



Master Thesis

Im Rahmen des

Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“

(UNIGIS MSc) am Zentrum für Geoinformatik (Z_GIS)

der Paris Lodron Universität Salzburg

zum Thema

Datenqualitätssicherung und Datenaggregationsverfahren in Participatory Sensing Anwendungen

vorgelegt von

Dipl. Ing. (FH) Oliver Gohlke

U1541, UNIGIS MSc Jahrgang 2011

Zur Erlangung des Grades

“Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc (GIS)”

Gutachter:

Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Bochum, den 30.04.2014

Erklärung der eigenständigen Abfassung der Arbeit

Hiermit versichere ich diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben.

Diese Thesis wurde eigens zur Erlangung des Titels MSc. (GIS) erarbeitet und wurde in gleicher oder ähnlicher Form bisher keiner anderen Prüfbehörde vorgelegt.

Alle Ausführungen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet und im Quellenverzeichnis vermerkt.

Bochum, den 30.04.2014

Oliver Gohlke

Kurzfassung

Participatory Sensing Anwendungen sind Applikationen, mit denen der Mensch durch Verwendung seines Smartphones oder netzwerkfähigen Tablets und der integrierten Sensoren an mobilen Sensornetzwerken partizipiert. Damit die Anwendungen aus der überwiegend noch forschungsrelevanten Phase heraus treten, ist eine Betrachtung der Datenqualität und Datenaggregation sinnvoll. Gerade bei Geodaten, die auf freiwilliger Basis von Nicht-Experten gesammelt werden, spielt die Datenqualität für die weitere Verwendung eine große Rolle. Auch die Datenaggregation kann ein Aspekt der Datenqualität bedeuten. Aus diesem Grunde werden Participatory Sensing Anwendungen im Hinblick auf Verfahren zur Sicherung und Prüfung der Datenqualität sowie auf den Einsatzzweck von Datenaggregationsverfahren untersucht.

In der Master Thesis sind zunächst die grundlegenden Forschungsthemen beschrieben, in deren Umfeld sich Participatory Sensing Anwendungen entwickelt haben. Diese Themen spannen den Bogen vom Web 2.0, GIS 2.0, Neogeography, Volunteered Geographic Information und Human as Sensors.

Als Grundlage für die weiteren Analysen der Master Thesis erfolgt eine Klassifikation von Participatory Sensing Anwendungen und eine Einteilung in Projektphasen. Darauf aufbauend werden Verfahren und Techniken zur Qualitätsverbesserung und Prüfung aufgestellt sowie Datenaggregationsverfahren beschrieben. Anhand dreier aus verschiedenen Kategorien der Klassifikation stammenden Participatory Sensing Anwendungen werden die Verfahren evaluiert. Für die Evaluation an einem Praxisbeispiel wurde ein Prototyp in Form einer Web-App entwickelt und implementiert. Mit diesem Prototyp wurden einige der vorgestellten Qualitätstechniken umgesetzt und eine einfache Datenaggregation durchgeführt.

Als Ergebnis dieser Master Thesis besteht ein Katalog von Verfahren zur Qualitätssicherung und Qualitätsprüfung in Participatory Sensing Anwendungen sowie die Beschreibung, wie Datenaggregationen innerhalb von Participatory Sensing Anwendungen zum Einsatz kommen.

Abstract

With participatory sensing applications humans participate in mobile sensor networks by using their smartphone or tablets with the integrated sensors. For the evaluation and further use of this data a consideration of data quality and data aggregation is useful. Especially spatial data is collected by voluntary people, who are non-experts, the quality of data plays a major role for further use. Also, the data aggregation does mean an aspect of data quality. For this reason Participatory Sensing applications are examined with regard to procedures for securing and testing the quality of data as well as to examined the use of data aggregation process.

In the master thesis first the basic research topics are described in their surrounding to participatory sensing applications. These themes range from the Web 2.0, GIS 2.0, Neogeography, Volunteered Geographic Information and human as sensors.

The basis for further analysis of the master thesis is a classification of Participatory Sensing applications and a division into phases of the project. Subsequently, methods and techniques for quality improvement and auditing are set up and data aggregation processes are described. The methods are evaluated with three different Participatory Sensing applications. For the evaluation of a practical example a prototype was developed and implemented. With this prototype, some of the presented quality techniques have been implemented and a simple data aggregation process is shown.

As a result of this master thesis a set of procedures for quality assurance and quality control in Participatory Sensing applications is given and a description of how data aggregation is used within Participatory Sensing applications.

Inhaltsverzeichnis

I Erklärung	i
II Kurzfassung	ii
III Abstract	iii
Inhaltsverzeichnis	iv
Abbildungsverzeichnis	viii
Tabellenverzeichnis	ix
Abkürzungsverzeichnis	x
1. Einführung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Forschungsleitende Kernfragen	2
1.3 Struktur der Master Thesis	3
1.4 Konzeption und Methodik	4
2. Grundlagen	6
2.1 Participatory Sensing im Umfeld aktueller Forschungsthemen	6
2.1.1 Vom Web 2.0 zum „spatial Web 2.0“	6
2.1.2 Neogeography	8
2.1.3 Kollaborative Geodatenerfassung – VGI und Crowdsourcing	9
2.1.4 Human Sensor und Citizens as Sensors	10
2.1.5 Participatory Sensing	11
2.2 Anwendungsfälle „Human as Sensor“	13
2.2.1 kulturelle Ökosystemleistungen	13
2.2.2 Stadtteilbewertung	16
2.3 Datenqualität und Datenaggregation	17
2.3.1 Qualität von Geodaten	17
2.3.2. Aggregation von Geodaten	22
2.4 Mobile Webtechnologien	24

2.4.1 Native Apps, Web-Apps und Hybrid-Apps	24
2.4.2 HTML5 und CSS3	26
2.5 Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen	27
3 Participatory Sensing Klassifikation und Projektphasen	28
3.1 Klassifikation und Kategorisierung	28
3.1.1 Kategorisierung nach Nutzungsszenarien	28
3.1.1.1 (Städtische) Infrastruktur	28
3.1.1.2 Umwelt- und Naturschutz	29
3.1.1.3 Katastropheneinsatz und -schutz	30
3.1.1.4 Stadt- und Verkehrsplanung	31
3.1.1.5 Freizeit	31
3.1.1.6 Gesundheit	32
3.1.1.7 Navigation und Verkehrsdaten	32
3.1.1.8 Topographische Daten / OpenStreetMap	32
3.1.1.9 Forschungsprojekte und Sonstige	33
3.1.2 Kategorisierung nach Sensoren	33
3.1.2.1 Der Mensch als Wissensgeber (Eingabe)	33
3.1.2.2 Der „Mensch als Messfühler“ (Eingabe)	33
3.1.2.3 Der „Mensch als Messfühler“ (Sensorbasiert)	33
3.1.2.4 Interne Smartphone Sensoren	34
3.1.2.5 Externe Sensoren	34
3.1.3 Kategorisierung nach Datenart	34
3.1.4 Kategorisierung nach der Dateninformation	34
3.1.5 Kategorisierung nach Projektdauer, Datensammlern, Räumliche Abgrenzung und Zielgruppen	35
3.1.6 Zusammenfassung Klassifikation von Participatory Sensing	36
3.2 Projektphasen von Participatory Sensing	37
4 Qualitätssicherung und Datenaggregation in Participatory Sensing	39

4.1 Methoden zur Qualitätssicherung von Participatory Sensing	39
4.1.1 Koordination und Management	39
4.1.2 Kommunikation und Motivation	41
4.1.3 Datenerfassung und Weitergabe	43
4.1.4 Datenanalyse und Datenprozessierung	44
4.1.5 Visualisierung	45
4.1.6 Zusammenfassung	45
4.2 Datenaggregation in Participatory Sensing	46
4.2.1 Datenaggregation bei der Datenerfassung	47
4.2.2 Datenaggregation bei der Datenanalyse und Visualisierung	48
5 Analyse von bestehenden Participatory Sensing Anwendungen	50
5.1 Klarschiff-HRO	51
5.1.1 Beschreibung	51
5.1.2 Funktionalität	51
5.1.3 Qualitätskriterien	52
5.1.4 Aggregation	53
5.2 Noise Map	54
5.2.1 Beschreibung	54
5.2.2 Funktionalität	54
5.2.3 Qualitätskriterien	54
5.2.4 Aggregation	56
5.3 EnviroCar	58
5.3.1 Beschreibung	58
5.3.2 Funktionalität	58
5.3.3 Qualitätskriterien	59
5.3.4 Aggregation	59
5.4 Evaluation der untersuchten Anwendungen	60
6. Prototyp Konzept	62

