fokuspunkt des Bildes scharf erscheint; bei großer Schärfentiefe erscheinen auch weiter vor und weiter hinter dem anvisierten Objekt gelegene Dinge scharf, bei geringer Schärfentiefe wird diese Distanz kleiner; rein physikalisch betrachtet ist natürlich nur jene Ebene scharf, die genau im Zentrum des Schärfentiefebereichs liegt), und in weiterer Folge die Fokusdistanz, wenn man die optische Rechnung des Objektivs kennt (Scharfstellgrenzen), beziehungsweise abschätzen kann und Objekte bekannter oder gut abschätzbarer Größe auf dem Bild vorfindet. Dies ist jedoch ein sehr zeitintensiver Prozess. Eine noch einfachere Lösung ergibt sich, wenn Objektiv und Kamera die Werte für Berechnungen des Blitzes ausgeben. Bei einigen Kamera-Objektiv-Kombinationen wird dieser Wert angegeben, und dies egal ob der Blitz ausgelöst wurde oder nicht. Dieser Wert gibt auch einen groben Anhaltspunkt über die Entfernung zum Objekt, ist jedoch eher selten.

Hochmair und Zielstra kommen weiter zu dem Schluss, dass insgesamt die Medianabweichung der Lage der Flickr-Daten größer ist, als jene der Daten von Panoramio. Dies ist angesichts der bereits erwähnten Zoomstufen wenig verwunderlich. Panoramio wurde mittlerweile von Google gekauft, und verwendet schon seit Bestehen deren kartographische Grundlage. Vergleicht man die maximalen Zoomstufen, die vorzugsweise zum Geotaggen genutzt werden (da, wie Hauff und Houben konstatieren, die Tagger ihre Fotos möglichst präzise platzieren *wollen*), stellt man fest, dass Panoramio hier eine wesentlich genauere Platzierung ermöglicht. Der folgende Vergleich zeigt die beiden Karten der beiden Foto-dienste in ihrer höchsten Zoomstufe, die dem Tagger zur Verfügung steht.

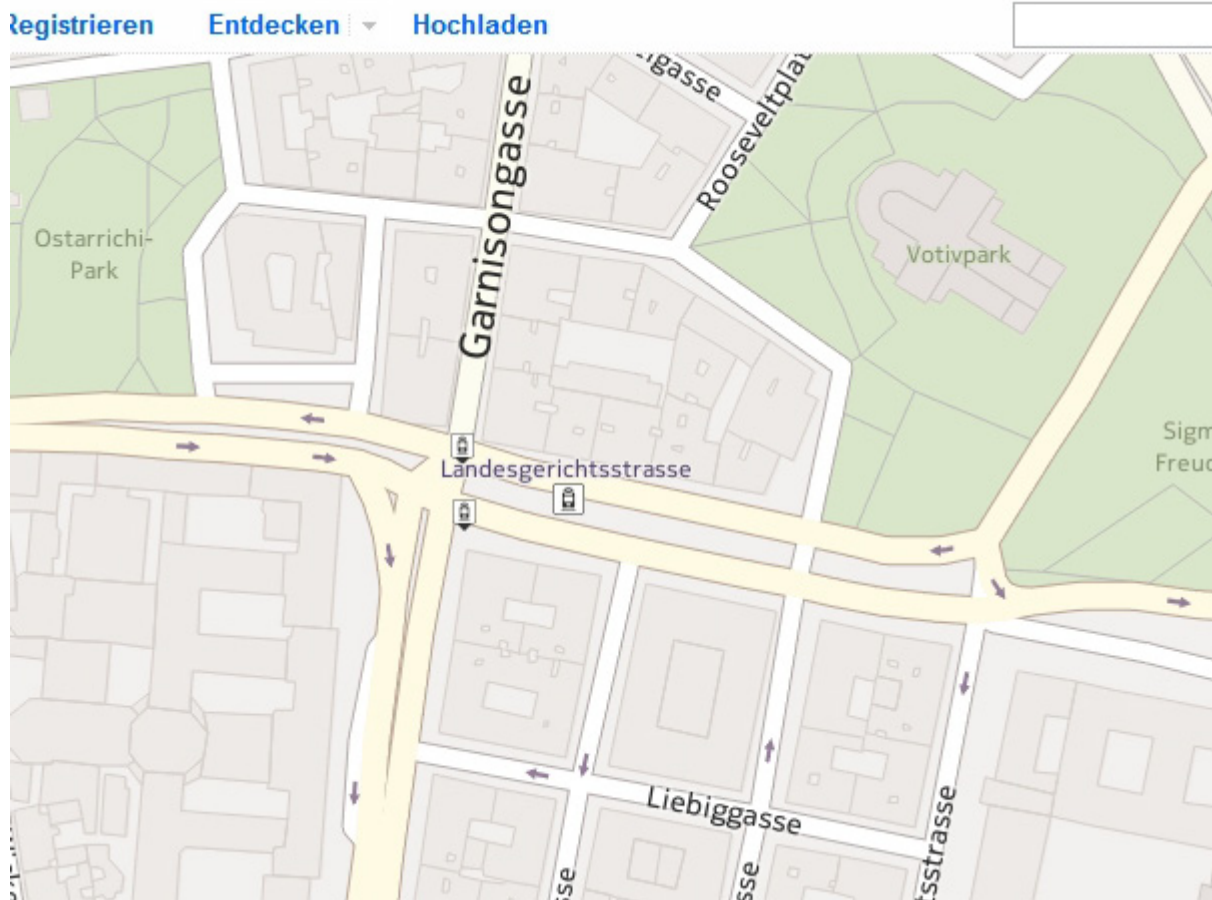


Abbildung 8: Ausschnitt (Ecke Universitätsstraße - Rathausstraße) aus der Karte von Flickr

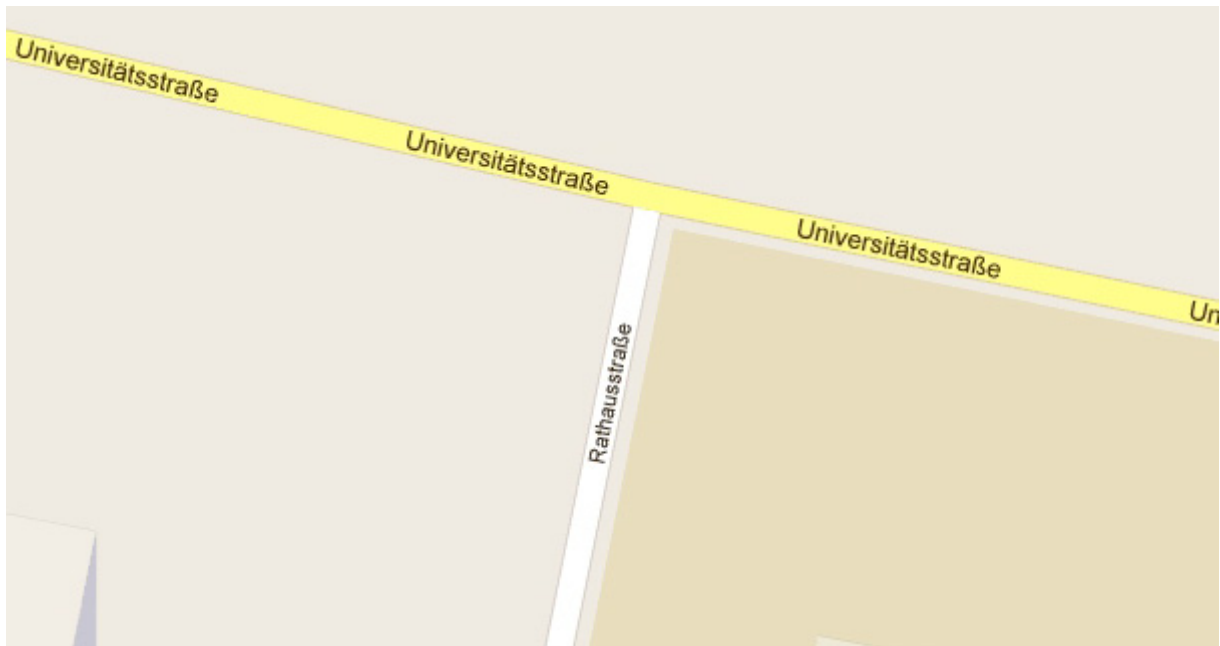


Abbildung 9: Ausschnitt (Ecke Universitätsstraße - Rathausstraße) aus der Karte von Panoramio

Man erkennt deutlich, dass Geotagger, die auf Basis der Karte von Yahoo ihre Fotos Taggen, einen wesentlich kleineren Kartenmaßstab zur Verfügung haben, als jene, die in Panoramio ihre Fotos auf der Karte von Google platzieren können. In Flickr findet somit eine Präzisionsverringering statt (bei gleich großem Indikator – das heißt: Mauszeiger – wird auf eine im Vergleich kleinere Zielfläche geklickt), wodurch die Genauigkeit leidet. Dieser Aspekt wird von Hochmair und Zielstra jedoch nicht erwähnt. Schließlich kommen sie aber zum Ergebnis, dass die Medianabweichung der Lage von Flickrdaten mit 58,5 Metern relativ hoch ist, wenn man den Wert für Panoramio betrachtet, nämlich null.

Dieses Ergebnis ist in dieser Form sehr ambivalent. Es lässt in erster Linie den Schluss zu, dass Geotagger grundsätzlich gewillt und in der Lage sind, auch manuell Tags mit hoher Genauigkeit zu setzen, sofern sie auch das richtige Werkzeug besitzen, wie der Vergleich der Kartengrundlagen beider Fotodienste gezeigt hat. Da Panoramio es grundsätzlich ermöglicht, dass Koordinaten geändert werden, wenn ein Nutzer einen Fehler feststellt, dies aber in keiner Änderungshistorie eingesehen werden kann, sind auch Daten von Panoramio generell zumindest einer Sichtung auf Geometriefehler zu unterziehen, obwohl der hohe Genauigkeitswert eine hohe Lagesicherheit vermuten ließe. Davon abgesehen muss auch ein anderer Genauigkeitswert hier genannt werden, die Datenherkunft (Lineage): durch die möglichen und nicht dokumentierten Änderungen von Koordinaten ist hier keine eindeutige Herkunft vom ursprünglichen Ersteller des Fotos und des Geotags bis zum Ist-Zustand nachvollziehbar.

Zur Untersuchungsmethode ist zu sagen, dass ein Medianwert üblicherweise mit einem Konfidenzniveau von 50 Prozent assoziiert wird, und eine Aussage zum 95. Perzentil aus der Studie nicht möglich wäre, da keine Einzeldaten vorliegen (abgesehen von Minimum und Maximumwerten). Allerdings werden durch den durchgeführten Mann-Whitney U-Test

Wahrscheinlichkeitsberechnungen angeführt. Panoramio erreicht bei einem Medianwert von 0 Metern einen Wert von p für die Wahrscheinlichkeit kleiner als 0,01 (HOCHMAIR und ZIELSTRA 2012, S. 20). Dies bedeutet, dass über alle Testsamples verteilt, Panoramio zu mehr als 99 Prozent eine Genauigkeit von 0 Metern erreicht.

Diese Werte sind zumindest als möglich anzusehen, da nur Fotos ausgewählt wurden, die durch ihre Lage eine Überprüfung vor Ort ermöglichten, und daher auch auf Luftbildern in ArcGIS leichter zu vergleichen waren. Zu beachten ist allerdings, dass auch die an sich sehr lagegenauen Panoramio-Geotags Abweichungen von bis knapp 5 Kilometern aufweisen können. Es kommt daher im Einzelfall darauf an, wie viele Bilder in einem Geotaggingprojekt verwendet werden. Grundsätzlich ist die Genauigkeit also sehr hoch einzuschätzen, übernimmt man jedoch getaggte Bilder mit derartigen Lagefehlern, in größerem Ausmaß, kann dadurch besagtes Projekt hinsichtlich seiner räumlichen Stimmigkeit schnell ungültig sein. Gleichzeitig beweist dies, dass Bilddatenbanken, wie Panoramio im Prinzip eine ist, stark davon abhängen, wie motiviert und fähig die Anwender sind, Korrekturen vorzuschlagen: durch die Freiwilligkeit kann es oft lange dauern, bis ein falsch gesetzter Geotag von jemandem korrigiert wird, der möglicherweise durch Ortskenntnis ein Bild an seine richtige Position setzen kann, falls es überhaupt passiert. Andererseits ist es verständlich, dass bei der schieren Datenmenge, die Fotohoster heute zu bewältigen haben, unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit keine Moderatoren beschäftigt werden können, die jedes Bild hinsichtlich dieser Daten prüfen, darüber hinaus wäre es unrealistisch, dass für jede Region jemand gefunden werden könnte, der diese Aufgabe mit genügender Präzision ausführen kann.

4.3.4 Genauigkeitsverbesserung von manuellem Geotagging

Um diese Aufgabe aus dem letzten Satz zu beschleunigen, muss zukünftig eher auf automatisierte Ansätze aufgebaut werden, die aus geokodierten und umfangreichen Lernsets nicht oder schlecht verortete Fotos hinsichtlich ihrer Lagegenauigkeit verbessert. Zurzeit bauen diese Ansätze zumeist auf eigenen Aufnahmen in urbanen Räumen auf, wie der Ansatz von SCHINDLER et al. (2008). Dabei werden Aufnahmen von Gebäuden gemacht, deren Strukturen anhand einer Mustererkennung aufgenommen werden. Besagte Gebäude werden in eine dreidimensionale Darstellung überführt und geokodiert. Ihre Oberflächenmuster können somit aus allen Richtungen betrachtet werden, und dadurch können perspektivische Verzerrungen simuliert werden. Dies ist die Voraussetzung dafür, dass Bilder, die zu verorten sind, und aus anderen Blickwinkeln aufgenommen wurden, korrekt zugeordnet werden können.

Wird nun ein neues Bild mit der Datenbank verglichen, durchläuft es einen Prozess, bei dem das neue Bild selbst in Bestandteile zerlegt wird, und dann mit den Mustern in der 3D-Datenbank verglichen wird, die in allen möglichen Perspektiven nach Gemeinsamkeiten suchen. Werden ausreichende Gemeinsamkeiten festgestellt, wird nach der Aufnahme-position gesucht. Dabei wird anhand einer berechneten Rotationsmatrix, die sich aus der Verzerrung des Gitters gegenüber seinem Widerpart im zu taggenden Bild ergibt, eine Kameraposition im Raum berechnet, die wiederum eine Translation erfordert. Dabei werden die Punkte des Gitters durch Projektivität in Bildpunkte überführt. Durch diesen Prozess bewirken die Gitterpunkte jedes 3D-Modells (jedes Gebäudes im Modell) in der erkannten Ansicht die Berechnung einer Familie von Kamerapositionen im Raum. Im Schnittpunkt der möglichen Kamerapositionen zu jedem einzelnen Gebäude sollte schließlich der tatsächliche Aufnahme-punkt liegen. Je mehr Gitterstrukturen erkannt und richtig zugeordnet werden kön-

nen, umso besser schließlich die Berechnung der Kameraposition und somit der Geotag, es müssen jedoch mehr als eine solcher Strukturen erkannt werden, um die Zuordnung zu ermöglichen.

Die Ergebnisse, die Schindler et al. erreichen, liegen im Schnitt bei 6,04 Metern (SCHINDLER et al. 2008, S. 6), was durchaus mit dem zuvor präsentierten GPS-Wert mithalten kann. Allerdings ist dies nur ein Versuch, der darüber hinaus nur im urbanen Raum funktioniert. Desweiteren scheint der Ansatz über Gitter durch Photosynth⁷⁷ überholt, wobei weitaus komplexere Algorithmen zum Einsatz kommen, um Bilder zu vergleichen. Allerdings gibt es bisher keine verlässlichen Daten zu Abweichungen, wenn aus diesen Daten die Kamerapositionen berechnet werden sollen.