6.1 Nutzeranalyse	62
6.2 Anforderungsanalyse	63
6.2.1 Ausgangssituation und Zielsetzung	63
6.2.2 Use Case Diagramm	64
6.2.3 Beschreibung der funktionalen Anforderungen	66
6.3 Datenbankentwurf	71
7. Prototyp Implementierung	72
7.1 Systemarchitektur	72
7.1.1 Datenhaltungsschicht	73
7.1.2 Applikationsschicht	73
7.1.3 Präsentationsschicht	74
7.1.4 Verwendete Software und Bibliotheken	75
7.2 Datenbasis	76
7.3 Programmcode	77
7.3.1 Grundstruktur der Web App mit JQuery Mobile	77
7.3.2 OpenLayers Grundfunktionen	82
7.3.3 OpenLayers Location Control Objekt	84
7.3.4 AJAX Kommunikation mit PHP	87
7.3.5 Das Bewertungsmenü	89
7.3.6 PostGIS Zugriff mit PHP und SQL	91
7.4 Visualisierung	96
7.5 Prototyp Evaluation	98
8. Ergebnisse, Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick.	99
8.1 Ergebnisse	99
8.2 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	100
8.3 Ausblick	101
Literaturverzeichnis	103
Anhang	107

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Struktur der Master Thesis	3
Abb. 2: Forschungskonzeption der Master Thesis (Eigene Darstellung).	5
Abb. 3: Überblick über die Datenqualitätselemente, Quelle: ISO 19157	18
Abb. 4: Gegenüberstellung der Qualitätskriterien nach ISO 19157 und nach Lenz & Schukraft (2005)	20
Abb. 5 : Klassifikation und Kategorisierung von Participatory Sensing Anwendungen	36
Abb. 6: Participatory Sensing Projektphasen als Untersuchungsbereiche für die Datenqualität und Datenaggregation	38
Abb. 7: Reputation Management nach Yang et al.	40
Abb. 8: Klarschiff-HRO Kartenanwendung	52
Abb. 9: Klarschiff-HRO; Fotos beifügen und Kommentierung einer Meldung	52
Abb. 10: Klarschiff-HRO; Eingaben von Kategorien, E-Mail Adresse und Texten	52
Abb. 11: Noisemap Lärmpegelmessung, Vergleich von Smartphone Sensoren	55
Abb. 12: Visualisierung der Lärmpegel von Noisemap	56
Abb. 13: Anzeige der Messwerte mit statistischen Auswertungen	57
Abb. 14: enviroCar, Dashboard	58
Abb. 15: enviroCar tracks overview	59
Abb. 16: Benutzerrollen in Participatory Sensing Projekten nach Yang et al.	62
Abb. 17: Use Case Diagramm „Participatory Sensing Prototyp System“.	65
Abb. 19: Das Prototyp 3 Schichten Modell	72
Abb. 20: Datengrundlage des Prototyps	76
Abb. 21: Web-App Grundstruktur des Prototyps	78
Abb. 23: Prototyp Abfrage bei einer Lagegenauigkeit 25 Meter <= Genauigkeit < 50 Meter	87
Abb. 24: Prototyp Hinweis bei einer Lagegenauigkeit > 50 Meter	87
Abb. 25: Prototyp Bewertungsmenü 1	90
Abb. 26: Prototyp Eingabe mit Opera Broser	90
Abb. 27: Prototyp Eingabe mit Google Browser	90
Abb. 28: Prototyp Visualisierung	97
Abb. 29: Prototyp Legenden	97

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Verfahren zur Qualitätssicherung in Participatory Sensing Anwendungen	45
Tab. 2: Datenaggregationen in Participatory Sensing Anwendungen	49
Tab. 3 : Zusammenfassung Qualitätssicherung und Aggregation in den untersuchten Participatory Sensing-Anwendungen	60
Tab. 4: Anforderungen zur Qualitätssicherung im Prototyp	64
Tab. 5: Use Case Beschreibung „Informationseiten und Legende aufrufen“	66
Tab. 6: Use Case Beschreibung „In der Karte navigieren (Pan und Zoom)“	66
Tab. 7: Use Case Beschreibung „Ergebnislayer auswählen“	67
Tab. 8: Use Case Beschreibung „Standort bestimmen und anzeigen“	67
Tab. 9: Use Case Beschreibung „Koordinaten und Lagegenauigkeit bestimmen“	68
Tab. 10: Use Case Beschreibung „Daten erfassen und speichern“	68
Tab. 11: Use Case Beschreibung „Bewertung durchführen“	69
Tab. 12: Use Case Beschreibung „Daten prüfen und speichern“	70
Tab. 13 : Verwendete Softwareversionen	75
Tab. 14: Verwendete Software für die Testumgebung	75

Abkürzungsverzeichnis

AJAX	Asynchronous JavaScript And XML
CSS	Cascading Style Sheets
DIN	Deutsches Institut für Normung
GIS	Geografisches Informationssystem
GIScience	Geographical Information Science
GPS	Global Positioning System
HTML	Hypertext Markup Language
ISO	International Organization for Standardization
OGC	Open Geospatial Consortium
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
PHP	HyperText Preprocessor
SLD	Styled Layer Descriptor
SOS	Sensor Observation Service
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WFS-T	Web Feature Service - Transaction
WMS	Web Map Service
WPS	Web Processing Service

1. Einführung

1.1 Motivation

GIS als interdisziplinäre Wissenschaft GIScience hat sich durch die Weiterentwicklung der Geoinformatik als eigenständige Disziplin der Geowissenschaften entwickelt. Die Verwendung von Geographischen Informationen ist dabei in der breiten Öffentlichkeit angekommen. Geographische Informationen sind nicht mehr nur eine Domäne von traditionellen GIS Nutzern. Mit einer modernen Informations- und Kommunikationstechnologie im Zusammenspiel mit Open Source Software, Mapping-Plattformen und freien Daten wie Open Street Map hat jedermann die Möglichkeit Geoinformationen zu erfassen, zu nutzen und zu teilen.

Mit dieser Entwicklung haben sich auch neue Forschungsfelder im Bereich GIS ergeben. Die Entwicklungen haben die Gesellschaft verändert und werden auch in Zukunft einen großen Einfluss auf unsere Gesellschaft haben. Gerade für die Städteplanung lassen sich vielfältige Möglichkeiten der Verbindung von Neogeography und traditionellem GIS erkennen. Und durch die Nutzung von Smartphones und netzwerkfähigen Tablets ergeben sich spannende Themen vor dem Hintergrund einer partizipativen Gesellschaft, denn wie Lechner (2005:i) schreibt, freie Software und freie Daten erobern unseren Alltag „und, indem wir dazu beitragen, erobern wir den Alltag vieler Menschen mit – wir prägen Gesellschaft!“ (Lechner, 2005:i).

1.2 Forschungsleitende Kernfragen

In den letzten Jahren sind viele Participatory Sensing Anwendungen entwickelt worden, mit denen durch die Einbindung des Menschen als „Sensor“ Geodaten zu den unterschiedlichsten Themen gesammelt werden können. Aktuell sind Participatory Sensing Anwendungen zumeist noch in der Forschungsphase und zumeist eigenständige Softwareentwicklungen. Aus diesem Grunde sind in Abecker et al. (2012:240ff.) allgemeingültige Kriterien formuliert worden. Damit sich Participatory Sensing Anwendungen in unserer Gesellschaft etablieren, sind wichtige Aspekte wie die Gewährleistung der Privatsphäre, der Datenschutz und die einfache Bedienung solcher Applikationen wichtig. Für eine weitergehende Nutzung und Wirtschaftlichkeit von Participatory Sensing ist insbesondere auch ein Mindeststandard an Datenqualität wichtig. Nach Abecker et al. (2012:248) sind die Themen Datenqualität und Datenaggregation ein Themenkomplex für weitere wissenschaftliche Untersuchungen. Diese beiden Aspekte werden in der Master Thesis untersucht. Die forschungsleitenden Kernfragen lauten:

Welche Methoden sind zur Sicherung und Prüfung der Datenqualität in einer Participatory Sensing Anwendung möglich?

Wie kann Datenaggregation in einer Participatory Sensing Anwendung sinnvoll eingesetzt werden?

1.3 Struktur der Master Thesis

In der Master Thesis werden zunächst die grundlegenden Forschungsthemen beschrieben, in deren Umfeld sich Participatory Sensing Anwendungen einordnen lassen und entwickeln konnten. Diese Themen spannen den Bogen vom Web 2.0, GIS 2.0, Neogeography, Volunteered Geographic Information und Human as Sensors zu Participatory Sensing Anwendungen. Darauf aufbauend werden die beiden Anwendungsfälle zur Bewertung von kulturellen Ökosystemleistungen und der Bewertung der Wohn- und Lebensqualität in einem Stadtteil erläutert. Anschließend werden einige Definitionen und Kriterien von Datenqualität und Datenaggregation behandelt. Da Participatory Sensing Anwendungen auf mobilen Endgeräten zum Einsatz kommen, werden die Grundlagen zu Web-Apps, nativen Apps und Hybrid-Apps im Zusammenhang mit HTML5 und CSS beschrieben. Die Struktur der Master Thesis ist in Abb. 1 dargestellt.



Abb1.: Struktur der Master Thesis (Eigene Darstellung)

Anschließend wird eine Klassifikation von Participatory Sensing Anwendungen vorgenommen und es erfolgt eine Einteilung in Participatory Sensing Projektphasen zur späteren Einordnung von Maßnahmen zur Sicherung der Datenqualität und Durchführung von Datenaggregationen.

Mit dieser Klassifikation und Einteilung werden die Verfahren zur Sicherung und Prüfung der Datenqualität kategorisiert und die Verwendung der Datenaggregation untersucht.

Für die Evaluation der aufgestellten Kriterien werden zunächst einige bestehende Participatory Sensing Anwendungen ausgewertet. Im Anschluss wird ein Prototyp unter den Aspekten von Datenqualität und Datenaggregation konzeptioniert und implementiert.

Die Ergebnisse werden danach anhand der Beantwortung der Forschungsfragen dargestellt. Im Anschluss erfolgt die Diskussion der Ergebnisse und es wird ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung gegeben.

1.4 Konzeption und Methodik

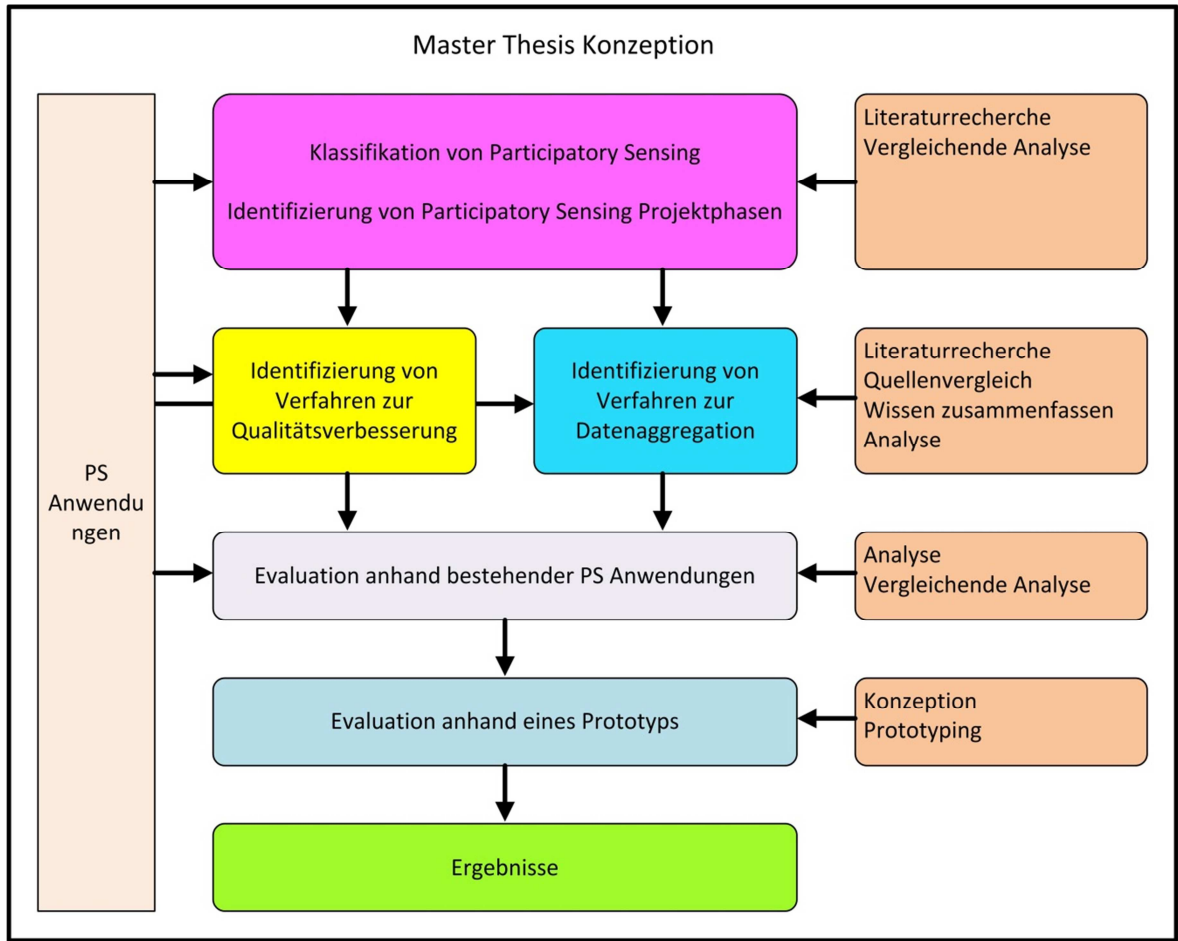
Die Forschungskonzeption basiert auf verschiedene Methoden, die die einzelnen Ergebnisstufen der Master Thesis begleiten. Die Methoden können in die Bereiche Quellen untersuchendes Verfahren, Wissen zusammenführendes Verfahren und Angewandtes Verfahren eingeteilt werden.

Für die Klassifikation werden existierende Participatory Sensing Anwendungen anhand der Literaturrecherche und Internetrecherche gesammelt und mit einer vergleichenden Analyse klassifiziert und kategorisiert. Im gleichen Zuge werden die einzelnen Projektphasen einer Participatory Sensing Anwendung identifiziert.

Auf Grundlage der Klassifikation und Einteilung der Projektphasen werden durch Analyse von Participatory Sensing Anwendungen und Literaturrecherche (Quellenvergleich und Wissen zusammen führen) Verfahren zur Verbesserung der Datenqualität und Verfahren zur Datenaggregation identifiziert und inventarisiert.

Zur Evaluation dieser Systematik werden Participatory Sensing Anwendungen auf die Verwendung der identifizierten Verfahren analysiert und verglichen. Als weitere Evaluation wird ein Prototyp nach Datenqualitäts- und Datenaggregationsaspekten konzeptionell entwickelt und implementiert.

Mit diesen Methoden werden die Ergebnisse aufgestellt. Die Forschungskonzeption ist in Abb. 2 dargestellt.



□

Abb. 2: Forschungskonzeption der Master Thesis (Eigene Darstellung)

2. Grundlagen

2.1 Participatory Sensing im Umfeld aktueller Forschungsthemen

Um neue Phänomene und Ausprägungen der Nutzung von Geoinformationen zu beschreiben, ist es sinnvoll neue Begriffe oder Termini zu definieren (Lechner, 2011:17). So können die neuen Themenfelder als Diskussionsgrundlage dienen und adäquat beschrieben werden. Einige solcher Termini werden im Folgenden näher dargestellt, da sie im Umfeld des Master Thesis Themas „Participatory Sensing“ Bedeutung haben. Da diese Themen sehr aktuell sind, sind diese Definitionen in klassischen Informationsmedien oft nicht vorhanden (Lechner, 2011:17). Das ist auch der Grund, warum die Begriffe teilweise noch nicht gefestigt sind und es zu unterschiedlichen Deutungen kommt oder zu Widersprüchen zwischen Wissenschaft und gesellschaftlichem Status Quo (Lechner, 2011:18). Im Folgenden werden einige dieser Termini erklärt. Die Entwicklung führt dabei vom Web 2.0 über GIS 2.0, Neogeography, VGI, Crowdsourcing und Smart Cities, um nur einige der Termini zu nennen, die die Entwicklungen im letzten Jahrzehnt beschreiben.