4.4 Zwischenbilanz

Die soeben gezeigten Genauigkeitsvorschriften zeigen, dass anhand der Standards für Lagegenauigkeit, die Kartographie in Österreich und Geotagging die Kriterien weitestgehend erfüllen. Verglichen mit NMAS erreicht und übertrifft die ÖK50 die Werte bei weitem, genauer gesagt, können für die horizontale Genauigkeit die Werte für Karten bis zu einem Maßstab von 1:20.000 herangezogen werden. Die ÖK50 unterbietet im besten Fall die Kriterien für Karten bis etwa 1:6.000 (bei Signaturkollisionen immer noch Karten bis zum doppelten Maßstab, allerdings sind Signaturkollisionen natürlich nicht durchgehend in einer Karte vorhanden). Die Höhenabweichung zeichnet ein zwiespältiges Bild. Laut Definition dürfen 90 Prozent der Höhen um den halben Wert der Äquidistanz abweichen. Die ÖK50 ver-

⁷⁷ <http://photosynth.net/about.aspx>

wendet Äquidistanzen von zehn, zwanzig und hundert Metern (BEV6 o. J., S. 2) und erreicht je nach Gelände und Bewuchs Genauigkeiten von ein bis drei Metern, aber auch fünf bis zwanzig Meter sind möglich. Dazu muss gesagt werden, dass Äquidistanzen von zehn Metern relativ selten in der ÖK50 verzeichnet sind, und nur in sehr flachen Regionen vorkommen, wo auch gleichzeitig die höchste Genauigkeit zu erreichen ist. Selbst mit drei Metern Höhenabweichung liegt die ÖK50 unter der halben Äquidistanz. Auch hügelige Regionen liegen noch unter dieser Grenze. Stark bewaldete und steile Hochgebirgsregionen, die bis zu zwanzig Metern abweichen können, müssen in Einzelfällen betrachtet werden, geht man in diesem Fall aber vom DEM aus, sind die Kriterien nach NMAS zu erfüllen. Die Äquidistanzen von 100 Metern entsprechen in jedem Fall den Kriterien.

Geht man in Folge von den ASPRS-Vorschriften aus, erfüllt die ÖK50 hinsichtlich der Lagegenauigkeit immer noch die Kriterien für Karten bis zu einem Maßstab von 1:20.000 (5 Meter Abweichung). Hinsichtlich der Höhenabweichung ist hier das Bild noch schwerer allgemein zu betrachten, da das Verhältnis von Lageabweichung zu Äquidistanz nur noch ein Drittel beträgt. In offenem, flachem Gelände sind diese Kriterien wieder erfüllt, da die maximale Höhenabweichung immer noch knapp unter dem erlaubten Wert von $3,3\bar{7}$ für zehn Meter Äquidistanz. Auch hügelige Gegenden (20 Meter) liegen mit fünf Metern unter dem maximal erlaubten Wert von $6,6\bar{7}$. Komplexe Geländeformen sind wiederum vom Einzelfall abhängig. Liegen die Werte am unteren Rand der möglichen Abweichung laut BEV, sind die Kriterien für Klasse eins erfüllt. Durch die Festlegung auf $6,6\bar{7}$ Meter ist allerdings nicht viel Spielraum für Klasse eins. Wird eine Abweichung vom angegebenen Maximalwert von 20 Metern in höherem Ausmaß erreicht, so dass der RMS-Wert in diese Richtung schwingt, kann dies zu einer Klassifizierung zu Klasse zwei führen. Für Klasse drei müsste absolut jeder Höhenwert eine Abweichung von 20 Metern erreichen, was realistischerweise ausgeschlossen werden muss.

Die Kriterien nach NSSDA werden nicht berücksichtigt, da sie keine definitive Aussage über die Eignung einer Karte treffen, und darüber hinaus keine RMSE Werte für die ÖK50 vorliegen.

Für Geotagginganwendungen stellt sich die Situation zum Teil ähnlich dar, je nachdem, welche Messergebnisse herangezogen werden. Zieht man die Werte für das reine GPS-Signal heran, gezeigt am Beispiel der Langzeitmessung auf kowoma.de, zeigt sich, dass die Werte der Lagegenauigkeit mit etwa sechs Metern eine Einteilung nach NMAS bis zu Maßstäben über 1:7.100 ermöglichen. Die Höhengenaugkeit mit über zehn Metern würde jedoch nicht mehr für Äquidistanzen unter 25 Metern reichen, wenn man dieses Maß heranziehen möchte (Geotagging dient jedoch üblicherweise nicht dazu, Höhenlinien zu erstellen).

Betrachtet man die Werte im Vergleich zu APSRS, fällt das rohe GPS-Signal aus der weiter oben angeführten Tabelle. Interpoliert man die Werte in der Tabelle, erreicht man mit reinem GPS eine Genauigkeit, die etwa um einen Maßstab von 25.000 liegt. Dies deckt sich auch mit den Werten, die in der Archäologie für ein reines GPS-Signal und den dazugehörigen Kartenmaßstab herangezogen werden (CONOLLY und LAKE 2006, S. 42). Die Höhenabweichung würde in metrischen Karten für Höhenlinien ab über 30 Metern – somit üblicherweise 50 Meter – reichen, um als Klasse eins zu gelten. In angloamerikanischen Karten wären unter Umständen 100 Fuß Höhenlinien (30,48 Meter) für Klasse eins zu erreichen.

Die Daten, die durch SBAS verbessert wurden, liegen schließlich bezüglich der Lage deutlich besser als die ÖK50. Connolly und Lake (ibid.) gehen für den archäologischen Bereich für WAAS-verbesserte GNSS-Messungen von Maßstäben bis 1:5.000 aus. Geht man von den empirisch festgestellten Messungen in der zuvor zitierten Studie von Catalin und Marinescu aus (gerundet zwei Meter), entsprechen SBAS-Messungen nach NMAS mindestens Karten ab Maßstab 1:2.500, nach ASPRS immer noch 1:8.000 (interpoliert).

Im Falle der manuell gesetzten Geotags ist es schwer, eine endgültige Antwort zu geben. Einerseits suggerieren die Ergebnisse der zitierten Studien absolute Lagegenauigkeit, andererseits offenbaren die wenigen genannten Einzelergebnisse, dass es doch zu großen Abweichungen kommen kann. Schlussendlich muss man das Ergebnis so interpretieren, dass bei der Übernahme öffentlich zugänglichen Fotomaterials mit manuell gesetzten Geotags eine Sichtung einer nicht zu kleinen Stichprobe erforderlich ist, wobei je nach Region auch der Einsatz von Google StreetView (sofern Abdeckung vorhanden ist) zum Vergleich des Fotomaterials hilfreich ist, wenn man die Region selbst nicht kennt und Luftbilder nicht aussagekräftig genug sind, um die Korrektheit der Positionsdaten zumindest deduktiv ableiten zu können.

5 Anwendungen von Geotagging

In diesem Kapitel werden einige Anwendungen von Geotagging gezeigt und kritisch unter den für die Kartographie und Geoinformation relevanten Qualitätskriterien beleuchtet. Aus dem vorhergehenden Kapitel geht hervor, dass vor allem die Lagegenauigkeit bereits gut untersucht ist. Man kann grundsätzlich davon ausgehen, dass sich Geotagging für Anwendungen eignet, die keine geodätische Genauigkeit erfordern, wie etwa Katastervermessungen. GNSS bieten ausreichende Genauigkeit, während Nutzer von manuellem Geotagging offensichtlich bestrebt sind, die von ihnen besuchten und fotografierten Orte möglichst genau wiederzugeben. Dennoch ist besonders bei der Sammlung fremder Daten zumindest eine stichprobenartige Untersuchung dieser zu tätigen.

Die Unterteilung der einzelnen Anwendungsbereiche richtet sich grundsätzlich nach der Einteilung, die unter Kapitel 3 getroffen wurde, somit stehen Fotos und Videos wieder zu Beginn des Kapitels. Ein weiterer Einfluss bei der Kategorisierung ist bei LUO (2010, S. 190) zu finden. Luos Modell von Modalitäten und Anwendungen folgend (mit den Kategorien von links nach rechts nummeriert), entspricht das Beispiel in Kapitel 5.1 etwa Modalität 4 und Anwendung 1, Kapitel 5.2 verbindet Modalität zwei und vier mit Anwendungen drei und sechs sowie Anklängen an Nummer vier (im Sinne einer Reiseempfehlung). Kapitel 5.3 verknüpft Modalität eins und drei mit quasi allen Anwendungen (wenn man eine Warnung vor einem bestimmten Ort unter Punkt vier verstanden wissen möchte), und Kapitel 5.4 verknüpft die Modalitäten eins und zwei mit Anwendungen eins, drei und sechs. Was das im konkreten Fall bedeutet, wird in den genannten Kapiteln deutlich.

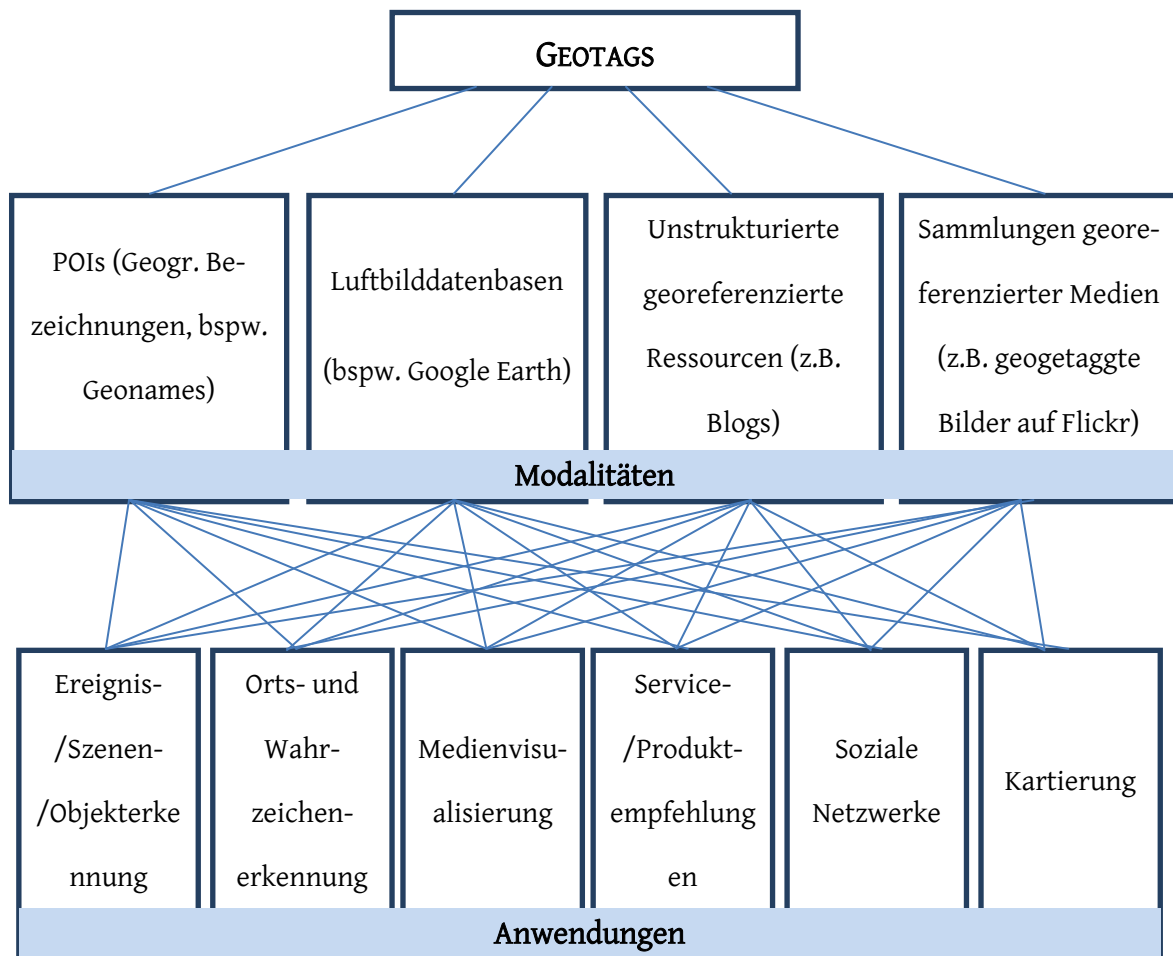


Abbildung 10: Von Geotags abgeleitete Modalitäten und Anwendungen (verändert nach LUO 2010, S. 190, Änd. und Übs. A.G.)

5.1 Fotobasiertes Geotagging

Ein Problem darin, fremde Sammlungen von geokodierten Fotos zu verwenden, tritt vor allem dann auf, wenn man diese für einen bestimmten Zweck sucht. Es ist ein relativ einfaches Unterfangen, nach Bildern zu suchen, die in einer bestimmten Region liegen. Schwieriger wird dies, wenn nach einem bestimmten Bildinhalt gesucht wird, beispielsweise wenn nach Bildern zu einem Erdbeben oder einer Flut gesucht wird. Panoramio wurde bereits als Quelle sehr gut getaggtter Quellen genannt. Dies bezog sich in erster Linie auf die Lagege-

nauigkeit der Fotos. Wie es mit den anderen Qualitäten aussieht, wird im folgenden Beispiel gezeigt.

Ein sehr wichtiger Bereich des Geotagging sind Anwendungen zu Krisenzeiten und Naturkatastrophen. Sucht man auf Panoramio nach dem Begriff ‚Disaster‘, kommt man jedoch nur zu einer einzigen Gruppe mit zehn Mitgliedern und 276 Fotos. Diese sehr kleine Zahl zeigt, dass Panoramio offensichtlich eher (wie der Name schon vermuten lässt) auf Panoramen interessanter Landschaften, als auf die Festhaltung von negativen Ereignissen spezialisiert ist. Die gefundene Gruppe mit dem Namen ‚Disaster & Floods⁷⁸‘ lässt darauf schließen, dass hier Bilder zu sehen sind, die Naturkatastrophen und ihre Nachwirkungen zeigen, die Gruppe legt sich selbst auf folgende Formulierung fest: *“This group is dedicated to photos of flooding and other damage“⁷⁹*. Die gesamte Gruppe kann als KML gespeichert und in Google Earth geladen werden, beziehungsweise als solches in ArcMap importiert werden. Betrachtet man die Positionen der Fotos und vergleicht sie mit dem Inhalt, stellt man fest, dass die Positionen gut platziert sind und mit den bisherigen Lagegenauigkeiten von Geotagging übereinstimmen. Betrachtet man jedoch den Bildinhalt genauer, im Sinne der semantischen Genauigkeit und der logischen Konsistenz, stellt man fest, dass es mehrere Ausreißer gibt. So gibt es mehrere Bilder eines Nationalparks auf Lanzarote (Timanfaya National Park), der Bilder der dortigen Vulkane zeigt, so wie der stellenweise austretenden Lava. Dies ist kaum als Naturkatastrophe zu verstehen, sondern eher mit einem Naturschauspiel ähnlich der Geysire auf Island zu vergleichen. Der semantische Zusammenhang mit dem Überbegriff der Gruppe ist somit gestört. Ebenso gestört ist dadurch die logische Konsistenz des Datensatzes. Würde man etwa über die API von Panoramio die Daten ohne weitere Prüfung in dieser Form übernehmen, etwa in ArcMap, wiese das Endprodukt bereits schwerwiegende Mängel auf, wäre

⁷⁸ <http://www.panoramio.com/group/14908>

⁷⁹ ibd.

der Kartentitel gleichlautend mit dem Gruppennamen. Wertet man das KML als kartographische Darstellung, bestehen diese Mängel auch tatsächlich. Die Attributgenauigkeit zu eruieren, ist hier etwas schwieriger. Der Inhalt des Fotos im semantischen Sinn wurde in diesem Fall bereits als ungültig deklariert, für die Attributgenauigkeit ließe sich konstatieren, dass ein Foto per se eine hohe Genauigkeit aufweist, da es eine realitätsgetreue Abbildung der Wirklichkeit ist, mit den jeweiligen perspektivischen Verzerrungen einer Zentralprojektion, im Gegensatz zu der abstrahierten Realitätsabbildung der Parallelprojektion einer Karte. Zieht man bei Fotos, die über eine zusätzliche Beschreibung verfügen, diese als Attribut heran, ist diese ebenfalls korrekt, da zum Beispiel das Bild ‚Hot Vent⁸⁰‘ tatsächlich einen solchen brennenden Vulkanschlot zeigt. Die Attributgenauigkeit ist also erfüllt, passt jedoch semantisch nicht zum Rest des Datensatzes. Insgesamt passen mindestens 19 Bilder inhaltlich nicht zum Thema, da sie entweder vor einer Naturkatastrophe entstanden sind, keine Schäden zeigen, beziehungsweise nicht im Umfeld einer Naturkatastrophe entstanden sind. Dies ergibt einen Prozentsatz von nicht ganz sieben Prozent. Zieht man ein Konfidenzniveau von 95 Prozent heran, scheidet der Datensatz in dieser Form aus.

Vollständigkeit festzustellen kommt in erster Linie auf den Abdeckungsbedarf der resultierenden kartographischen Darstellung an: bestimmte Regionen, die im Datensatz durch Bilder repräsentiert werden, sind mit vielen Bildern abgedeckt, während andere, wie das Gebiet um Earith in Großbritannien, nur mit zwei Bildern einer Überschwemmung abgedeckt sind. Jedoch ist es schwierig, Vollständigkeit für geogetaggte Bilder in diesem Fall zu definieren. Eine Naturkatastrophe wie die Überflutungen in New Orleans ist ein äußerst großflächiges Ereignis, das mit gewöhnlichen, bodengebundenen Fotos schwer zu erfassen ist. Ein Foto vom Boden aus, aus weiter Ferne, mit einem sehr großen Bildwinkel könnte möglicherweise die gesamte Gegend abdecken, wäre aber wertlos, da keine Details zu sehen wä-

⁸⁰ <http://www.panoramio.com/photo/64946512>

ren. Das gesamte Gebiet abzudecken wäre möglich, aber äußerst zeitraubend. Man muss hier also einen Kompromiss eingehen, hinsichtlich der Repräsentierbarkeit der Daten.

Zu guter Letzt folgt hier ein Vergleich eines Geotags mit seiner Position auf Google Street-View. Man erkennt auf dem ersten Bild jene Bilder, die in dem zu dieser Panoramio Gruppe gehörenden KML an diesem Ort aufgenommen wurden. Das eingefügte Bild entspricht dem etwas näher an der Straße zu sehenden Icon. Bewegt man sich in StreetView in diese Richtung, überschießt man den Punkt um eine geringe Distanz. Dreht man man die Ansicht und vergleicht die Perspektive von diesem Punkt mit dem Originalfoto, stellt man fest, dass die Position tatsächlich sehr gut mit dem Foto übereinstimmt.



Abbildung 11: Google Streetview mit eingefügtem Panoramio bild



Abbildung 12: Google StreetView entsprechend der Aufnahmeposition von Panoramio

5.2 Videobasiertes Geotagging

Videos haben eine gewisse Sonderstellung aufgrund ihrer Dynamik. Der Inhalt von Videos ist in keiner Karte festzuhalten, dynamische Vorgänge müssen in Karten immer mit Signaturen simuliert werden, beziehungsweise durch eine Kartenserie mit nach und nach verändertem Karteninhalt. Andererseits gibt es auch Videos, die nicht die Dynamik eines Vorgangs festhalten, sondern nur den Betrachter durch den Raum bewegen, während es um das Festhalten statischer Gegebenheiten innerhalb kurzer Zeit (im Feld) geht. Das Geokodieren per Hand ist dabei relativ selten, da sich so nur Videos geotaggen lassen, die an einem Standort aufgenommen wurden, verändert sich der Standort der Kamera, ist dies nicht mehr ausreichend festzuhalten. Für diese Fälle verwendet man entweder GNSS-gestützte

Kameras, oder einen externen GNSS-Logger, dessen Streckenaufzeichnung man anschließend mit dem fertigen Film kodiert.



Abbildung 13: Video mit GPS-Track in Contour Storyteller (eigene Aufnahme)

Ein Beispiel für eine Kamera mit integriertem Chip ist die Contour GPS, mit der auch die gezeigten Beispiele in diesem Kapitel aufgenommen wurden (auf der griechischen Insel Lesbos im August 2011). Die Filme werden als Quicktime Movies gespeichert, die Positionen sind in als CSV-Datei im MOV-Container gespeichert. Zum Abspielen und gleichzeitigen Betrachten der geographischen Position sind bisher meist nur proprietäre Lösungen erhältlich. Google Earth bietet zwar Unterstützung für geokodierte Videos aus YouTube⁸¹, allerdings nur um sie am Aufnahmeort auf dem virtuellen Globus zu platzieren, und an einem Ort abzuspielen, Bewegungen der Kameraposition werden nicht wiedergegeben. Die gezeigten Ausschnitte zeigen einen GPS-Track, der mit der genannten Kamera aufgenommen wurde.

⁸¹ <http://google-latlong.blogspot.co.at/2007/10/now-playing-youtube-videos-in-google.html>

Zur Berechnung der Lagegenauigkeit wurde der Track aus den Videodaten extrahiert, und als GPX-Datei in ArcMap importiert. Zum Vergleich sollte ein OSM-Shapefile von Geofabrik.de⁸² dienen. Leider war dieses Shapefile für einen Vergleich nicht unverändert brauchbar, da die Straßen zum Teil sehr grob verzeichnet waren (das heißt, mit oft wenigen Punkten gesetzt wurden) und dadurch Kurven oft sehr unrund waren und die Straßen oft abseits der Bing Maps Straßenkarte lagen, die als Referenz herangezogen wurde. Das Shapefile musste schließlich über die gesamte Länge korrigiert werden. Anschließend wurde anhand des Bing Aerial Layers (Orthofotos) die Straßenbreite gemessen. Diese wurde mit acht Metern festgelegt, wobei dies den Schnitt mehrerer Messungen darstellt.

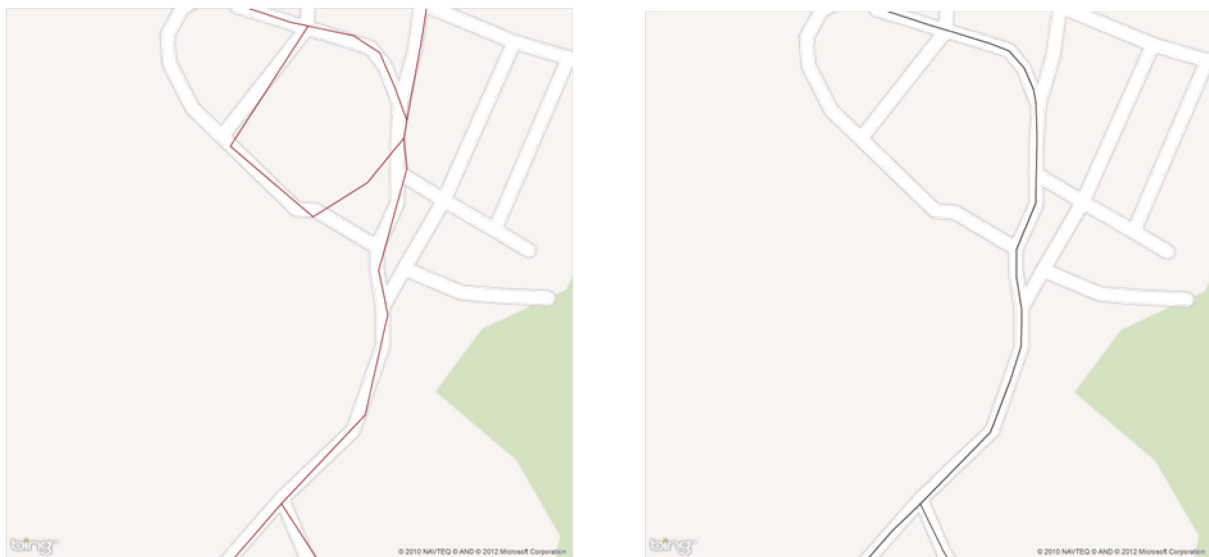


Abbildung 14: Ursprünglicher OSM-Shape (links) modifizierter Shape (rechts)

Diese acht Meter Straßenbreite wurden dahingehend umgesetzt, dass ein Puffer um das fertige Straßenshape gelegt wurde, mit einem Radius von vier Metern. Um die Lagegenauigkeit der GPS-Daten zu überprüfen, wurde schließlich mittels *ArcToolbox* -> *Analysis Tools* -> *Proximity* -> *Near* der GPS-Track mit dem gepufferten Straßenshape verglichen, wobei die halbe Straßenbreite als Kriterium angenommen wurde, ab welcher die Lageabweichung zu

⁸² <http://download.geofabrik.de/osm/europe/greece.shp.zip>

groß ist, also vier Meter. Als Resultat gibt ArcMap 1004 Features aus, die um maximal diese vier Meter abweichen. Diese 1004 Abschnitte sind ein Teil der 1037 Abschnitte innerhalb des GPS-Tracks, und zwar genau 96,817743 Prozent. Somit liegen also mehr als 95 Prozent des GPS-Tracks in höchstens vier Metern Abstand zur Straße. 295 Abschnitte davon liegen innerhalb des gepufferten Straßenbereichs.

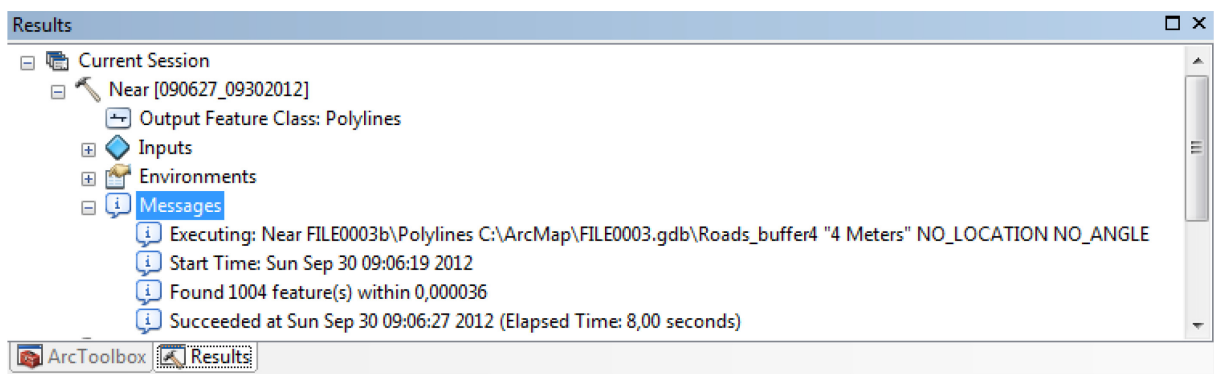
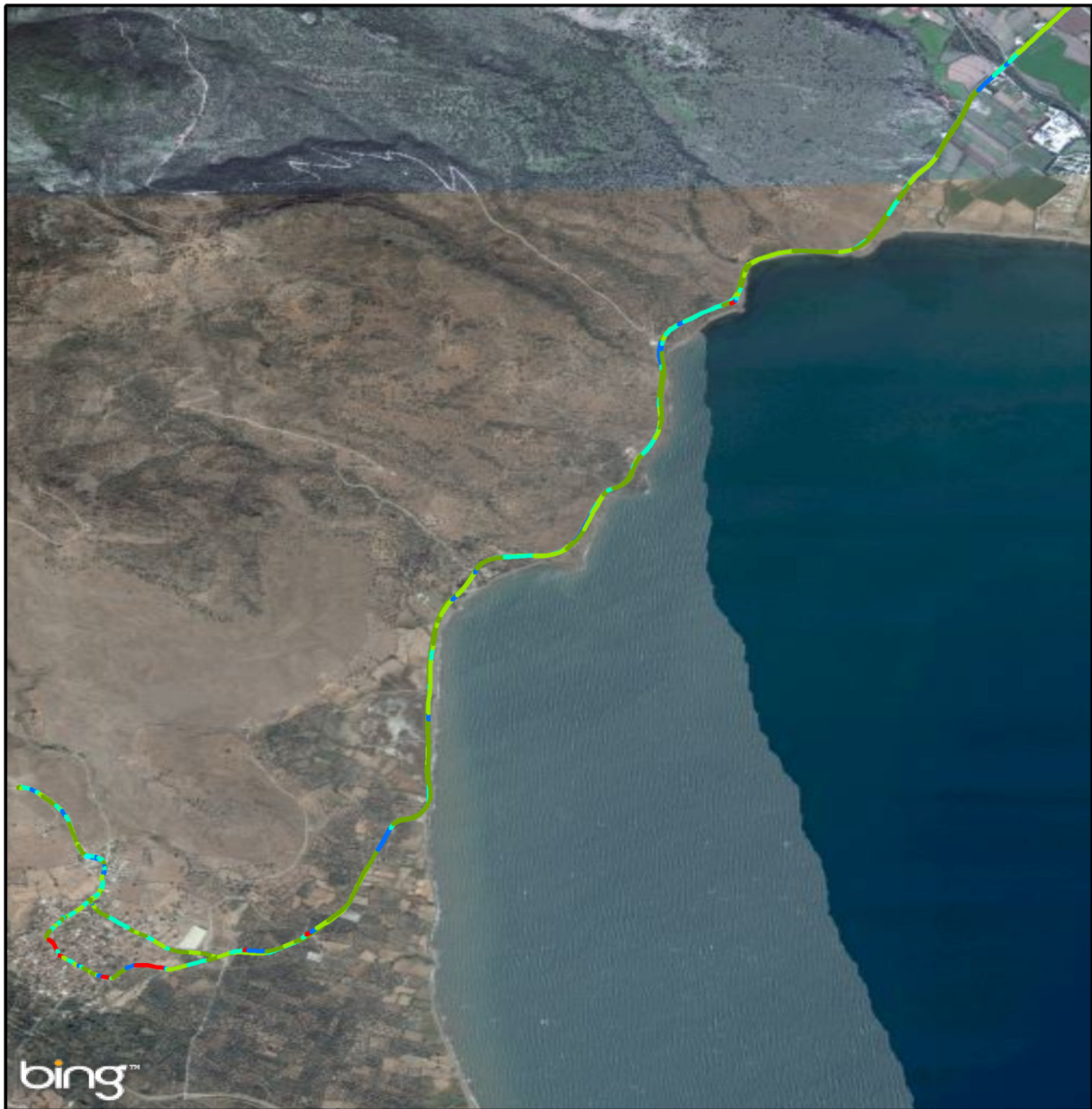


Abbildung 15: Berechnung des Abstands des GPS-Tracks von Straßenshape

Vergleicht man die Messung mit den bisherigen Vergleichswerten, scheint die Abweichung relativ groß, allerdings muss man mit einbeziehen, dass die Positionen stets eher am Straßenrand gemessen wurden (als Aufnahmebasis diente ein ATV, über dessen rechtem Kotflügel die Kamera montiert war). Darüber hinaus scheint auch ein gewisser Fehler in der Software des Geräts vorzuliegen, da die Lage durchaus konstant Richtung Südost abweicht, was für einen Rundungsfehler spricht.