2.1.1 Vom Web 2.0 zum „spatial Web 2.0“

Es sind jetzt beinahe 9 Jahre vergangen, seit Tim O’Reilly mit dem Artikel von „What is Web 2.0“ (O’Reilly, 2005) den Begriff Web 2.0 geprägt hat (siehe Lechner, 2011:2). Der Begriff wurde zuvor zwar auch schon verwendet, mit diesem Artikel, in dem O’Reilly die Prinzipien des Web 2.0 mit verschiedenen Entwurfsmustern und Geschäftsmodellen anhand von Beispielen und Vergleichen beschreibt, wurde der Begriff allerdings erst medienwirksam verbreitet. Es lohnt sich, genauer auf die Bedeutung des Begriffs einzugehen, da mit der Evolution zum Web 2.0 ein tiefgreifender Umbruchsprozess entstanden ist, der mit einer veränderten Wahrnehmung und Nutzung des Internets alle gesellschaftlichen Bereiche über die Forschung, Wirtschaft, Politik, Journalismus, Kultur und Recht umgekrempelt hat. Und auch wenn der Begriff oft nur als Marketingschlagwort verwendet wird und der Begriff Web 2.0 durchaus auch kritisch gesehen wird, so sind die dramatischen Veränderungen, die damit einhergehen und zu neuen Begriffen wie Social Media oder Semantisches Web führen, bedeutsam. 2006 verwendet O’Reilly die folgende kompakte Definition für das Web 2.0 (O’Reilly, 2006):

“Web 2.0 is the business revolution in the computer industry caused by the move to the internet as platform, and an attempt to understand the rules for success on that new platform. Chief among those rules is this: Build applications that harness network effects to get better the more people use them. (This is what I’ve elsewhere called “harnessing collective intelligence.”)

"Web 2.0 ist eine Business-Revolution in der Computerindustrie, verursacht durch die Umstellung auf das Internet als Plattform, und ein Versuch, die Regeln für den Erfolg auf dieser neuen Plattform zu verstehen. Das wichtigste dieser Regeln ist: Erstellen von Anwendungen, die Netzwerkeffekte nutzen um besser zu werden, je mehr Menschen sie benutzen. (Das ist, was ich an anderer Stelle als "Nutzbarmachung der kollektiven Intelligenz" bezeichnet habe.)"

Das Web 2.0 ist also eine Revolution, bei der sich die Regeln und Geschäftsmodelle verändert haben. Dadurch ist die verteilte, gemeinsame Nutzung von Inhalten und technischen Netzwerkdiensten möglich. Als Schlüsselprinzip gilt nach O’Reilly die Verwendung von interaktiven Anwendungen, die das Web als Plattform verwenden. Auch Goodchild (2007) sieht das Web als „Plattform“ als einen Wegbereiter des Web 2.0:

“Whereas the early Web was primarily one-directional, allowing a large number of users to view the contents of a comparatively small number of sites, the new Web 2.0 is a bi-directional collaboration in which users are able to interact with and provide information to central sites, and to see that information collated and made available to others.”

"Während das frühe Web in erster Linie in eine Richtung verlief und einer großen Anzahl von Benutzern erlaubte die Inhalte einer vergleichsweise kleinen Anzahl von Seiten zu sehen, ist das neue Web 2.0 eine bidirektionale Zusammenarbeit, in der Benutzer in der Lage sind mit zentralen Seiten zu interagieren und Informationen bereit zu stellen, und zu sehen, dass die Informationen zusammengetragen und für andere verfügbar gemacht werden."

Das Web hat sich damit von einem Frage-Antwort-Modell zu einem komplexen bidirektionalem Modell gewandelt. Das Internet ist nicht mehr ein reines Informationsangebot, sondern besteht aus produktiv nutzbaren Plattformen, auf der die Inhalte nicht mehr allein durch den Betreiber, sondern auch von den Nutzern zur Verfügung gestellt, gestaltet und kommentiert werden. Aufgrund der aktiven Beteiligung und Mitgestaltung wird vielfach auch von der „Demokratisierung“ des Internets gesprochen. Die einzelnen Prinzipien des Web 2.0 werden von O’Reilly in dem Artikel „What is Web 2.0“ (O’Reilly, 2005) erläutert. Eine Definition, in der besonders die veränderte sozio-technische Nutzung im Web 2.0 aufgegriffen wird, ist vom Springer Gabler Verlag (2014):

„Unter dem Begriff Web 2.0 wird keine grundlegend neue Art von Technologien oder Anwendungen verstanden, sondern der Begriff beschreibt eine in sozio-technischer Hinsicht veränderte Nutzung des Internets, bei der dessen Möglichkeiten konsequent genutzt und weiterentwickelt werden. Es stellt eine Evolutionsstufe hinsichtlich des Angebotes und der Nutzung des World Wide Web dar, bei der nicht mehr die reine Verbreitung von Informationen bzw. der Produktverkauf durch Websitebetreiber, sondern die Beteiligung der Nutzer am Web und die Generierung weiteren Zusatznutzens im Vordergrund stehen.“

Durch die Weiterentwicklung des Internet ist der Nutzer in der Lage, eigene Daten zu erstellen, zu bearbeiten und eigene Informationen zu teilen. Durch interaktive und kollaborative Elemente entstehen neue Kommunikations- und Arbeitsformen, ein Mitmach-Web, in dem der Nutzer zugleich Konsument und Produzent ist. Das Web 2.0 hat den Umgang mit Informationen tiefgreifend verändert. Da ca. 80% aller Informationen einen Raumbezug haben, führt dies fast zwangsläufig zu einer veränderten Nutzung und Wahrnehmung von Geographischen Informationen im Internet. Web 2.0 Prinzipien haben damit auch zu einer Evolution der im Internet verbreiteten geographischen Anwendungen geführt. Damit ist man zu einem „spatial Web 2.0“ gekommen, das durch Begriffe wie GIS 2.0, Web Mapping 2.0, Geoweb oder Neogeography geprägt ist.

2.1.2 Neogeography

Ein Terminus, der im Umfeld der Nutzung von kartographischer Technik und Geodaten über das Web 2.0 verwendet wird, ist der Begriff Neogeographie. Turner (2006:2) beschreibt Neogeography folgendermaßen:

“Neogeography means “new geography” and consists of a set of techniques and tools that fall outside the realm of traditional GIS, Geographic Information Systems. Where historically a professional cartographer might use ArcGIS, talk of Mercator versus Mollweide projections, and resolve land area disputes, a neogeographer uses a mapping API like Google Maps, talks about GPX versus KML, and geotags his photos to make a map of his summer vacation.

Essentially, Neogeography is about people using and creating their own maps, on their own terms and by combining elements of an existing toolset. Neogeography is about sharing location information with friends and visitors, helping shape context, and conveying understanding through knowledge of place.”

Neogeography besteht demnach aus einer Reihe von geographischen Techniken und Werkzeugen, die außerhalb des Bereichs der traditionellen Geographischen Informationssysteme fallen. Im Wesentlichen wird Neogeography von Menschen gemacht, die ihre eigenen Karten erzeugen und

die dies zu ihren eigenen Bedingungen tun. Die Nutzer sind in der Regel keine Experten. Sie bewegen sich im Umfeld des Web 2.0 und können durch die Kombination von im Internet zur Verfügung gestellten Werkzeugen persönliche oder gemeinschaftliche Ziele verfolgen. Turner (2006:3) formuliert "Lastly, neogeography is fun.", womit auch direkt die Motivation einfließt, die dazu führt, dass „Neogeographen“ mit leicht bedienbaren Werkzeugen Webkartographie betreiben können.

Auch Szott (2006) grenzt die Neogeographie von den Berufsgeographen ab und sieht einen Verzicht auf wissenschaftliche Standards und Methoden der "echten" geographischen Techniken. Wo die traditionelle Geographie oder der GIS Experte Präzision und Genauigkeit behandelt, werden diese Anforderungen in der Neogeographie für die Entwicklung von sehr leicht nutzbaren Anwendungen vernachlässigt. Auch wenn sie nicht den Protokollen der beruflichen Praxis entsprechen, so sind die Daten dennoch verwertbar. Die Beurteilung der Datenqualität in der Neogeography stellt damit besondere Herausforderungen.