Lesbos Süd



Legende

Lageabweichung		> 1 - 2 Meter	
	> 4 Meter		> 2 - 3 Meter
	0 - 1 Meter		> 3 - 4 Meter

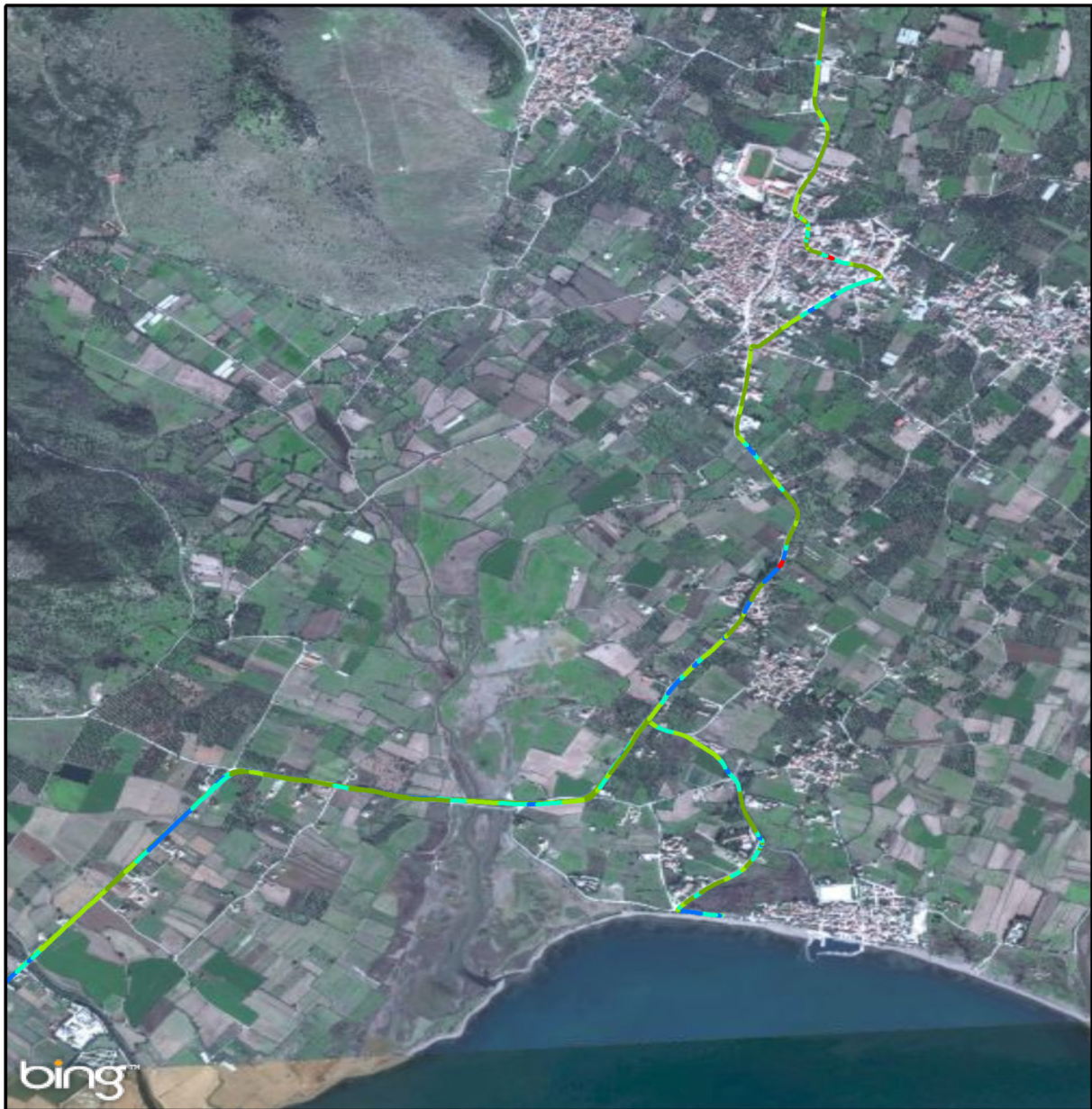


Abweichung des im Video enthaltenen GPS-Tracks

Autor: Adrian Gindl
GPS-Track: ContourGPS (18-08-2011)

Basisdaten: © 2010 DigitalGlobe © 2010
GeoEye © 2012 Microsoft Corporation
Koordinatensystem: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984

Lesbos Mitte-Süd



Legende

 Lageabweichung	 > 1 - 2 Meter
 > 4 Meter	 > 2 - 3 Meter
 0 - 1 Meter	 > 3 - 4 Meter

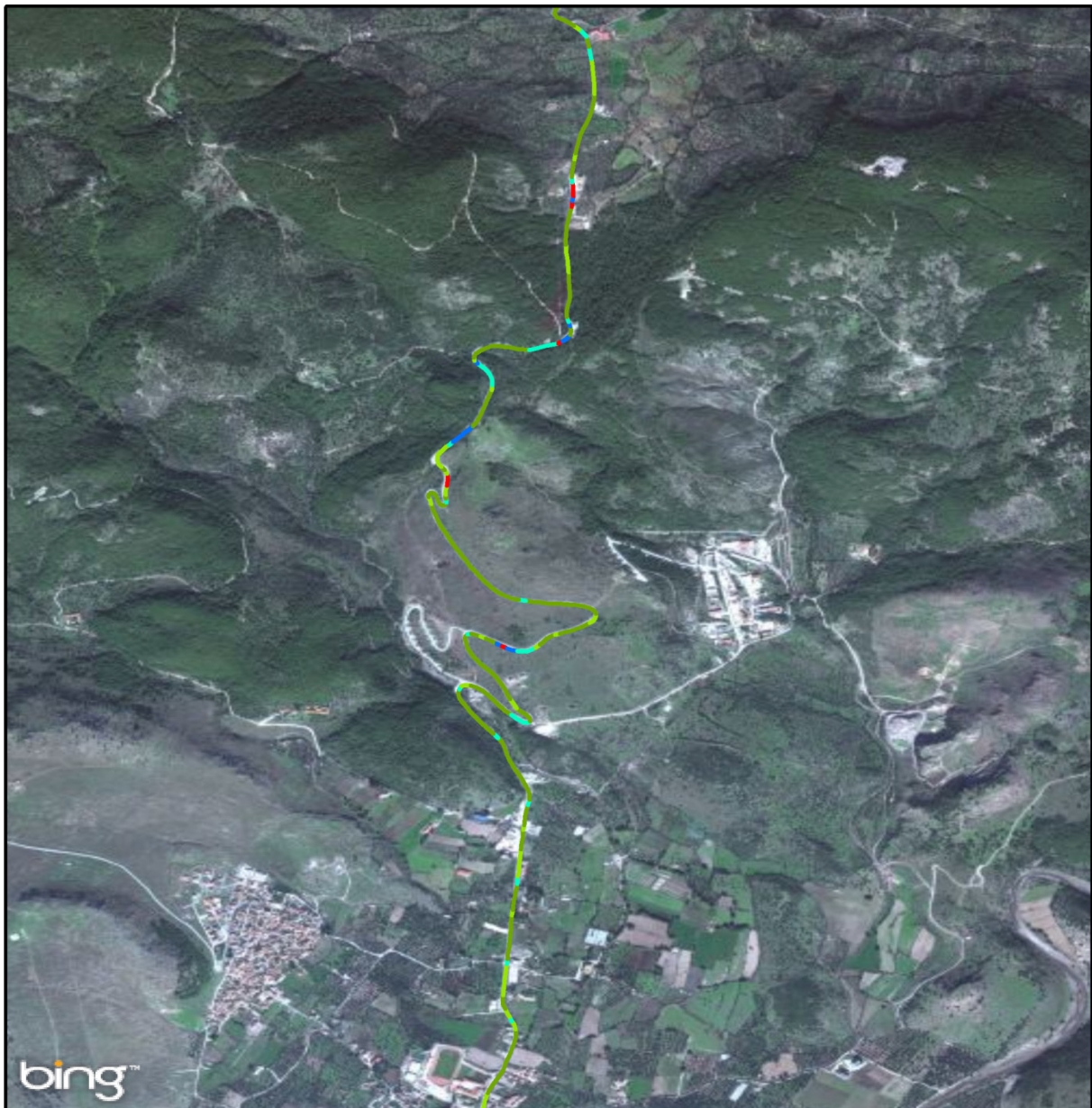


Abweichung des im Video enthaltenen GPS-Tracks

Autor: Adrian Gindl
GPS-Track: ContourGPS (18-08-2011)

Basisdaten: © 2010 DigitalGlobe © 2010
GeoEye © 2012 Microsoft Corporation
Koordinatensystem: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984

Lesbos Mitte-Nord



Legende

	> 1 - 2 Meter
	> 4 Meter
	> 2 - 3 Meter
	0 - 1 Meter
	> 3 - 4 Meter



Abweichung des im Video enthaltenen GPS-Tracks

Autor: Adrian Gindl
GPS-Track: ContourGPS (18-08-2011)

Basisdaten: © 2010 DigitalGlobe © 2010
GeoEye © 2012 Microsoft Corporation
Koordinatensystem: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984

Lesbos Nord



Legende

Lageabweichung		> 1 - 2 Meter	
	> 4 Meter		> 2 - 3 Meter
	0 - 1 Meter		> 3 - 4 Meter



Abweichung des im Video enthaltenen GPS-Tracks

Autor: Adrian Gindl
GPS-Track: ContourGPS (18-08-2011)

Basisdaten: © 2010 DigitalGlobe © 2010
GeoEye © 2012 Microsoft Corporation
Koordinatensystem: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984



Abbildung 16: Der GPS-Track des Videos in Google Earth

Im Bereich Attributgenauigkeit gilt ähnliches wie im Bereich der Fotografie, das Video bildet die Realität genau ab. Durch die kontinuierliche Aufnahme eines Videos ist diese Genauigkeit höher zu bewerten, als bei Fotos, andererseits werden auch FullHD-Kameras heute von den meisten modernen Smartphones in der Auflösung übertroffen (FullHD entspricht einer Auflösung von 1920×1080 Pixel, somit nicht ganz 2,1 Megapixel). Wie schon im Kapitel 3.2 erwähnt, sind dabei auch verschiedene Bildwiederholraten zu beachten. Je schneller das Fahrzeug, umso höher sollte diese sein, um Bewegungsunschärfe zu vermeiden. Verwendet man die aufgenommenen Videos etwa im Bereich Videomapping, um Straßennamen für OpenStreetMap (oder ein eigenes Projekt) aufzunehmen, muss man entweder die Geschwindigkeit des Fahrzeugs oder die Bildwiederholrate dementsprechend anpassen, da sonst alles, das von der Achse abweicht, in die sich die Kamera bewegt, zu einem mehr oder weniger großen Grad unscharf wird.

Vollständigkeit des Datensatzes ist gegeben, das GPS-Signal ist durchgehend, ebenso das Video selbst. Logische Konsistenz ist gegeben, da das Video nur aus einer Quelle stammt, die Koordinaten keine Ausreißer aufweisen und das Videoformat (im Sinne von Auflösung und ebenso im Sinne von Dateiformat) durchgehend konsistent ist.

Praktische Anwendungen und der Mehrwert, der durch die Geokodierung entsteht, ergeben sich aus der weiteren Nutzung der Daten. Einerseits kann man die Daten mit relativ wenig Bearbeitung im Bereich digital Storytelling mit starkem räumlichem Bezug verwenden. Ausflugsvideos können dadurch örtlich zugeordnet werden, und gleichzeitig dazu verwendet werden, einem größeren Publikum diese bereiste Gegend zu präsentieren. Ebenso kann man aus den gleichen Daten je nach Qualität des Videos auch wie zuvor erwähnten Zusatzinformationen gewinnen, wie etwa Straßenschilder und -namen, Straßentypen und ähnliche Informationen, die etwa für die Routenplanung relevant sind.

Die Software ActionCam GPSVideo Player von den Betreibern der russischen Seite gis4all.ru ist ein kostenloses Programm, mit dem Videos und GNSS-Tracks kombiniert werden können. Im Gegensatz zu gewöhnlichen Videoplayern kann man nicht nur anhand der Zeit zu einem anderen Punkt des Videos spulen, es ist auch möglich, den auf der Onlinekarte eingezeichneten Track dafür zu benutzen, an eine andere Stelle (im wörtlichen Sinn) zu springen). Gleichzeitig kann diese Position auch dafür benutzt werden, um anschließend manuell eigene Daten in einer Karte einzutragen, beispielsweise um dem Straßenshape, dass für dieses Projekt erstellt wurde, um Geschwindigkeitsbegrenzungen, Überholverbote, Einbahnen, etc. zu erweitern. Die Entfernungen der Schilder und somit der Gültigkeitsbereiche lassen sich anhand der Größe der Straßenschilder und der festen Brennweite gut abschätzen und können als Attribute etwa in ArcMap eintragen, wodurch die Brücke zwischen Geotagging und Georeferenzierung geschlagen wird. Alternativ lassen

sich auch mit ActionCam Untertitel auf Basis der Geodaten erstellen, womit die entsprechenden Koordinaten direkt im Video angesehen werden können, wodurch man auch eine weitere Referenz zur Verfügung hätte, um gewisse Dinge per Geotagging manuell in eine (Online)Karte oder einen virtuellen Globus zu übertragen.



Abbildung 17: Abspielen des Videos in ActionCam (eigene Aufnahme)

Im Freizeit- beziehungsweise Motorsport können die Daten analysiert werden, etwa um Anstiege zu visualisieren, oder Kurvengeschwindigkeiten beziehungsweise G-Beschleunigung zu erfassen. Diese Daten ließen sich noch um zusätzliche Sensormessungen erweitern. Beispielsweise könnten Herzfrequenzmessungen mit den Höhendaten abgeglichen werden. Im Motorsport können über die OBD-Schnittstelle (Onboarddiagnose) Motordrehzahl, Gaspedalstellung, etc. ausgelesen und gespeichert werden und mit den Daten der Videoaufzeichnung und der GNSS-Messung abgeglichen werden. Auf Rundkursen können von den Positionsdaten auch die Streckenbegrenzungen erstellt werden und somit Rundenzeiten gemessen werden, wenn das Signal dieselbe Stelle passiert.

Dies kann allerdings nicht mit Freeware gelöst werden. Ein Beispiel für Software, die diese Daten auswerten kann, ist DashWare⁸³, ein Programm das verschiedene Daten auslesen kann, unter anderem in den bereits erwähnten Formaten CSV, GPX und NMEA. Liest man etwa die Telemetriedaten per OBD aus, zum Beispiel per Smartphone mittels DashCommand⁸⁴ oder Torque⁸⁵, kann man diese mit den GNSS-Daten des Videos synchronisieren und mit verschiedenen Anzeigen im bearbeiteten Video einblenden. Darüber hinaus bietet DashWare die Möglichkeit, die Strecke fix darzustellen und mit einem eigenen Overlay zu maskieren, um nicht nur die Streckenform selbst darzustellen, sondern auch eigenes Bildmaterial einzubauen und die aktuelle Position darauf verzeichnen zu können.



Abbildung 18: Beispielvideo aus Dashware⁸⁶

⁸³ <http://www.dashware.net/>

⁸⁴ <http://www.palmerperformance.com/>

⁸⁵ <http://torque-bhp.com/>

⁸⁶ <http://www.youtube.com/watch?v=5-m5gtWxrao&hd=1>

Das folgende Bild soll einen kleinen Ausschnitt dessen zeigen, welche Daten in Dashware noch zusätzlich zu den bereits gezeigten eingefügt werden könnten. Zu sehen ist die G-Beschleunigung, die hier aus den GPS-Werten geschätzt wird, eine Streckenanzeige, eine Wattanzeige für Radfahrer, sowie motorrelevante Anzeigen wie etwa die Drehzahl, die hier keine Werte besitzen, da kein Sensor vorhanden war.



Abbildung 19: Bearbeitung in Dashware mit verschiedenen Anzeigen (eigene Aufnahme)

Sensoren können aber auch in anderen Bereich zum Einsatz kommen. So ließen sich auch im Verkehrssicherheitsbereich Anwendungen finden. Das Projekt ‚Street Bump⁸⁷‘ sammelt beispielsweise Daten zu Schlaglöchern aufgrund von Erschütterungsmessungen ihres Smartphones per Beschleunigungssensor. Da dies jedoch wenig genau erfolgt, da ja nur eine Erschütterung gemessen wird, ist ein großer Aufwand an Kontrolle vor Ort notwendig.

⁸⁷ <http://streetbump.org/>

Montierte man hingegen eine Kamera an ein Auto, und würde die gemessenen Koordinaten mit den Koordinaten der Kamera in Einklang bringen (über die GPS-Zeit), könnte man komfortabel an jene Stellen des Videos – und somit der Geoposition – spulen, an denen die Erschütterung gemessen wurde, um festzustellen, ob der Grund tatsächlich ein Schlagloch war, oder die Messung doch einen anderen Auslöser hatte.

5.3 Social-media basiertes Geotagging

Die meisten sozialen Netzwerke verfügen in irgendeiner Form über Möglichkeiten, Geopositionen zu speichern und anzuzeigen, beziehungsweise bauen direkt auf räumliche Interaktion auf. Die meisten derartigen Dienste drehen sich hauptsächlich darum, an gewissen Orten einzuchecken, und diese Position bekannt zu geben, wie etwa foursquare⁸⁸, das letztes Jahr eingestellte Klon dieses Dienstes⁸⁹ von Facebook (Facebook Places) oder Gowalla⁹⁰. Seit der Einstellung von Facebook Places können Positionsdaten generell in Facebookeinträgen gespeichert werden, die von mobilen Endgeräten erstellt wurden, was die Nutzungsmöglichkeiten der Geotags wesentlich erhöht.