2.1.3 Kollaborative Geodatenerfassung – VGI und Crowdsourcing

Die zuvor beschriebenen Entwicklungen haben zu einer Explosion der kollaborativen Geodatenerfassung im Internet geführt. Viele Bürgerinnen und Bürger nutzen die neuen Entwicklungen, um geografische Informationen zu erstellen, zur Verfügung zu stellen und zu verbreiten. Da dies auf freiwilliger Basis geschieht, spricht Goodchild (2007:212) von „Volunteered Geographic Information“ (VGI). VGI ist „a special case of user-generated content“, VGI stellt also einen Spezialfall des allgemeineren Begriffs User Generated Content dar.

Nach Goodchild (2007:215) ist VGI ein Ergebnis einer weit höheren Benutzerinteraktion und der wachsenden Zahl von Wechselwirkungen. Das Grundprinzip dieser Projekte ist, dass Freiwillige Geodaten sammeln und so eine virtuelle Datenbank erzeugt wird, die vor allem durch die Verbesserung der lokal verfügbaren Kenntnisse der einzelnen Mitglieder einer Gemeinschaft profitiert. VGI ist ein interaktives Netzwerk, ein partizipatives Modell, in dem Benutzer Geodaten erstellen und teilen, Mashups bauen und die Informationen kostenlos über das Web für alle Nutzer zur Verfügung stellen (Goodchild,2007:211ff.).

VGI hat durch die Kollektivität und Benutzerfreundlichkeit im Zusammenhang mit der Verwendung von freien Daten große Auswirkungen auf die künftige Entwicklung von GIS und auch auf die Gesellschaft. Die gesammelten Informationen sind Nachweise, die durch lokale Kenntnisse und subjektive Beobachtung des Einzelnen auch für Planungsentscheidungen eine wertvolle

Datengrundlage bieten. Goodchild (2007:220) spricht von "VGI has the potential to be a significant source of geographers".

VGI und Neogeographie ist nach Meinung von Lechner (2011:22) voneinander abgrenzbar. Die Neogeographie berücksichtigt nicht, inwieweit Freiwillige beteiligt sind und ob diese massenhaft beteiligt sind. VGI berücksichtigt dagegen im Besonderen die Art der Datenerhebung und den Inhalt.

VGI hat sich im Umfeld von Crowdsourcing entwickelt. Howe definiert den Begriff in der Zeitschrift Wired (Howe, 2006; zit.n. Lechner, 2011:6):

„Simply defined, crowdsourcing represents the act of a company or institution taking a function once performed by employees and outsourcing it to an undefined (and generally large) network of people in the form of an open call. This can take the form of peer-production (when the job is performed collaboratively), but also often undertaken by sole individuals. The crucial prerequisite is the use of the open call format and the large network of potential laborers“

Crowdsourcing ist demnach die Auslagerung (Outsourcing) von Aufgaben eines Unternehmens oder einer Institution an eine nicht festgelegte und in der Regel große Netzwerkgemeinschaft in Form einer offenen Ausschreibung. Der Auftrag kann in einer Gemeinschaft, aber auch oft von Einzelpersonen durchgeführt werden. Als entscheidende Voraussetzung ist die Ausschreibung als offenen Aufruf und das große Netzwerk von potenziellen Arbeitern.

2.1.4 Human Sensor und Citizens as Sensors

Nach Goodchild (2007:218) gibt es drei Kategorien von Sensornetzwerken. Die meisten Sensornetze bestehen aus statischen Sensoren, um spezifische Messungen ihrer lokalen Umgebung zu erfassen. Selten sind Sensoren, die von Menschen, Fahrzeugen oder Tieren bewegt werden und die nicht beeinflusst werden können. Eine in vielerlei Hinsicht neue interessante Möglichkeit ist die, dass der Mensch selbst, ausgerüstet mit seinen 5 Sinnen und einer Intelligenz, die die Sinne direkt auswerten und interpretieren kann, als Sensor fungiert. Mit dem Szenario von Menschen als Sensoren ist es möglich, lokale Phänomene der Erdoberfläche zu erfassen und auszuwerten. Nicht nur Wissenschaftler, sondern jedermann ist in der Lage, lokale Informationen, sozusagen Informationen über den Mikrokosmos, zu sammeln und weiter zu geben.

Goodchild (2007:211ff.) spricht dabei von „Citizens as Sensors“. Je nach Ausprägung werden auch andere Begriffe verwendet (People as Sensors, Urban Sensing etc). Der Begriff „Citizen science“ wird verwendet, wenn der Mensch in einer Gemeinschaft als Beobachter oder Aktiver Sammler

für wissenschaftliche Belange eintritt. Zeile et al. (2010:419ff.) sehen mit der Methode von „Menschen als Messfühler“ auf dem Gebiet der Stadtplanung vielfältige Möglichkeiten, so z.B. die Beantwortung von Fragen, wann eine Stadt lebenswert, gesund und prosperierend ist. Um quantifizierbare und validierbare Aussagen zu treffen, ist es eine gute Methode, wenn man die Bürger direkt dazu befragt. Neben den klassischen harten Standortfaktoren gewinnen die weichen Faktoren zunehmend an Bedeutung und werden immer mehr zum ausschlaggebenden Faktor, wenn es darum geht, Standortentscheidungen zu treffen – sei es für Unternehmen als Standort für den Firmensitz oder auch als Lebens- und Arbeitsmittelpunkt für den einfachen Bürger.“ (Zeile et al.,2010:419).

2.1.5 Participatory Sensing

Die frühen Forschungsfelder im Bereich von E-Government und E-Partizipation betrachteten im Besonderen die Entwicklungen im Desktop Bereich. Hier spricht man von einem Public Participation GIS (PP GIS). Das ist nach Steinmann & Krek (2005:1) ein Forschungsfeld, das sich mit der Partizipation der Öffentlichkeit an Planungsprozessen unter Nutzung von Geographischen Informationssystemen (GIS) beschäftigt. Es bezieht sich also nicht nur auf das kollektive Erfassen von Geodaten, sondern mehr auf die „Zur Verfügung Stellung“ von Partizipationsmethoden.

Die Übertragung auf mobile Endgeräte mit der besonderen Verwendung der vielfältigen Einsatzzwecke eines mobilen Endgerätes führt dann zu „Participatory Sensing“ Anwendungen, einem neuen Themengebiet der Forschung im Umfeld von Volunteered Geographic Information. Participatory Sensing ermöglicht die Erfassung, Verarbeitung, Verbreitung und Analyse von Sensordaten durch gewöhnliche Bürger über mobile Geräte. (Yang et al., 2011:190). Goldman et al. (2009:4) beschreibt Participatory Sensing folgendermaßen:

“Participatory Sensing emphasizes the involvement of citizens and community groups in the process of sensing and documenting where they live, work, and play. It can range from private personal observations to the combination of data from hundreds, or even thousands, of individuals that reveals patterns across an entire city. Most important, Participatory Sensing begins and ends with people, both as individuals and members of communities.”

Goldman stellt bei Participatory Sensing Anwendungen den Menschen in den Mittelpunkt. Der Mensch kann sich durch Participatory Sensing in einen Beteiligungsprozess einbringen, indem er lokale Phänomene über sein Leben erfasst und dokumentiert. Das können private persönliche

Beobachtungen und Empfindungen sein, aber auch Informationen, die durch Kombination mit vielen weiteren Informationen wichtige Datenmuster innerhalb eines Gebietes erzeugen können.

Participatory Sensing wird je nach Umfeld und Ausprägung auch Urban Sensing, Citizen Sensing, Human Centered Sensing, People-Centric Sensing benannt. Abecker et al. (2012:242) stellen eine zusammenfassende Definition auf:

„Beim Participatory Sensing sammelt eine Menge von Personen in einer Datensammelkampagne mithilfe weitverbreiteter mobiler Endgeräte orts- oder raumbezogene, häufig auch zeitbezogene, Messwerte, Daten oder Informationen, welche mit den eingebauten Mechanismen des mobilen Endgeräts erfasst werden können. Die Datensammler leiten ihre Informationen an eine zentrale Instanz (Server) weiter, die diese für bestimmte Zwecke weiter verarbeitet. Die Art der zu sammelnden Informationen ist im Szenario vordefiniert. Bei komplexen Szenarien kann die zentrale Instanz die Koordination der potenziellen Sammler übernehmen“

Zu Participatory Sensing werden demnach nicht nur Sensormessungen mobiler Endgeräte gezählt, sondern auch das Sammeln von Daten und Informationen, wie z.B. subjektive „Messungen“, die aus den Sinneseindrücken des Menschen bestehen. Das können individuelle persönliche Empfindungen oder Beobachtungen sein. So können Menschen mit kontextueller Intelligenz und umfassendem lokalem Wissen als wichtige Sensoren lokaler Phänomene fungieren. Solche Daten können als wichtige Planungsgrundlagen heran gezogen werden, da gerade solche Informationen bisher schwierig oder nur mit viel Aufwand ermittelt werden konnten.