Soziale Netzwerke haben in den letzten Jahren aufgrund ihrer nützlichen Funktion bei zeitkritischen Anwendungen einiges an Reputation gewonnen. Bereits mehrere Krisen konnten aufgrund der Dynamik und Verbreitung derartiger Netzwerke schneller bewältigt werden,

⁸⁸ <https://foursquare.com/>

⁸⁹ <http://www.businessinsider.com/facebook-gives-you-more-control-over-who-youre-sharing-with-just-like-google-2011-8>

⁹⁰ <http://gowalla.com/>

als dies mit Telefonanrufen, SMS oder anderen ‚klassischen‘ Kommunikationsmedien vonstattengegangen wäre.

Mittlerweile gibt es viele Anwendungen, die einige Bekanntheit errungen haben. Zu den berühmtesten zählt zweifellos die Plattform Ushahidi. Ursprünglich gegründet wurde dieses Open Source Projekt anlässlich der Wahlen in Kenia 2007, als eine Kenianische Juristin nach dem Gewaltausbruch, der den Wahlen folgte, die Idee ins Leben rief, ein Netzwerk zu gründen, an das man sich wenden konnte, um Gewalt und Repressalien zu melden, anonym und ortsgenau.

Weltweit zu Kenntnis genommen wurde Ushahidi 2010, als Haiti von einem schweren Erdbeben getroffen wurde. Tweets und SMS wurden nach geographischen Positionen durchsucht, meist in Form von Adressen. Besonders in Haiti waren kaum andere Möglichkeiten gegeben, da zu der Zeit nur 35 Prozent der Bevölkerung ein Handy hatten⁹¹, davon auch nur sehr wenige mit GNSS-Funktionalität. Darüber hinaus ist Geotagging nicht in SMS integriert (und wird dies auch vermutlich nie, nur über spezielle Apps), und die Geotaggingfunktion von Twitter war zu dieser Zeit auch gerade 55 Tage alt⁹².

Seitdem hat sich jedoch auch die ‚location awareness‘ (EDUCAUSE 2009) sozialer Netzwerke erhöht (wie die Übernahme von Geopositionen in allgemeine Facebook-Einträge beweist). Die Verlagerung von Hilfseinrichtungen in Krisenzeiten auf Quellen wie soziale Netzwerke ist ein logisch nachvollziehbarer Schritt: wie erwähnt, decken diese Netzwerke einen in den meisten Ländern nicht unbedeutenden Teil der Bevölkerung ab, die auch in diesen Momenten oft davon Gebrauch machen. Eigene mobile Anwendungen zu schreiben mag zwar ein guter Ansatz sein, allerdings kann man nicht davon ausgehen, dass gerade die betroffene

⁹¹ http://online.wsj.com/article/SB10001424052748703657604575005453223257096.html?mod=googlenews_wsj

⁹² <http://blog.twitter.com/2009/11/think-globally-tweet-locally.html>

Bevölkerungsgruppe auch diese Anwendung installiert, und es wäre absurd anzunehmen, dass jemand in einer Notsituation noch daran denkt, ein bestimmtes App auf seinem Smartphone zu installieren, anstatt in einem Medium wie Facebook oder Twitter, das er oft nutzt, einen Hilferuf abzugeben und zu hoffen, dass die richtigen Stellen informiert werden. Darüber hinaus ist es auch je nach Art der Krisensituation kaum vorhersehbar, dass man in selbige geraten wird.

Ushahidi bedient sich dabei zweier Ansätze: einerseits werden Geotags ausgelesen, sofern sie vorhanden sind, zum Beispiel in Tweets. Diese werden auf Basis der API verarbeitet, die Twitter zur Verfügung stellt⁹³. Andererseits werden Tweets auf Grundlage ihrer Hashtags in die Suche inkludiert. Dabei werden meist Begriffe gewählt, die sich zum Beispiel bereits auf Twitter durchgesetzt haben, um die Assoziation zu einem Ereignis herzustellen, wie etwa aktuell #Syria, für die Krise in Syrien. Da jedoch Tweets bisher noch nicht sehr stark von automatischen Geotags durchsetzt sind⁹⁴, ist man meistens auf weitere Quellen der gefundenen Meldungen angewiesen, wie etwa verlinkte Onlinenachrichten oder Videos. Werden keine weiteren Inhalte mit Koordinatenangaben gefunden, werden diese über den Zugriff auf Google Maps oder Geonames.org mittels PHP-Skript⁹⁵ von Ortsnamen oder Adressdaten in Koordinaten umgewandelt. Die Genauigkeit der Lage unterscheidet sich dabei meist nach Region, in der Ushahidi eingesetzt wird (auf den Servern von Ushahidi und Crowdmap, das ebenfalls zu Ushahidi gehört, werden anlassbezogen die entsprechenden Plattformen aufgebaut).

⁹³ <https://dev.twitter.com/docs/platform-objects/places>

⁹⁴ <http://web3lab.blogspot.co.at/2012/05/what-percentage-of-tweets-are-geotagged.html>

⁹⁵ <http://svn.openfoundry.org/ushahiditw/trunk/application/libraries/Geocoder.php>

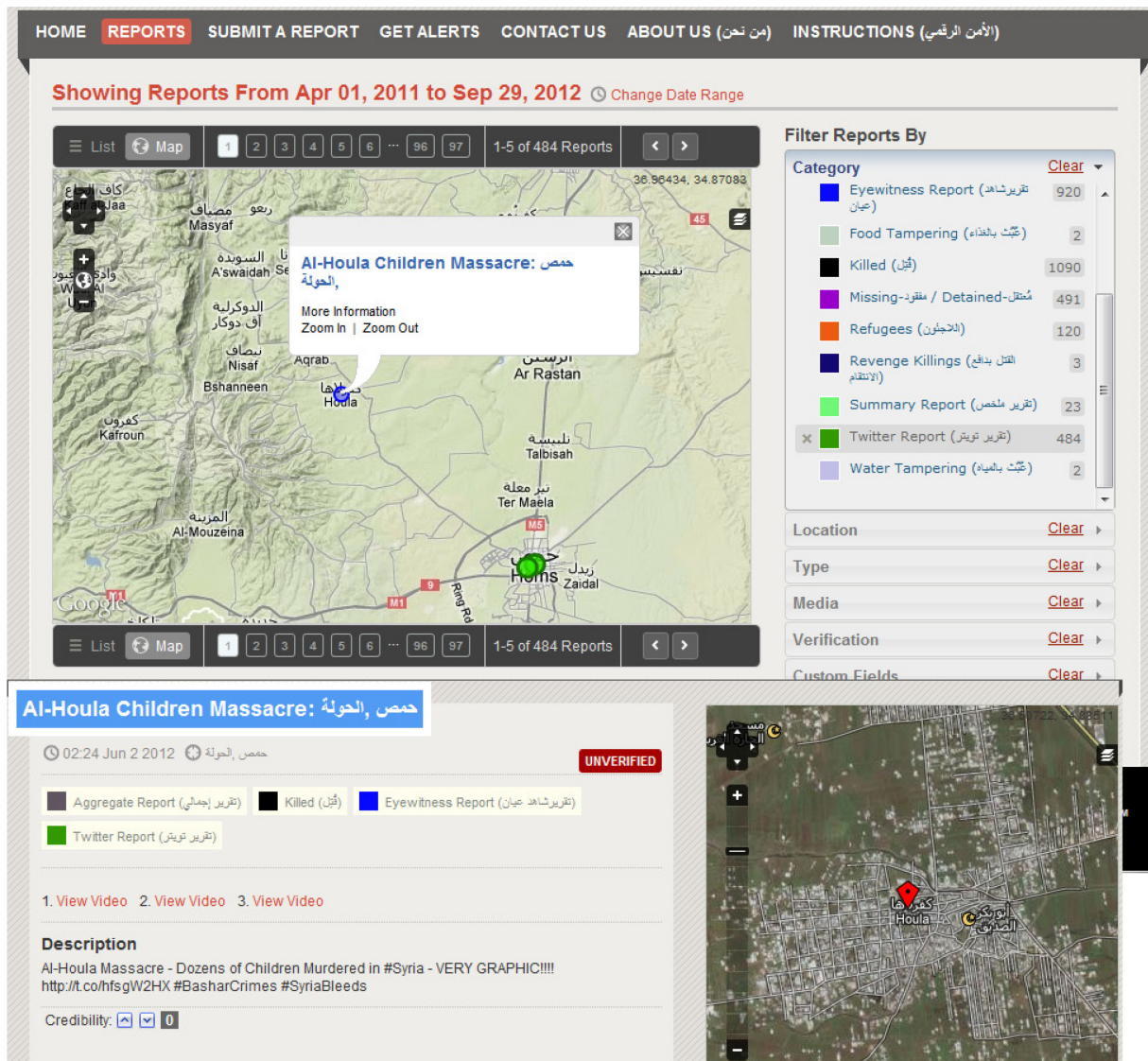


Abbildung 20: Beispiel für einen lokalisierten Twitter-Report im Syria Tracker⁹⁶

So sind die Daten, die auf dem Syria Tracker verzeichnet sind, zumeist eher auf Ortsniveau genau (die meisten Ortsmarken sind dabei auch auf den Ortsnamen zentriert, was dafür spricht, dass hier die zentrale Koordinate für den gesamten Ort vergeben wurde), während spezielle Plattformen für kleinere Regionen, wie die Plattform Lenasia Crime Alert⁹⁷ (für ein Township südlich von Soweto in Südafrika), auf Straßenniveau verortet sind. Entsprechende Tweets sollen dafür mit #Lenasia versehen werden.

⁹⁶ <https://syriatracker.crowdmap.com/reports/view/2141>

⁹⁷ <https://lenasiacrimealert.crowdmap.com/main>

Lenasia crime alert
Crowd-sourced crime alerts, incidents & hotspots in Lenasia, South Africa

Report any criminal or suspicious activities occurring in Lenasia. Include photos & video where possible

+ SUBMIT A REPORT

HOME REPORTS SUBMIT A REPORT GET ALERTS ABOUT US

FILTERS → **REPORTS** NEWS PICTURES VIDEO ALL

FULL SCREEN MAP

Suspicious Minibus on Duck Avenue
More Information
Zoom In | Zoom Out

Scale = 1 : 14K 27.81651, -26.32004

From: Jan 2012 to Sep 2012

Jan 2012 Mar 2012 May 2012 Jul 2012 Sep 2012

CATEGORY FILTER [HIDE]

- ALL CATEGORIES**
- OTHER CRIME**
- ROBBERY / THEFT**
- SUSPICIOUS VEHICLE OR PERSON**
- VIOLENCE, ASSAULT & MURDER**

HOW TO REPORT

By using an app:
Android
iPhone / iOS

By sending a tweet with the hashtag/s:
#Lenasia

By filling this form on our website.

f t e J + 1

Abbildung 21: Lenasia Crime Alert⁹⁸

Im Web wird Twitter schließlich hauptsächlich dafür verwendet, um Trends auf Twitter räumlich darzustellen. So bietet etwa trendsmap.com die Möglichkeit, nach Regionen verschiedener Größen zu suchen, um Trends lokal anhand der Geodaten der Tweets beziehungsweise aufgrund der bekanntgegebenen Standorte der User in ihrem Profil zu visualisieren. So zeigt zum Beispiel die Webseite am 30.09.2012 für Wien großteils Hashtags, die sich um die ORF-Pressestunde mit dem Kärntner Landeshauptmann Gerhard Dörfler drehen, wie eben #pressestunde, #dörfler oder #arminwolf, der (der ORF-Journalist Armin Wolf) zwar nicht in dieser Pressestunde anwesend war, jedoch auch abseits des Bildschirms in politischer und investigativer Hinsicht tätig ist und sich auch an diesem Tag per Twitter in

⁹⁸ <https://lenasiacrimealert.crowdmap.com/main>

Zusammenhang mit der Pressestunde äußerte. Daraus resultiert eine Abbildung wie hier gezeigt:

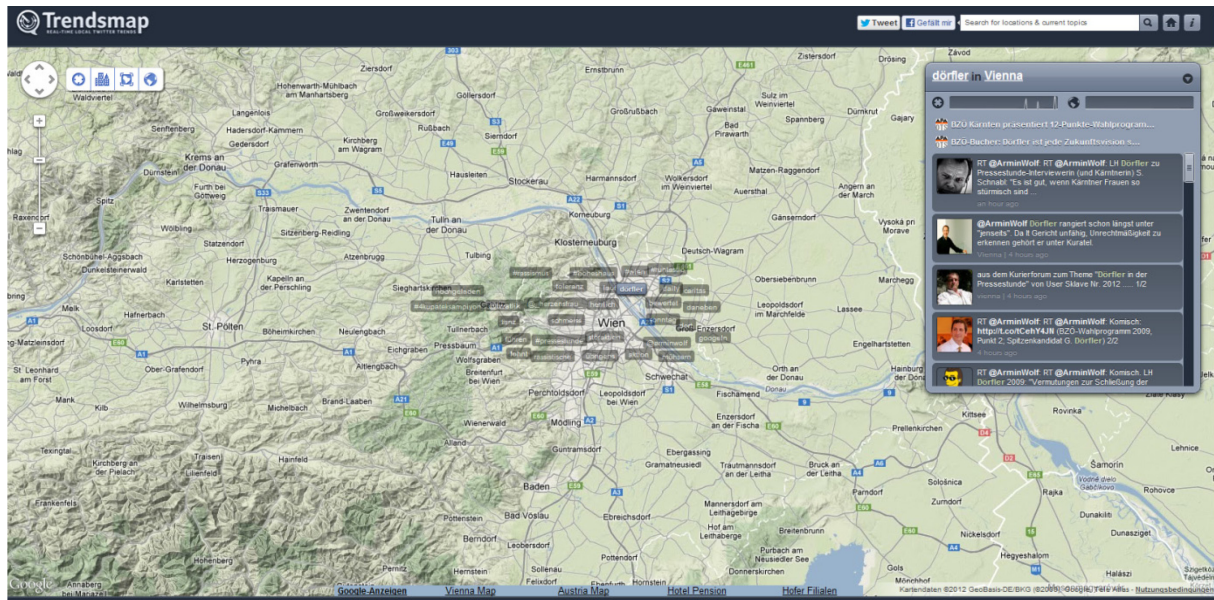


Abbildung 22: Ansicht von Trendsmap.com im Großraum Wien vom 30.09.2012 19:12

Die Genauigkeiten, die mit Twitter-Abfragen erreicht werden können, sind recht ambivalent. Echtes Geotagging findet bei Twitter im Verhältnis zur Gesamtzahl der Nachrichten sehr selten statt, eine Studie aus dem Jahr 2010 gibt an, dass nicht einmal ein Viertel Prozent aller Tweets mit Geotags versehen sind⁹⁹. Darüber hinaus gibt es in der API von Twitter keine Möglichkeit nach Tweets zu suchen, die expliziert geokodiert wurden und nicht nur mit der Heimatadresse des Nutzers versehen sind.

Zum Thema Attributgenauigkeit lässt sich anhand der Beispiele von Ushahidi sagen, dass, sofern sich die Position bestimmen lässt, die Attributgenauigkeit hier am ehesten mit der Art des geschilderten Inhalts übersetzt werden kann, also am Beispiel Syrien die Aufschlüsselung der Ereignisse nach Kategorien wie Entführungen, Morden, etc. Diese sind Überprüfungen ausgesetzt, um den Report als verifiziert zu bestätigen, oder zu widerlegen, bis dahin

⁹⁹ <http://blog.sysomos.com/2010/01/14/exploring-the-use-of-twitter-around-the-world/>

steht dieser Report als ‚unverified‘ im Netz. Diese Verifizierung muss jedoch nicht zwingend stattfinden, so dass unbestätigte Berichte lange Zeit zu finden sind. Sieht man dies automatisch als Attributgenauigkeit (beziehungsweise diese somit als nicht gegeben an), schließt man eine große Zahl potentiell richtig attributierter Geodaten aus.

Datenherkunft lässt sich üblicherweise leicht feststellen, da die Tweets einem bestimmten User zugeordnet werden können, und unbearbeitet übernommen werden, darüber hinaus schreibt Twitter in seinen Nutzungsrichtlinien ab Oktober 2012 vor, dass Tweets auch auf externen Seiten so dargestellt werden müssen, dass alle Angaben und möglichen Aktionen (wie Retweets) auch jenen des Originals entsprechen müssen¹⁰⁰. Somit bleibt gleichzeitig auch die temporale Information erhalten. Logische Konsistenz muss immer einer Prüfung unterzogen werden, da Tweets für themenbasiertes Geotagging herangezogen werden, und diese Themen bei Twitter durch die Hashtags definiert sind, die aber keiner Ordnung folgen müssen. Anders als in der Kartographie, wo zum Beispiel das BEV bestimmten Objekten genaue IDs zuordnet, gibt es bei Tags keine feste Regelung. Communities wie Ushahidi geben zwar entweder Tags vor oder orientieren sich an etablierten Hashtags zu einem bestimmten Ereignis, jedoch kann nie ausgeschlossen werden, dass ein gleichlautender Tag mit einem anderen Inhalt assoziiert wird, oder überhaupt Spam mit dem gesuchten Tag verknüpft ist. Ebenso kann Inhalt, der zum Thema gehört, mit falschen Tags versehen sein.

Dies führt auch zum Thema Vollständigkeit. Datenüberschuss kann nur virtuell entstehen, da Daten, die überschüssig sind, in diesem Fall nur durch falsche Hashtags Teil des Datensatzes sind, und somit falsche Attribute besitzen und eben nicht Teil der relevanten Datengesamtheit sind. Ein Beispiel wäre, wenn etwa Tweets zu Überflutungen in Australien gesucht werden, die mit dem #flood gekennzeichnet wären, und dabei etwa Tweets zur austra-

¹⁰⁰ <https://dev.twitter.com/terms/display-requirements>

lischen Musikband „The Flood“ gleichlautend markiert worden wären. Diese Daten müssten entsprechend aussortiert werden. Zu wenige Daten resultieren aus nicht gefundenen Tweets zum Thema der Darstellung.

5.4 GeoRSS

GeoRSS-Feeds sind die unkomplizierteste Art, dynamische Inhalte zu visualisieren, da hier Inhalte mit Karten verknüpft werden können, die bei erfolgten Updates diese Veränderungen übernehmen. Beispiele für desasterorientierte GeoRSS-Feeds sind neben den schon erwähnten Erdbeben-Feeds des USGS auch ein Feed des USGS über Vulkanaktivitäten, Berichte der NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration¹⁰¹) über Unfälle auf See (speziell in Zusammenhang mit Ölverseuchungen) oder auch ein allgemein gehaltener GeoRSS-Feed des GDACS (Global Disaster Alert and Coordination System¹⁰²). GeoRSS-Feeds lassen sich auch in etablierte GIS-Software leicht integrieren, wodurch dynamische Daten schnell mit bestehenden Daten und verschiedenen online verfügbaren WMS-Services und ähnlichen Informationen verbunden werden können. Ebenso können auf der Grundlage von GeoRSS-Feeds tiefergehende Analysen gemacht werden, etwa wenn man die Daten der NOAA zu Tankerunfällen mit Daten zu Meeresströmungen verbindet, um so einen Überblick zu erhalten, wie sich ein Ölteppich ausbreiten könnte, ausgehend von einem Punkt, dessen Koordinaten im Feed enthalten sind. Im folgenden Beispiel wurde etwa versucht, auf Basis zweier GeoRSS-Feeds des USGS (Erdbebenaktivität¹⁰³ und Vulkanaktivität¹⁰⁴ der letzten sie-

¹⁰¹ <http://www.incidentnews.gov/>

¹⁰² <http://www.gdacs.org/>

¹⁰³ <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/catalogs/eqs7day-M5.xml>

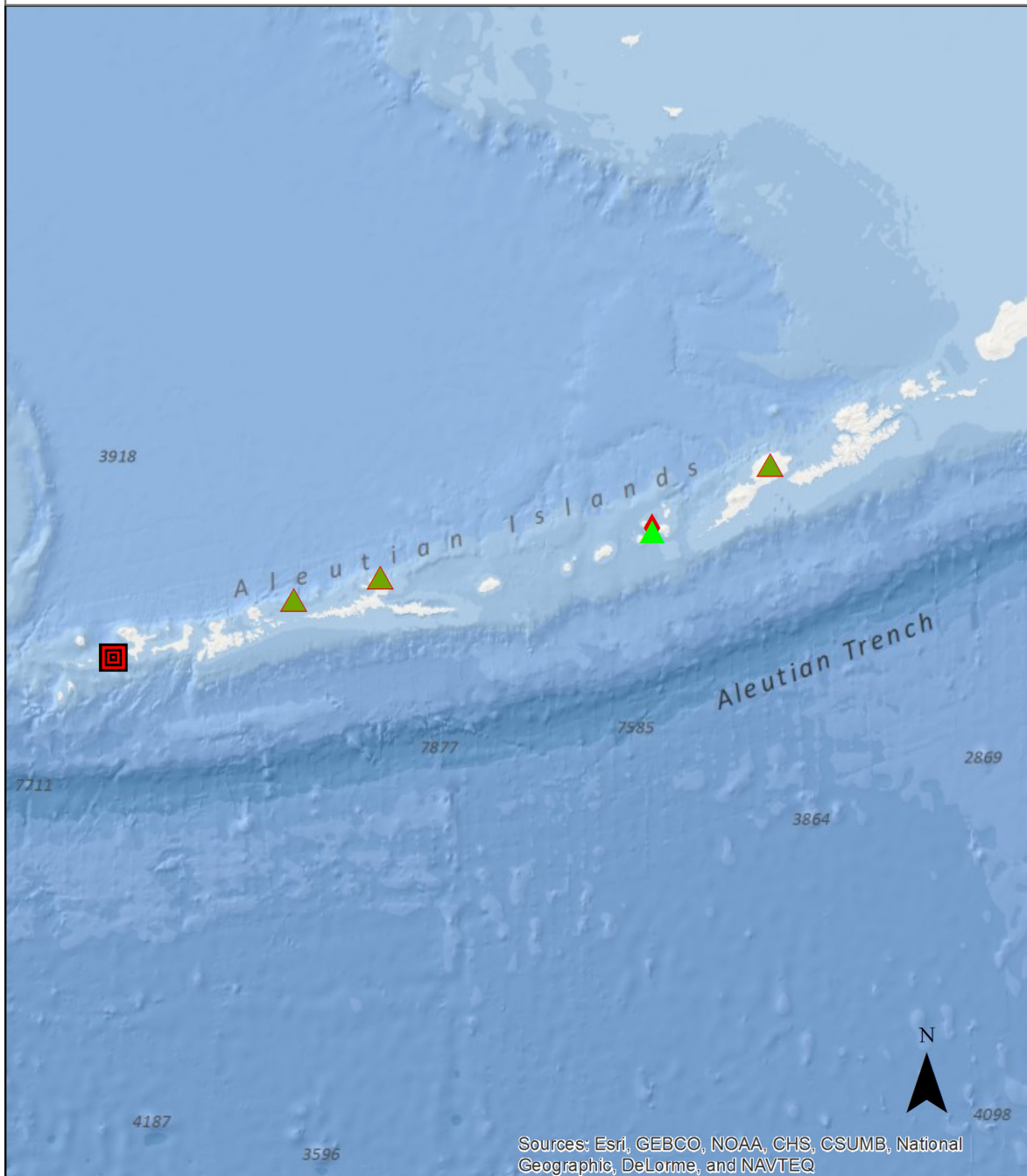
¹⁰⁴ <http://volcano.wr.usgs.gov/rss/vhpcaprss.xml>

ben Tage) sowie zum Vergleich ein WMS der NASA zu Vulkaneruptionen seit 2000¹⁰⁵. Die Karte zeigt das Gebiet um die Aleuten, mit seismischen Aktivitäten am Westrand der Inselgruppe, und vulkanischer Aktivität östlich des Zentrums, mit dazwischenliegenden Vulkanen, die nach 2000 eruptiert sind. Man zeigt also am Vergleich historischer Daten mit aktuellen Daten, dass das Gebiet seismisch sehr lebhaft ist. In weiterer Folge könnte man diese aus den GeoRSS-Feeds extrahierten Geotags nutzen, um das Gefährdungspotential der Bevölkerung zu prüfen, und gegebenenfalls auf Grundlage dieser Daten Evakuierungen zu planen.




¹⁰⁵ http://gdata2.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/wms_airs

Vulkanische und seismische Aktivität

Dargestellt auf Basis von GeoRSS-Feeds von 25.07.2012 bis 01.10.2012



Legende

-  Vulkanaktivität der letzten 7 Tage
-  Vulkaneruptionen seit 2000
-  Erdbeben ab Magnitude 5 der letzten 7 Tage

Design: Adrian Gindl
Basisdaten Karte: ESRI, GEBCO, NOAA,
CHS, CSUMB, National Geographic,
DeLorme, NAVTEQ
Daten zu seismischer Aktivität: USGS, NASA

RSS-Feeds, die keine geographischen Koordinaten enthalten, können trotzdem zum Geotagging genutzt werden (mit verminderter Genauigkeit), wenn diese Feeds zumindest Ortsbezeichnungen enthalten. So kann beispielsweise über geonames.org ein Feed der österreichischen Tageszeitung „Die Presse“ umgewandelt werden mittels rssToGeoRSS. Über den Befehl <http://api.geonames.org/rssToGeoRSS?feedUrl=http://diepresse.com/rss/EU> wandelt geonames.org alle gefundenen Ortsbezeichnungen in Koordinaten um. Das resultierende GeoRSS-Dokument erhält vor dem schließenden `</item>`-Tag, der in diesem Fall einen Newstempel abschließt die Koordinaten zugewiesen, die geonames.org aus seiner Datenbank ermitteln konnte. Pro Artikel ist nur eine geographische Position möglich, daher hängt es bei Artikeln, die mehrere Orte einbeziehen oft davon ab, welcher zuerst genannt wird, beziehungsweise welcher gefunden werden konnte. Je nach Komplexität der Ortsangaben hat man so manchmal bessere, manchmal schlechtere Geotags. Im konkreten Beispiel konnte etwa Athen relativ genau lokalisiert werden.

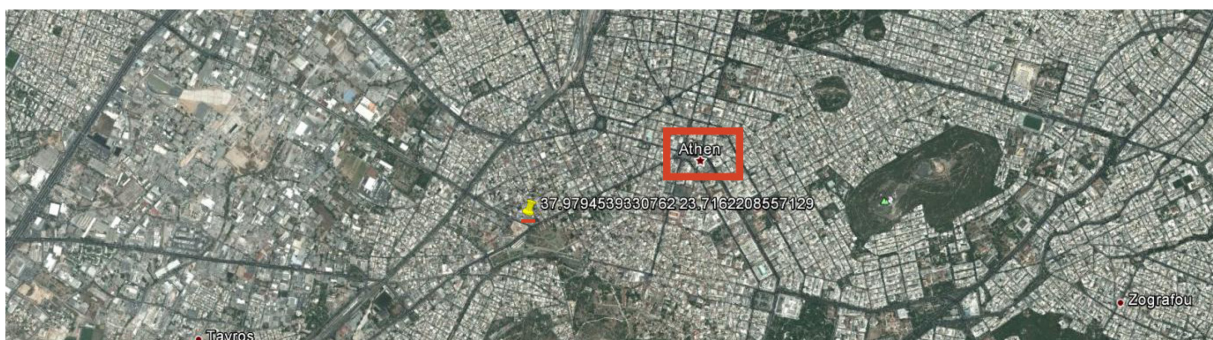


Abbildung 23: Die gefundene Position aus Abb. 24 in Google Earth

Ein Artikel über den Kommissionschef der EU, Barroso, führt hingegen zur Ortschaft Barroso in Brasilien. Dies ist allerdings verständlich, da geonames keine spezielle Lernfunktion besitzt, und daher rein auf Ortsnamen eingerichtet ist.

```

<title>In Athens Kassa klafft ein neues Milliardenloch</title>
▼<link>
  http://diepresse.com/home/politik/eu/1280767/In-Athens-Kassa-klafft-ein-neues-
  Milliardenloch?from=rss
</link>
▼<description>
  Schuldenschnitt und zwei Rettungspakete reichen nicht. Die Finanzierungslücke ist
  größer, als von der neuen Regierung angenommen. Es fehlen bis zum Jahr 2014 nicht
  11,5 Milliarden, sondern 14 Milliarden Euro.
</description>
<pubDate>Sun, 19 Aug 2012 16:24:17 GMT</pubDate>
▼<guid>
  http://diepresse.com/home/politik/eu/1280767/In-Athens-Kassa-klafft-ein-neues-
  Milliardenloch?from=rss
</guid>
<dc:date>2012-08-19T16:24:17Z</dc:date>
</item>

▼<item>
  <title>In Athens Kassa klafft ein neues Milliardenloch</title>
  ▼<link>
    http://diepresse.com/home/politik/eu/1280767/In-Athens-Kassa-klafft-ein-neues-
    Milliardenloch?from=rss
  </link>
  ▼<description>
    Schuldenschnitt und zwei Rettungspakete reichen nicht. Die Finanzierungslücke ist
    größer, als von der neuen Regierung angenommen. Es fehlen bis zum Jahr 2014 nicht
    11,5 Milliarden, sondern 14 Milliarden Euro.
  </description>
  <pubDate>Sun, 19 Aug 2012 16:24:17 GMT</pubDate>
  ▼<guid isPermaLink="false">
    http://diepresse.com/home/politik/eu/1280767/In-Athens-Kassa-klafft-ein-neues-
    Milliardenloch?from=rss
  </guid>
  <dc:date>2012-08-19T16:24:17Z</dc:date>
  <geo:lat>37.9794539330762</geo:lat>
  <geo:long>23.7162208557129</geo:long>
</item>

```

Abbildung 24: Ursprünglicher RSS-Feed (oben) resultierender GeorSS-Feed (unten)

6 Conclusio

Anhand der vorliegenden Arbeit sollte im Allgemeinen geklärt werden, inwiefern sich Geotagging in den Bereich Georeferenzierung eingliedert. Es wurde gezeigt, dass Geotagging ein Teilbereich dieses Themas ist, der je nach Definition relativ eng abgesteckt ist. Trotz einiger Definitionen des Begriffs, die sehr breite Interpretationen des Begriffs zulassen, ist im Grunde zu konstatieren, dass Geotagging bestimmte Überschneidungen mit Geokodierung aufweist, wobei hier nur jener Bereich zutrifft, als dass eine geographische Position mit einem noch nicht verorteten Medium auf digitale Weise verknüpft wird, also keinerlei Konvertierung stattfindet. Die Art des Mediums ist dabei nur insofern eingegrenzt, als es sich über eigene Metadaten oder zumindest über eine externe Datei geographisch einbinden lassen muss.

Eine der leitenden Fragen dieser Arbeit war, wie genau denn die resultierenden Geotags seien. Diese Frage lässt sich nicht allgemein klären. GNSS-basiertes Geotagging ist mittlerweile sehr genau, und dies wird in Zukunft noch steigen durch die Fähigkeit der Empfänger zu PPS, weitere vollständige GNSS-Konstellationen wie GLONASS und GALILEO sowie immer bessere Integrierung weiterer Sensoren in die Geräte. Geotags können bereits heute die Lagegenauigkeiten des größten (maßstabsbezogen) Kartenwerks Österreichs unterbieten, allerdings ist dies immer noch von einigen Faktoren abhängig, einige Effekte können bereits heute eliminiert werden, andere wie die erwähnten Multipatheffekte und das Empfänger-rauschen sind zu spezifisch, um hier generelle Aussagen zu treffen, allerdings sind dies bekannte Einflüsse, die zu einem großen Teil die Konstruktion des Empfängers betreffen, und von Herstellern durch entsprechende Tests minimiert werden können. Die Höhengenaugigkeit wird aufgrund des Aufbaus von satellitengestützten Positionierungssystemen nie allein

in diesen vollständig gelöst werden können, sondern wird am ehesten durch Sensoren wie Barometer höhere Genauigkeiten erreichen können. Anhand der zitierten Genauigkeitsrichtlinien kann geschlossen werden, dass Geotags, die mit modernen Empfängern gewonnen wurden, für Kartenmaßstäbe deutlich unter 1:10.000 geeignet sind, wobei das beste zitierte Beispiel Kriterien bis 1:2.500 erfüllt, um als kartographisch korrekt zu gelten.