Im Gegensatz zu Participatory Sensing Anwendungen, bei denen der Mensch aktiv an der Erfassung der Sensordaten beteiligt ist, beschreibt Opportunistic Sensing die Technik, dass Sensordaten ohne Mitwirkung des Menschen gesammelt werden. Bei Opportunistic Sensing erfolgt die Datensammelphase automatisiert ohne Einbeziehung der Nutzer, während bei Participatory Sensing, auch wenn die Sensordaten ohne Zutun des Menschen gemessen werden können, der Nutzer bestimmt, inwieweit er die Messung ausführt und wann und auf welcher Weise die Daten gesammelt werden (Lane et al., 2010:144). Mit dem Begriff Mobile Phone Sensing können die beiden Systeme zusammengefasst werden.

2.2 Anwendungsfälle „Human as Sensor“

Durch die technologischen Entwicklungen ist es immer einfacher geworden, den Menschen und insbesondere das einzelne Mitglied einer Gemeinschaft an der Gemeinschaft zu beteiligen. So sind die Bestrebungen, den Bürger an der Mitwirkung der Gesellschaft zu partizipieren, gestiegen. So ist es nur logisch, den Menschen auch als Mittelpunkt von planungsrelevanten Informationen in die Planung mit einzubeziehen. Zeile et al. (2010:419ff.) sprechen dabei vom Menschen als Messfühler: „Den Menschen in den Fokus der planerischen Betrachtung zu stellen ist seit jeher oberste Planungsmaxime, ihn aber konkret als Messfühler für planerische Betrachtungen heranzuziehen, ist ein relativ neuer methodischer Ansatz, welcher jedoch enorme Potenziale für die Planung bietet“ (Zeile et al., 2010:425). Auch Exner et al. (2012:629) sehen den Menschen im Mittelpunkt der Untersuchungen. Daher ist es nur logisch, ihn als Sensor und damit als Ausgangspunkt zur Erhebung raumrelevanter Individualdaten heranzuziehen.

Auch für die Anwendungsfälle in der Master Thesis stehen der Mensch und seine Empfindungen im Mittelpunkt. Hierbei fungiert der Mensch als Sensor mit kontextueller Intelligenz. In der Master Thesis werden 2 Anwendungsfälle untersucht, die in Gebieten unterschiedlicher Landnutzung anwendbar sind. Das sind Mischgebiete und Wohngebiete mit Fragen zu der Lebens- und Wohnungsqualität und Grünflächen und Landschaften mit Fragen, die auf kulturelle Ökosystemleistungen eingehen.

2.2.1 kulturelle Ökosystemleistungen

„Ökosystemleistungen bezeichnen den vielfältigen Nutzen, den Menschen aus Ökosystemen erzielen.“ (Trommler et al., 2013:3). Die Definitionen von Ökosystemleistungen sind in der Fachliteratur durchaus unterschiedlich weit gefasst. So werden teilweise Ökosystemfunktionen und Ökosystemprozesse als „Ökosystemleistung“ bezeichnet, in anderen Definitionen wird „von einer strikten Trennung in ökosystemare Prozesse, Funktionen und Leistungen sowie in den daraus entstehenden Nutzen“ (Göttl et al., 2011:15) ausgegangen. Das Konzept der Ökosystemleistungen wurde 2005 durch das von den Vereinten Nationen initiierte Millennium Ecosystem Assessment erstmals einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt (Trommler et al., 2013:3).

Mit dem Millennium Ecosystem Assessment ist die bisher umfassendste Studie zum Zustand und zu den Entwicklungstrends der Ökosysteme der Erde vorhanden. Sie wurde von über 1.300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus 95 Ländern erarbeitet. Die Studie zeigt auf, dass sich „die Erde in einem Zustand der Degradation befindet. 60 % der Ökosystemleistungen

befinden sich in einem Zustand fortgeschrittener und/oder anhaltender Zerstörung.“ Ökosystemleistungen können demnach in die folgenden Leistungen unterteilt werden (Götzl et al., 2011:9):

Versorgungsleistungen: Diese Leistungen stellen Nahrungsmittel, Trinkwasser, Holz und Brennstoffe zur Verfügung.

Selbstregulierende Leistungen: Diese tragen zur Klimaregulierung, Luftreinigung, Verhinderung von Überschwemmungen oder zum Ausgleich bei Schädlingsbefall bei.

Kulturelle Leistungen: Diese tragen zur Erholung, zum Erleben und zur Bildung bei und beinhalten auch Spiritualität und ein ästhetisches Empfinden.

Basisleistungen: Basisleistungen sind z.B. die Photosynthese, Stoffkreisläufe und die Bodenbildung.

Mit dem Millenium Ecosystem Assessment werden scheinbar „wertlose“ und bisher unbeachtete Umweltleistungen stärker in das Bewusstsein des Menschen gerückt und der Wert von Ökosystemen und ihrer Leistungen aufgezeigt, um eine nachhaltige Nutzung von Ökosystemen zu gewährleisten. Dabei verfolgt die Studie einen anthropozentrischen Ansatz, der sich in der Konzentration auf Ökosystemleistungen und deren Bezug zum menschlichen Wohlbefinden bezieht und der sich in der Nutzung und Wertschätzung durch den Menschen ausdrückt (Götzl et al., 2011:9ff.).

Kulturelle Ökosystemleistungen haben in den Kulturlandschaften Mitteleuropas dabei eine besondere Bedeutung. Die Bevölkerung ist hierzulande und in vielen dicht besiedelten Gebieten nur noch zu einem sehr geringen Teil in die Land- und Forstwirtschaft eingebunden. Es besteht nicht nur eine ethische Verpflichtung zur Erhaltung von Ökosystemen. Die kulturellen Ökosystemleistungen haben einen hohen immateriellen Nutzen, der sich auf der Ebene von ästhetischen und spirituellen Erfahrungen sowie Inspiration und Erholung auswirkt. Damit sind diese auch für die Aspekte Stadtentwicklung und Gesundheit interessant. Die Nähe zur Natur mit den Möglichkeiten zur Erholung und Erfahrung von Spiritualität und Ästhetik oder ein schönes, heimatlich empfundenes Landschaftsbild empfinden viele Menschen als Bereicherung ihrer Lebensqualität (Trommler et al., 2013:5). Kulturelle Ökosystemleistungen sind damit auch an den Standortfaktoren zur Beurteilung von Wohnqualität beteiligt und haben Einfluss auf die in Kapitel 2.2.2 behandelte Lebensqualität von Stadtteilen.

Allerdings bestehen zu kulturellen Ökosystemleistungen noch erhebliche Erkenntnislücken (Bieling, 2013a) und die „Methoden zur Erfassung von kulturellen Ökosystemleistungen (z. B. ästhetische oder spirituelle Werte, Kulturerbe) sind derzeit noch nicht befriedigend entwickelt.“ (Bieling, 2013b). Da kulturelle Ökosystemleistungen nur schwer ersetzbar sind, da Heimat, Kulturerbe, ästhetische und spirituelle Werte an einen bestimmten Ort gebunden sind, können nicht anderweitig erbracht werden (Trommler et al., 2013:5) und stellen ein wichtiges Forschungsthema dar.

Kulturelle Ökosystemleistungen hängen entscheidend von menschlichen Wahrnehmungs- und Bewertungsmustern ab. Wieviel Einfluss diese Leistungen auf unser Wohlbefinden haben, ist aufgrund der fehlenden Messbarkeit schwierig zu ermitteln. Aus diesem Grunde werden Participatory Sensing Anwendungen, die den Menschen als Messfühler einsetzen, in dieser Master Thesis als eine Möglichkeit zur Erfassung und Bewertung von Ökosystemleistungen durch die Bevölkerung in Betracht gezogen. Die Ergebnisse können für Planungsprozesse und politische Entscheidungsprozesse sowie für das Management von Ökosystemen nützlich sein, da sie aufzeigen, welche lokalen Ökosystemleistungen in der Bevölkerung einen hohen Stellenwert besitzen und damit besonders schützenswert sind.

Unabhängig von der Betrachtung von Ökosystemleistungen beschreibt Hunziker im Forum für Wissen 2010 die Bedeutung von Landschaft: „Landschaft ist für den Menschen unter anderem von Bedeutung, weil sie für ihn Bedeutung hat. Dies ist keine «Leistung» der Landschaft, sondern eine des Menschen, weil er ihr Bedeutung(en) zuweist.“ (Hunziker, 2010:33; Hervorhebung durch den Autor). Hunziker sieht im Unterschied zu den physischen Eigenschaften einer Landschaft (wie z.B. Waldanteil, Reliefenergie, Siedlungsdichte usw.) die Bedeutung nicht «objektiv», sondern sie existiert nicht unabhängig von menschlicher Wahrnehmung.

Nach Hunziker (2010:40) ist es ein unbestrittenes Ziel, die Landschaftsentwicklung mittels Politik, Strategien und planerischen Maßnahmen zu lenken, so dass sie den Bedürfnissen der Bevölkerung entspricht. Vor allem bei konkreten und kleinräumigen Maßnahmen und Strategien ist es notwendig, die Bedürfnisse der Bevölkerung genauer zu analysieren, um herauszufinden, wo es sensible und symbolträchtige Landschaftselemente gibt, die es umsichtig zu behandeln gilt. Nach Hunziker (2010:40) haben gerade Experten und Entscheidungsträger eigene Präferenzen, die von jenen der breiten Bevölkerung abweichen können. Die Bewertung von Ökosystemleistungen wird als Anwendungsfall und als Basis zur Beurteilung der Datenqualität und Datenaggregation verwendet.

2.2.2 Stadtteilbewertung

Bisher wird Wohnqualität meist selektiv und mit statistischen Faktoren anhand einiger ausgewählter Kriterien berechnet. Neben den konventionellen klassischen Standortfaktoren gewinnen die weichen Faktoren zunehmend an Bedeutung und werden zum ausschlaggebenden Faktor (Zeile et al., 2010:419). So stellen Zeile et al. die Frage, wie man quantifizierbare und validierbare Aussagen über die Attraktivität und Lebensqualität einer Stadt erhält. Am besten kann der Bewohner selbst alle Aspekte wie Standortattraktivität, soziale Kontaktmöglichkeiten und Zufriedenheit beurteilen. Die vom Bürger gewonnenen Daten können nicht nur für Stadtplaner von Interesse sein, sondern können auch anderen Nutzern, wie z.B. Wohnungssuchenden, nützlich sein. Auf dieses Ziel ist z.B. die Anwendung Feelthecity (2014) ausgerichtet, bei der Bewohner ihr Wohnumfeld nach bestimmten Kriterien bewerten können.

Nach BBSR (2013) bezieht sich die Wohnqualität vor allem auf Faktoren wie Ruhige Lage, Zentrumsnähe, tägl. Versorgung, Naturnähe, ÖV-Anbindung. In Feelthecity (2014) sind die Kriterien auf Geräuschkulisse, Kostenfaktor, Entertainmentangebot, Szenefaktor, Originalität, Sicherheit und ÖV-Anbindung gesetzt. Mit geeigneten Kriterien könnten gleichermaßen Wohnungssuchende und Städteplaner interessante Informationen erhalten.

Mit einer Participatory Sensing Anwendung besteht die Möglichkeit, dass die Bevölkerung die Wohnqualität oder weitere Entwicklungsthemen aus ihrer Sicht bewerten kann. Ein Beispiel der Anzeige der Wohnqualität anhand berechneter statistischer Faktoren gibt Neuhold (2014). In der beschriebenen Anwendung wird nach den gemessenen Kriterien Qualität der sozialen Infrastruktur, Freirauminfrastruktur, Qualität des Anschlusses an den Öffentlichen Nahverkehr, Qualität der Nahversorgung und Externer Umwelteinflüsse die Lebensqualität für den angegebenen Ort berechnet. Hier ist feststellbar, dass solche Auswertungen nicht immer mit der subjektiv empfundenen Wohnqualität übereinstimmen. So schneiden die Nobelviertel im Süden der Stadt oft deutlich schlechter ab als die urbaneren Stadtteile im Norden. Die Villenviertel im Grünen haben durch weniger Infrastrukturangebote und schlechterer Anbindung an die öffentlichen Verkehrsmittel wenig Punkte erhalten (Neuhold 2014), obwohl die subjektive Bewertung wahrscheinlich anders ausfallen würde.

In Zukunft könnte der Bürger viel mehr in die Erfassung von Geoinformationen und in die Planungen mit einbezogen werden, da erkannt wurde, dass dies zum beiderseitigen Nutzen ist. So wurde auch beim Städtetag darauf hingewiesen, dass die neuen Möglichkeiten auch von Behörden erkannt und genutzt werden sollten (Ostrau et al., 2013:52).

2.3 Datenqualität und Datenaggregation

2.3.1 Qualität von Geodaten

Der Begriff Qualität leitet sich aus dem lateinischen von „qualitas“ ab, was soviel wie Beschaffenheit und Eigenschaft bedeutet (DUDEN, 2014). Der Begriff hat sich als Wertmaßstab für Produkte und Dienstleistungen etabliert. Qualität ist nach Lenz & Schukraft (2005:10) definiert als „[...] die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit (Produkt, Dienstleistung) bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“ (DIN ISO 8402, 1992)“. Die Qualität eines Produktes oder einer Dienstleistung kann damit nur anhand spezifischer Anforderungen und bestimmter Einsatzzwecke bestimmt werden. Eine Bewertung erfolgt unter individuellen Gesichtspunkten und konkreter Fragestellungen und ist nicht per se „gut“ oder „schlecht“. Sie ist nur für einen bestimmten Zweck mehr oder weniger geeignet (Lenz & Schukraft: 2005:10).

Für die Beurteilung der Qualität von Geodaten werden detaillierte Bezeichnungen benötigt. Aus diesem Grunde beinhaltet die DIN EN ISO 19157:2014-04 „Geoinformation – Datenqualität“ bzw. „Geographic information - Data quality“ die Qualitätsprinzipien von Geoinformationen (ISO, 2014). Die EN ISO 19157 Norm, die erst im April 2014 in die deutsche DIN Norm übernommen wurde, ersetzt die bisherigen Normen DIN EN ISO 19113:2005-05, DIN EN ISO 19114:2005-05 und DIN EN ISO 19114 Berichtigung 1:2006-10.

Im nationalen Vorwort der DIN ist aufgeführt, dass die Inhalte der genannten Normen zusammengefasst werden. Die in der ersetzten ISO 19113 (ISO, 2014) beschriebenen „Principles for describing the quality of geographic data“ sind in der ISO 19157 im Kapitel 7 in den „Components of data quality“ beschrieben. Es sind nicht alle Passagen genauso übernommen wie in der ISO 19113 beschrieben. So sind z.B. in Kapitel 5.1 der ISO 19113 die „Components of data quality description“ beschrieben und in die folgenden 2 Komponenten eingeteilt: „data quality elements“ und „data quality overview elements“. Die „quality overview elements“ sind in der ISO 19157 in dieser Form nicht mehr beschrieben. Diese Nicht-quantitativen Qualitätsinformationen umfassen die drei Angaben: Der ursprünglich beabsichtigte Verwendungszweck („purpose“), der tatsächliche Verwendungszweck („usage“) und die Entstehungsgeschichte bzw. Herkunft („lineage“) eines Datensatzes. Da diese nicht-quantitativen Informationen Elemente der Metadaten sind, werden diese Elemente nicht näher beschrieben, sondern es wird jeweils auf die ISO 19115 hingewiesen: „Some quality related information are provided by purpose, usage and

lineage. This information is reported as metadata in conformance with ISO 19115:2003.” (ISO, 2014).

Die in der ISO 19113 in Kapitel 5.2 vorhandenen Qualitätskriterien und Subelemente sind dagegen in gleicher Form vorhanden, auch wenn die Bezeichnung der Subelemente so nicht mehr vorkommt. In der ISO 19157 werden die Qualitätselemente und Kategorien nun mit „A data quality element is a component describing a certain aspect of the quality of geographic data and these have been organised into different categories.“ beschrieben. Die Kategorien kann man der folgenden Abbildung 3 entnehmen. Sie sind bis auf das Element „Usability element“ mit kleinen Änderungen in der Beschreibung gleich der ISO 19113.