Daten, die manuell verortet worden sind, müssen deutlich ausgiebiger Prüfungen unterzogen werden, es können je nach Datensatz sehr verschiedene Ergebnisse erzielt werden. Anders als GNSS-basierte Geotags können hier auch logischerweise keine weiteren Metadaten zur Genauigkeit der Position gespeichert werden, abgesehen von jenen Geotags, die Aufschluss darüber geben, welche Zoomstufe für die Verortung gewählt wurde. Hier kann man zumindest abschätzen, dass bei hohen Zoomstufen eine gute Positionierung erfolgt ist, im Idealfall mit absoluter Lagegenauigkeit. Die restlichen Genauigkeitswerte, die in der Kartographie und für GIS gelten, sind ebenso wie dort auch bei Geotagging Kontrollen zu unterwerfen. Sucht man etwa Bilder einer Region nicht nur nach geographischer Position, sondern auch nach Inhalt, ist der Datensatz den üblichen Prüfungsmechanismen auszusetzen, um jenes Material bei der Visualisierung auszuschließen, das nicht zu den verwendeten Klassen passt.

Erschöpfend wurden auch Medien diskutiert, die sich für Geotagging eignen, wobei hier in erster Linie auf jene Bezug genommen wurde, die direkte Speicherung der Geotags in den eigenen Metadaten erlauben. JPEGs sind aufgrund ihrer ausgiebigen Möglichkeiten, sie mit beschreibenden Daten zu füllen, sehr gut geeignet, um sie in geographischen Kontext einzubauen, die Einträge, die dazu dienen, die Qualität des Geotags zu bestimmen, sind ausführlich, werden jedoch nicht immer in die Datei geschrieben. Videos stecken hinsichtlich ihrer Nutzungsmöglichkeiten noch in ihren Anfängen, ebenso ist die Verfügbarkeit von

Geodaten stark abhängig von der Aufnahmebasis. Bisher gibt es nur ein Dateiformat, das sich relativ umstandslos mit Positionsdaten verknüpfen lässt. Ebenso fehlen noch die Möglichkeiten der „großen Player“ im Webmappingbereich wie Google Earth und Bing Maps, dynamische Aufnahmepositionen zu verwenden, obwohl Google Earth durch seine Funktionen der Zeitanzeige eigentlich dafür prädestiniert wäre.

SMS betreffend gibt es zwei konkurrierende Standards, die am besten geeignet wären, würde man die Syntax kombinieren. So bietet ein Format die leichter lesbare und kompaktere Syntax sowie bessere Möglichkeiten, die Genauigkeit der Positionsmessung zu verzeichnen, während das OGC-Format mehr Möglichkeiten für zusätzliche Optionen bietet. Insgesamt scheint sich das OGC-Format aber durchzusetzen.

Webseiten und Podcasts werden meist mit Geotags im Microformat versehen, da es kompakt ist und für diese Anwendungen meist ausreicht (es fehlen Höhen- und Genauigkeitsangaben). Sollen jedoch komplexere geographische Positionen beschrieben werden, muss das Metaformat verwendet werden. GeoRSS werden ebenfalls in mehreren Ausprägungen geschrieben, wobei das simplere der beiden Formate schon alle wichtigen Geometrieattribute mitbringt, jedoch nur WGS84 unterstützt. GeoRSS GML hingegen kann eine Unzahl komplexer Geometrien sowie Bezugssysteme abseits von WGS84 darstellen. Besonders geeignet ist GeoRSS, um automatische Updates zu empfangen.

Medien, die kein Geotagging in den eigenen Metadaten erlauben, können mit extern aufgezeichneten GNSS-Tracks oder Wegpunkten verknüpft werden. Um diese auch in ihrer Vollständigkeit zu erfassen, also um auch die relevanten GNSS-Informationen zur Messgenauigkeit zu übernehmen, eignet sich das offene Format GPX. Daten, die manuell verortet werden, komplexe Strukturen aufweisen, oder sehr medienlastig sind, sollten dagegen in KML getaggt werden. GPX ist hier vor allem auf den Transport der Messdaten ausgelegt, während

KML den Schwerpunkt auf die Visualisierung legt, jedoch keine Einträge zu Messgenauigkeit vorsieht, jedoch zumindest als Kommentar erlaubt.

Die gezeigten Beispiele schließlich zeigen, dass der Schwerpunkt von Daten mit Geotags hauptsächlich auf die Visualisierung ausgelegt ist, vorzugweise auf jene, die eine Ergänzung zur klassischen Kartographie darstellen, wie Fotos, und Videos. Darüber hinaus spielt die temporale Komponente eine wesentliche Rolle beim Geotagging. Einerseits ist es einfach möglich, zeitliche Abläufe zu zeigen, da je nach Themenbereich und Medium für bestimmte Regionen sehr viele Daten vorhanden sind. Andererseits bietet sich Geotagging auch an, innerhalb kurzer Zeit größere Datenmengen zu sammeln, zu visualisieren oder zeitnah zu analysieren. Geotagging ist kein Ersatz für konventionelle Methoden der Kartographie, aber es ist gewiss eine sehr hilfreiche Erweiterung, deren Nutzen in Zukunft nur steigen kann. Diese Arbeit dient hoffentlich als Ansatzpunkt, um bestehende Schwachstellen von Geotagging weiter zu reduzieren.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: "Postdamer Kartoffel 2011" - Geoidmodell des GFZ (GeoForschungsZentrum) Potsdam	22
Abbildung 2: Verschiedene Wege zum getaggten Foto - Nikon D1x mit Garmin Foretrex 101, Nokia 808 Pureview, Ricoh G700SE (von links nach rechts unten).....	30
Abbildung 3: Eigenes Foto zu Tabelle 8.....	38
Abbildung 4: Kameraposition anhand der EXIF-Daten in Adobe Lightroom 4	40
Abbildung 5: GPS-Plot Lagedaten.....	88
Abbildung 6: GPS-Plot Höhendaten	89
Abbildung 7: GPS-Plot Jahresverteilung	89
Abbildung 8: Ausschnitt (Ecke Universitätsstraße - Rathausstraße) aus der Karte von Flickr	105
Abbildung 9: Ausschnitt (Ecke Universitätsstraße - Rathausstraße) aus der Karte von Panoramio	105
Abbildung 10: Von Geotags abgeleitete Modalitäten und Anwendungen (verändert nach LUO 2010, S. 190, Änd. und Übs. A.G.)	114
Abbildung 11: Google Streetview mit eingefügtem Panoramibild	117
Abbildung 12: Google StreetView entsprechend der Aufnahmeposition von Panoramio....	118
Abbildung 13: Video mit GPS-Track in Contour Storyteller (eigene Aufnahme)	119
Abbildung 14: Ursprünglicher OSM-Shape (links) modifizierter Shape (rechts)	120
Abbildung 15: Berechnung des Abstands des GPS-Tracks von Straßenshape	121
Abbildung 16: Der GPS-Track des Videos in Google Earth	126
Abbildung 17: Abspielen des Videos in ActionCam (eigene Aufnahme).....	128
Abbildung 18: Beispielvideo aus Dashware	129
Abbildung 19: Bearbeitung in Dashware mit verschiedenen Anzeigen (eigene Aufnahme) 130	

Abbildung 20: Beispiel für einen lokalisierten Twitter-Report im Syria Tracker	134
Abbildung 21: Lenasia Crime Alert	135
Abbildung 22: Ansicht von Trendsmap.com im Großraum Wien vom 30.09.2012 19:12	136
Abbildung 23: Die gefundene Position aus Abb. 24 in Google Earth	141
Abbildung 24: Ursprünglicher RSS-Feed (oben) resultierender GeoRSS-Feed (unten)	142

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Eigenschaften von Georeferenzierung, Geokodierung und Geotagging.....	17
Tabelle 2: Parameter von WGS84 (nach SEEBER 1989, S. 28)	19
Tabelle 3: aktualisierte Parameter von WGS84.....	21
Tabelle 4: Vergleich der Parameter von PZ90 und WGS84 (nach RAO 2010, S. 190)	25
Tabelle 5: Transformationsparameter für PZ90 nach WGS84 (ZINOVIEV (2005, S. 1049), Übs. A. G.)	26
Tabelle 6: Parameter des MGI im Vergleich zu WGS84 (nach RIEDL 2011, S. 19f)	27
Tabelle 7: Parameter des ETRS89 im Vergleich zu WGS84 (nach MAPREF.ORG 2010).....	27
Tabelle 8: Beispiel für EXIF-Daten einer DSLR (Kerndaten, eigene Daten).....	37
Tabelle 9: GNSS-Teil der EXIF-Daten	39
Tabelle 10: Meta-Tags für Wien Alsergrund.....	55
Tabelle 11: Daten in NMEA 0183, RMC (nach RAYMOND 2011, Übs. A.G.)	63
Tabelle 12: Daten in NMEA 0183, GGA (nach RAYMOND 2011, Übs. A.G.).....	63
Tabelle 13: Genauigkeitsvorschriften nach NMAPS (nach FGDC 1998, S. 21)	74
Tabelle 14: Lageabweichung nach ASPRS Standard (nach FGDC 1998, S. 23f)	75
Tabelle 15: Abweichung der Festpunkte (ETRS89) Quelle: BEV2 o. J.....	79
Tabelle 16: Lagegenauigkeit DGM Quelle: BEV3 o. J.	80
Tabelle 17: Abweichungen bei Orthophotos Quelle: LUFTBILD o. J.....	80
Tabelle 18: Höhengenaugigkeit abhängig von der Geländeform (Quelle: BEV5 o. J.)	83
Tabelle 19: Vergleich der Genauigkeiten von Lage und Höhe zwischen Datenaufnahme und Kartenerstellung.....	83
Tabelle 20: Genauigkeitsdimensionen von GPS-Messungen (NRCAN 1995, S. 23, Übs. A.G.)..	86
Tabelle 21: Lageabweichung von VGI-Daten am Beispiel OSM (HAKLAY 2008, S.9)	86

Quellenverzeichnis

ANSI: Spatial Data Transfer Standard (SDTS) - Part 1, Logical Specifications, New York, 1997.
173 S.

Anson, R.W., Ormeling, F.J.: Basic cartography for students and technicians, Volume 3, Oxford et al.: Butterworth-Heinemann, 1996. 128 S.

http://ncrs.fs.fed.us/pubs/databases/archive_info/metadata/SDTS_part1.pdf

Arabelos, D. N., Tscherning, C. C.,: A comparison of recent Earth gravitational models with emphasison their contribution in refining the gravity and geoid at continental or regional scale. In: Journal of Geodesy, 84, 2010. S. 643–660

http://cct.gfy.ku.dk/publ_cct/cct1951.pdf

Bartie, P., Kingham, S.: Media mapping: using georeferenced images and audio to provide supporting information for the analysis of environmental sensor datasets. In: International Conference for Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G), Sydney, 20-23 Oct 2009.

Bernhardsen, T.: Geographic Information Systems: An Introduction, New York: John Wiley & Sons, 2002. 448 S.

BEV1: Orthophoto Farbe: Qualität, o. J.

http://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,1573999&_dad=portal&_schema=PORTAL

BEV2: Festpunkte Lage ETRS89: Qualität, o. J.

http://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,1573283&_dad=portal&_schema=PORTAL

BEV3: Digitales Geländehöhenmodell – Strukturinformation: Qualität, o. J.

http://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,1571970&_dad=portal&_schema=PORTAL

BEV4: Österreichische Karte 1:50 000 – UTM ÖK50-UTM: Qualität, o. J.

http://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,1570650&_dad=portal&_schema=PORTAL

BEV5: Austrian Map Fly 4.0: Qualität, o. J.

http://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,1572585&_dad=portal&_schema=PORTAL

BEV6: KM50, KM250, KM500, KM1000 – Vektor – Schnittstellenbeschreibung, o. J.

http://www.bev.gv.at/pls/portal/docs/PAGE/BEV_PORTAL_CONTENT_ALLGEMEIN/0200_PRODUKTE/PDF/BEV_S_KM50_KM250_KM500_KM1000_V_V1.3.PDF

BEV: Koordinatensysteme, 2006.

http://www.bev.gv.at/pls/portal/docs/PAGE/BEV_PORTAL_CONTENT_ALLGEMEIN/0200_PRODUKTE/PDF/KOORD-SYS.PDF

Bill, R.: Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Hardware, Software, Daten, Band 1, Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 1999. 454 S.

Brinker, R. C., Minnick, R.: The Surveying Handbook, Massachusetts: Springer, 1995. 967 S.

Brinkhoff, T.: Geodatenstandards – Geography Markup Language - GML-Repräsentation von Simple Features, Jade Hochschule Oldenburg, 2011.

<http://www.fergi.uni-osnabrueck.de/module/geodstd/inhalt/9/7.html>

Catalin, C., Marinescu, A.: Improving the Position Accuracy with DGPS and EGNOS, Aalborg, 2010. 84 S.

http://projekter.aau.dk/projekter/files/19978336/master_thesis.pdf

CIPA: Exchangeable image file format for digital still cameras: Exif Version 2.3. Tokyo, 2010.
190 S.

http://www.cipa.jp/english/hyoujunka/kikaku/pdf/DC-008-2010_E.pdf

Conolly, J., Lake, M.: Geographical Information Systems in Archaeology, Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 358 S.

Czerniak, R. J., Genrich R. L.: Collecting, Processing, and Integrating GPS Data into GIS, A Synthesis of Highway Practice, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2002. 65 S.

Daviel, A. & Kaegi, F.: Geographic registration of HTML documents. Vancouver Webpages, 2007. 11 S.

<http://tools.ietf.org/pdf/draft-daviel-html-geo-tag-08.pdf>

De Lange, N.: Geoinformatik in Theorie und Praxis, Berlin, Heidelberg, New York: Springer , 2005. 454 S.

DG TREN (European Commission Director-General for Energy and Transport): EGNOS – Service Definition Document – Open Service, Brüssel, 2009. 39 S.

http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/egnos/files/egnos-service-definition-document-open-service-v1.1-30-10-2009_en.pdf

Dodel, H., Häupler, D.: Satellitennavigation, 2. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer, 2009.
530 S.

DORIS: Digitales Höhenmodell, Linz, 2009. 4 S.

<http://doris.ooe.gv.at/geoinformation/metadata/pdf/dhm.pdf>

EDCN: EUROCONTROL EGNOS DATA COLLECTION NETWORK Bi-monthly e-newsletter
01/05/2012 - 30/06/2012, 2012.

http://edcn2.pildo.com/newsletter/newsletter9_2012_3.html

EDUCAUSE: 7 things you should know about alternative reality games, 2009. 2 S.

<http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ELI7047.pdf>

Eissfeller, B. et al: Performance of GPS, GLONASS and Galileo. In: Photogrammetric Week '07,
Heidelberg: Wichmann, 2007. S. 185-199

<http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo07/220Eissfeller.pdf>

Elwood, S.: Privacy, reconsidered: New representations, data practices, and the geoweb. In:
Geoforum 42, 2011. S. 6–15

FAA: U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration Specification for
the Wide Area Augmentation System (WAAS), 2001. 156 S.

http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/library/documents/media/waas/2892bC2a.pdf

FGDC: Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data
Accuracy, Reston, 1998. 25 S.

<http://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3>

Flühr, H.: Avionik und Flugsicherungstechnik: Einführung in Kommunikationstechnik, Navigation, Surveillance, Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, 2009.
347 S.

Fraser, B.: Understanding Digital Raw Capture, San José: Adobe Systems Incorporated, 2004.
4 S.

http://www.adobe.com/digitalimag/pdfs/understanding_digitalrawcapture.pdf

Fraser, B., Schewe, J.: Real World Camera Raw With Adobe Photoshop CS4, Berkeley:
Peachpit Press, 2008. 448 S.

GEO Daten: Das Zuweisen von räumlichen Daten, 2012.

<http://gogeo09.de/geokodierung/>

Geovlex: Glossar: Generalisierung, MLU Halle-Wittenberg, 2009.

http://mars.geographie.uni-halle.de/mlucampus/geoglossar/terme_datenblatt.php?terme=Generalisierung

Giridhadras, A.: Africa's Gift to Silicon Valley: How to Track a Crisis, New York, 2010.

http://www.nytimes.com/2010/03/14/weekinreview/14giridharadas.html?_r=0

GIS Team Ingenieurbüro für Geoinformatik: Photomapping - Digitalfotos aufwerten mit Koordinaten, 2008.

<http://www.gisteam.de/anwendungen/gis-photomapping.htm>

Google Developers: Keyhole Markup Language – Adding Custom Data, 2012.

<https://developers.google.com/kml/documentation/extendeddata>

GPS World: GPS World – January 2012, Vol. 23, No. 1, 2012. 34 + RS7 S.

<http://www.nxtbook.com/nxtbooks/questex/gps0112/#/30>

Guptill, S. C.: Challenges of Digital Earth. Creation of Geospatial Data Frameworks Pose Significant Technical and Institutional Challenges. In: GIS PLANET 1998 Annual Conference Proceedings, Lisbon, Portugal, September 1998, 1998. 5 S.

http://www.igeo.pt/servicos/DPCA/biblioteca/pdf/SIG_231_165.pdf

Guptill, S. C. und Morrison, J.L. (Hrsg.): Elements of spatial data quality, Michigan: Elsevier, 1995. 202 S.

Hake, G., Grünreich, D., Meng, L.: Kartographie – Visualisierung raum-zeitlicher Informationen, 8. Auflage, Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2002. 604 S.

Haklay, M., Singleton, A., Parker, C.: Web Mapping 2.0: The Neogeography of the GeoWeb. In: Geography Compass 2 (6), 2008. S. 2011–2039

Hauff, C., Houben, G.-J.: Geo-Location Estimation of Flickr Images: Social Web Based Enrichment. In: Proceedings of the 34th European Conference on IR Research (ECIR 2012) 2012. S. 85-96

Hill, L. L.: Georeferencing: The Geographic Associations of Information, Massachusetts: MIT Press, 2006. 280 S.

Hirt, C.: Assessment of EGM2008 over Germany using accurate quasigeoid heights from vertical deflections, GCG05 and GPS/levelling. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (zfv) 136(3), 2011. S. 138-149.

http://spatial.curtin.edu.au/models/Hirt2011_EGM2008_Germany_zfv_authorversion.pdf

Hochmair, H. H., Zielstra, D.: Positional Accuracy of Flickr and Panoramio Images in Europe In: Jekel, T., A. Car, G. Griesebner and J. Strobl (Hrsg.), GI_Forum 2012: Geovisualization, Society and Learning, Berlin: Wichmann, 2012. S. 14-23

Hollenstein, L., Purves, R.S.: Exploring place through user-generated content: Using Flickr tags to describe city cores. In: Journal of Spatial Information Science, Nr. 1, 2010. S. 21-48

<http://josis.org/index.php/josis/article/download/13/26>

Hwang, J.: Geog 458: Map Sources and Errors - Attribute Accuracy. Chicago, 2006.

<http://gis.depaul.edu/shwang/teaching/geog458/Attribute%20Accuracy.ppt>

ITRF: ITRS and WGS84, 2007.

<ftp://itrf.ensg.ign.fr/pub/itrf/WGS84.TXT>

Ivanov, I. et al: Geotag propagation in social networks based on user trust model. In: Multimedia Tools and Applications 56 (1), 2010. S. 155-177

Jacobsen K.: Auswertung von IKONOS-Aufnahmen. In: Seyfert, E. (Hrsg.): Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, Band 11, 2002. S. 49-57

http://www.ipi.uni-hannover.de/uploads/tx_tkpublikationen/jacdgp.pdf

Kahmen, H.: Angewandte Geodäsie: Vermessungskunde, Berlin: Walter de Gruyter, 2005. 679 S.

Kainz, W.: Qualitätsaspekte bei der Bearbeitung und Verwendung von Geodaten. In: Kretschmer, I. und Kainz, W. (Hrsg.): 25 Jahre Studienzeitung Kartographie, Wien: Universität Wien, 1999. S. 82-90.

Klimaszewski-Patterson, A.: Smartphones in the field: Preliminary study comparing GPS capabilities between a smartphone and dedicated GPS device. In: Papers of the Applied Geography Conferences 33, 2010. S. 270-279

KOWOMA1: GPS-Monitor II, 2011.

<http://www.kowoma.de/gps/gpsmonitor2/gpsmonitor2.html>

KOWOMA2: Technisches zum GPS Monitor, 2011.

<http://www.kowoma.de/gps/gpsmonitor2/zusatz/technik.html>

KWAN1: The GeoSMS standard, o. J.

<http://geosms.wordpress.com/the-geosms-standard/>

KWAN2: A competing standard, 2010.

<http://geosms.wordpress.com/2010/10/11/a-competing-standard/>

Landmäteriet: Enhetligt Geodetiskt Referenssystem - INFOBLAD n:o 9 SWEREF 99 och WGS 84, 2009. 2 S.

http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/geodesi_gps_och_detaljmatning/Nytt_referenssystem/Infoblad/info_blad-9.pdf

Langley, R. B.: Dilution of Precision. In: GPS World, 10(5), 1999. S. 52-59

http://www.nrem.iastate.edu/class/assets/nrem446_546/week3/Dilution_of_Precision.pdf

LKVK SAARLAND: GLONASS, o. J.

http://www.saarland.de/dokumente/thema_LKVK/GLONASS.pdf

Logsdon, T.: Understanding the Navstar GPS, GIS, and IVHS (2nd Edition), New York: Chapman & Hall, 1995. 350 S.

Luftbild: Grundbegriffe zum Thema Luftbild, o. J.

<http://www.luftbild.at/index.php?li=26>

Luo, J.: Geotagging in multimedia and computer vision – a survey. In: Multimedia Tools and Applications 51 (1), 2011. S. 187–211

Mapref.org: MapRef - Map Projections and Reference Systems: ETRS89 Specs based on iso 19111

<http://mapref.org/ETRS89Specsbasedoniso19111.html>

Marques, O.: Practical Image and Video Processing Using MATLAB, Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 650 S.

Mayrhofer, A., Wolf, K.: Considerations for Civic Addresses in the Presence Information Data Format Location Object (PIDF-LO): Guidelines and IANA Registry Definition. nic.at, 2010. 33 S.

<http://tools.ietf.org/pdf/rfc5774.pdf>

McGarvey, J.: The DCS Story: 17 years of Kodak Professional digital camera systems, 1987-2004, o. O., 2004. 22 S.

http://www.nikonweb.com/files/DCS_Story.pdf

meta-cpan: HTML::Microformats::Format::geo, 2012.

<https://metacpan.org/module/HTML::Microformats::Format::geo>

Metadata Working Group: Guidelines For Handling Image Metadata – Version 2.0, 2010. 73 S.

http://www.metadataworkinggroup.org/pdf/mwg_guidance.pdf

Montanaro, M.: Hybrid products and goal oriented categories: the GPS camera case, Kopenhagen, 2010. 78 S.

http://studenttheses.cbs.dk/bitstream/handle/10417/1051/marco_montanaro.pdf?sequence=1

Must, B. und Ludewig, K.: Mobile money: Cell phone banking in developing countries. In: Policy Matters Journal Spring 2010, 2010. S. 27-33

<http://policymatters.net/wordpress/wp-content/uploads/2010/05/MobileMoney.pdf>

NAVSTAR: Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard. Washington D.C., 2008. 160 S.

<http://www.gps.gov/technical/ps/2008-SPS-performance-standard.pdf>

Nikon: Nikon Technical Note - GPS Connection to D1X and D1H, 2002.

http://www.nikonsupport.eu/europe/Download/Other%20Downloads/gps_instructions.pdf

NIMA: Department of Defence World Geodetic System 1984. Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems (3), 2000. 175 S.

<http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/wgs84fin.pdf>

NRCAN (Natural Resources Canada): GPS Positioning Guide. Ottawa, 1995. 111 S.

http://luna.csrns.nrcan.gc.ca/GPS_Guide_e/GPS_Guide_e.pdf

OGC: OGC White Paper - An Introduction to GeoRSS: A Standards Based Approach for Geo-enabling RSS feeds, 2006.

http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=15755

OGC: OGC®: Open GeoSMS Specification. Chutung, 2010. 15 S.

http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=36261&passcode=apukmagb5ntwhe3661p5

Ordnance Survey: A guide to coordinate systems in Great Britain, Southampton, 2010. 43 S.

http://www.ordnancesurvey.co.uk/oswebsite/gps/docs/A_Guide_to_Coordinate_Systems_in_Great_Britain.pdf

Pavlis, N. K., et al.: An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008, presented at the 2008 General Assembly of the European Geosciences Union, Vienna, Austria, April 13-18, 2008

Peterson, M.: GPS Input Set Up for the Nikon D1H and D1X, 2001.

http://www.nikondigital.org/articles/gps_setup.htm

Prinz, T.: Digitale Fernerkundungsmethodik in den Geowissenschaften, 3.3 Geokodierung, Universität Münster, 2007.

http://ivvgeo.uni-muenster.de/Vorlesung/FE_Script/3_3.html

Rao, G. S.: Global Navigation Satellite Systems, New Delhi: Tata McGraw-Hill Education, 2010. 478 S.

Raymond, Eric S. (2011): NMEA Revealed

<http://gpsd.berlios.de/NMEA.txt>

Riedl, A.: Tutorials zu MEGIDA - Methoden der GIS-gestützten Datenerfassung (PS) SS2011, Wien, 2011.

http://www.univie.ac.at/karto/lehre/geoinfo/megida11/tutorials/megida_tutorial01.pdf

Rigert, T.: Fotografieren und GPS, 2006.

<http://www.rigert.com/fotografieren/index.html>

Salgé, F.: Semantic accuracy. In: Guptill, S.C. und Morrison, J.L. (Hrsg.), Elements of spatial data quality, Oxford: Elsevier Science, 1995. S. 139 - 151.

Salomon, D.: Data Compression: The Complete Reference, Band 10, London: Springer, 2007. 1092 S.

SAPOS: Koordinatenreferenzsysteme, o. J.

http://www.sapos-bw.de/gps_bezug.htm

Schindler, G. et al: Detecting and matching repeated patterns for automatic geo-tagging in urban environments. In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. CVPR 2008, 23-28 June 2008, 2008. 7 S.

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4587461>

Schulte, B., Lippmann, F., Schweikart, J.: Geokodierung mit Webkartendiensten - Möglichkeiten, Unterschiede Grenzen. In: Josef Strobl (Hg.): Angewandte Geoinformatik 2010. Beiträge zum 22. AGIT-Symposium Salzburg. Berlin, Offenbach: Wichmann, 2010. S. 772-778.

Schulzrinne, H.: Dynamic Host Configuration Protocol (DHCPv4 and DHCPv6) Option for Civic Addresses Configuration Information, Columbia U., 2006. 19 S.

<http://tools.ietf.org/pdf/rfc4776.pdf>

Seeber, G.: Satellitengeodäsie: Grundlagen, Methoden und Anwendungen, Berlin, New York: de Gruyter, 1989. 489 S.

Singroy V. et al.: Spatial Methods for Solution of Environmental and Hydrologic Problems: Science, Policy, and Standardization, STP 1420. Bridgeport: ASTM International, 2003. 177 S.

Stillman, D. M.: Plotting Surveying Data in Google Earth, 2009. 6 S.

<http://google-earth-plotter.googlecode.com/files/Journal%20Paper.pdf>

Stoimen, P.: Reading GPS Latitude and Longitude from Image and Video Files, 2011.

<http://www.stoimen.com/blog/2011/02/04/reading-gps-latitude-and-longitude-from-image-and-video-files/>

Topografix: GPX 1.1 Schema Documentation, 2007.

<http://www.topografix.com/GPX/1/1/>

Trevisani, E., Vitaletti, A.: Cell-ID location technique, limits and benefits: an experimental study. In: Proceedings of the Sixth IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA 2004), 2004. S. 51-60

<http://cens.ucla.edu/~mhr/cs219/location/trevisani04.pdf>

True, S. A.: Planning the Future of the World Geodetic System 1984 In: Position Location and Navigation Symposium, 2004, New York, 2004.

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=01309054>

Van Oort, P.: Spatial data quality: from description to application, Wageningen University, 2006. 125 S.

W3C: W3C Semantic Web Interest Group: Basic Geo (WGS84 lat/long) Vocabulary, 2003.

<http://www.w3.org/2003/01/geo/>

Walter, T.: MediaFotografie - analog und digital, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005. 309 S.

Weichselbraun, A.: A utility centered approach for evaluation and optimizing geo-tagging. In: First International Conference on Knowledge Discovery (KDIR). Portugal, 2009. S. 134–139.

<http://eprints.weblyzard.com/13/1/geo.pdf>

Wormley, S. J.: GPS Errors & Estimating Your Receiver's Accuracy - What's the difference between repeatability and accuracy? 2010.

http://edu-observatory.org/gps/gps_accuracy.html

Zahn, E.: APOS Real Time- DGPS: Echtzeitpositionierung mit Submeter – Genauigkeit, Salzburg, 2008. 15 S.

http://www.ovn.tugraz.at/documents/AHORN2008/S1_2_Zahn.pdf

Zinoviev, A. E.: Using GLONASS in Combined GNSS Receivers: Current Status In: *Proceedings of the 18th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2005)*, Long Beach, CA, 2005. S. 1046-1057.

<http://spacejournal.ohio.edu/issue9/pdf/UsingGLONASS.pdf>

Links ohne Kennzeichnung wurden zuletzt am 24. Oktober 2012 abgerufen.



Lebenslauf

Name: Adrian GINDL

Geburtstag: 22. April 1984

Geburtsort: Wiener Neustadt

Familienstand: ledig

Ausbildung: Volksschule: 1990-1992 Wiener Neustadt
1992-1994 Baden
Gymnasium: 1994-2002 BG und BRG Frauengasse,
Baden bei Wien
Studium: 2003 TU Wien: Geodäsie und Geoinformation
2004-2007 Universität Wien: Geographie
(erster Studienabschnitt)
2007-2012 Universität Wien: Kartographie und Geo-
information (zweiter Studienabschnitt)

Grundwehrdienst: 09/2002-04/2003 PzGrenB35 Großmittel (Panzerfahrer)

Praktika:	07/2002	Diamond Aircraft Industries GmbH
	05-07/2003	Kosme GmbH Sollenau (Materialwirtschaft)
	2004-2007	Europcar Wien Ketzergasse (Übersteller, freier Dienstnehmer)
	07-08/2012	Luftbilddatenbank GmbH
	Seit 09/2012	Luftbilddatenbank GmbH (freier Dienstnehmer)
Sprachkenntnisse:	Deutsch (Muttersprache), Tschechisch (Muttersprache), Englisch (sehr gut), Französisch (Schulkenntnisse)	
Sprachaufenthalte:	Englisch: Irland und Malta	
EDV-Kenntnisse:	Microsoft Office, ESRI ArcGis, ERDAS Imagine, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Adobe Lightroom, Adobe Audition, Corel Draw, Cinema 4D, Vue, Manifold, SPSS, Windows- und Mac OS-Kenntnisse	
Sonst. Kenntnisse:	<p>Durch zahlreiche Reisen und generelles Interesse zumindest bruchstückhaft angeeignete Fremdsprachen wie Italienisch, Schwedisch oder Russisch, durch die sprachliche Nähe auch Slowakisch.</p> <p>Neben Software- auch gute Hardwarekenntnisse.</p> <p>Durch eigene Seminararbeiten vertiefte Kenntnisse von Bing Maps und Google Earth.</p>	
Führerscheinklasse:	B	

Erklärung

Hiermit versichere ich,

- dass die ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe,
- dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit vollständig übereinstimmt.

Wien, 25. Oktober 2012