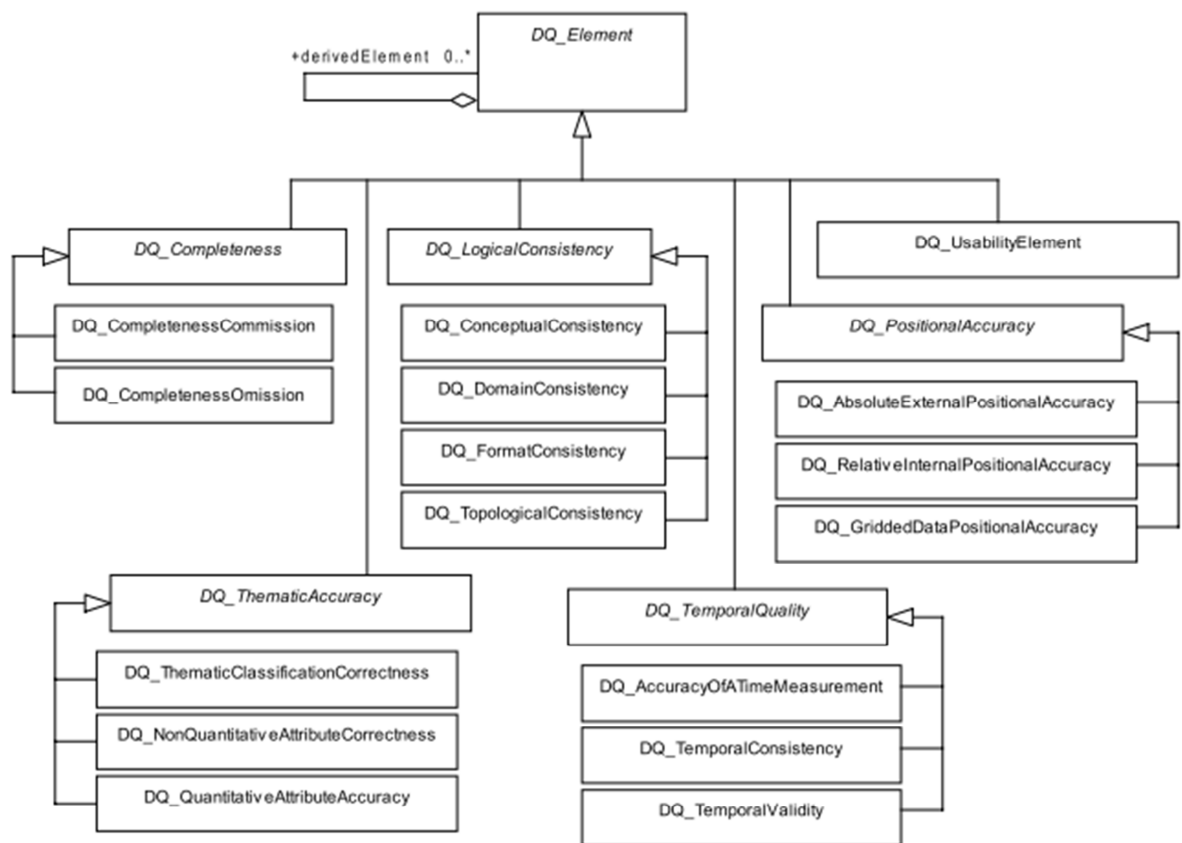


Abb. 3: Überblick über die Datenqualitätselemente, Quelle: ISO 19157 (ISO, 2014)

Die Elemente werden im Folgenden entsprechend der Beschreibungen in der DIN EN ISO 19157:2014-04 erläutert.

Vollständigkeit ist die Präsenz oder das Fehlen von Features, Attributen oder Beziehungen. Das Element „Commission“ bedeutet Datenüberschuss bzw. eine Überpräsenz von Daten in einem Dataset. Das Element „Omission“ (Datendefizit) beschreibt das Fehlen von Daten.

Die logische Konsistenz beschreibt die Einhaltung von Regeln der logischen Datenstruktur, der Attribute und Beziehungen. Es wird dabei von einer Datenstruktur ausgegangen, die konzeptionell, logisch oder physikalisch sein kann. Es gibt in dieser Kategorie 4 Elemente. Die konzeptuelle Konsistenz beschreibt die Einhaltung der Regeln des konzeptionellen Schemas. Die Konsistenz des Wertebereichs (domain consistency) besteht aus der Einhaltung der Werte zu den Wertebereichen. Die Formatkonsistenz (format consistency) ist ein Maß, in dem Daten in Übereinstimmung mit der physikalischen Struktur des Datensatzes gespeichert sind. Die Topologische Konsistenz bedeutet die Richtigkeit der explizit kodierten topologischen Eigenschaften eines Datensatzes.

Die Lagegenauigkeit ist die Positionsgenauigkeit der einzelnen Objekte. Es existiert das Element der absoluten oder externen Genauigkeit sowie der relativen oder internen Genauigkeit. Für Rasterdaten existiert ein Element über die Positionsgenauigkeit der gerasterten Daten.

Die zeitliche Genauigkeit kann aus 3 Elementen bestehen. Die Genauigkeit der Zeitmessung ist die Korrektheit der zeitlichen Messung. Die zeitliche Konsistenz ist die Korrektheit von geordneten Ereignissen, z.B. die Reihenfolge einer Landnutzung. Die zeitliche Gültigkeit bedeutet die Gültigkeit der Daten in Bezug auf die Zeit (z.B. in Bezug auf den geforderten Zeitpunkt Jahr-Monat-Tag und nicht Jahr-Monat).

Thematische Genauigkeit ist die Genauigkeit der quantitativen Attribute sowie die Richtigkeit der nicht quantitativen Attribute und der Klassifikation von Objekten und deren Beziehungen. Die thematische Genauigkeit ist in 3 verschiedene Elemente aufgeteilt. Die Richtigkeit der Klassifizierung bezieht sich auf Objekte oder Attribute, die mit den zugeordneten Klassen übereinstimmen (z.B. die Zuordnung zur Straße statt zum Fluss). Weitere Kriterien sind die Korrektheit der nicht-quantitativen Attribute (z.B. die Nutzungsart von Flurstücken) und die Genauigkeit der quantitativen Attribute (z.B. die Fläche von Objekten).

In der ISO 19157 ist ein neues Element beschrieben. Dieses Usability-Element beschreibt die Brauchbarkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit auf der Grundlage von Nutzeranforderungen. Für die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit können alle Qualitätselemente verwendet werden. Die Auswertung des Elements kann auf bestimmte Anforderungen der Nutzer, die nicht mit den oben beschriebenen Qualitätselementen beschrieben werden können, basieren. Mit dem Element werden spezifische Informationen über die Qualität einer Datenmenge gegeben, damit der Nutzer die Eignung für eine bestimmte Anwendung oder die Konformität mit einer Reihe von Anforderungen erkennen kann.

ISO 19157		Runder Tisch	
Vollständigkeit	Datenüberschuss Datendefizit	Vollständigkeit	Räumliche Vollständigkeit Zeitliche Vollständigkeit Thematische Vollständigkeit
Logische Konsistenz	Konzeptionelle Konsistenz Konsistenz des Wertebereich Formatkonsistenz Topologische Konsistenz	Logische Konsistenz	Räumliche Konsistenz Thematische Konsistenz Zeitliche Konsistenz
Lagegenauigkeit	Absolute oder externe Positionsgenauigkeit Relative oder interne Positionsgenauigkeit Rasterpositionsgenauigkeit	Genauigkeit	Räumliche Genauigkeit Thematische Genauigkeit
Thematische Genauigkeit	Korrektheit der thematischen Klassifizierung Genauigkeit der nicht-quantitativen Attribute Genauigkeit der quantitativen Attribute	Aktualität	Erfassungsdatum Stand der Daten Gültigkeitsdauer
Zeitliche Genauigkeit	Genauigkeit der Zeitmessung zeitliche Konsistenz zeitliche Gültigkeit	Richtigkeit	Räumliche Richtigkeit Thematische Richtigkeit Zeitliche Richtigkeit
Usability-Element			

Abb. 4: Gegenüberstellung der Qualitätskriterien nach ISO 19157 (ISO,2014) und nach Lenz & Schukraft (2005) (Eigene Abbildung)

Für die Beschreibung von Qualitätskriterien werden häufig auch die Kriterien Genauigkeit, Vollständigkeit, Aktualität, Korrektheit und Konsistenz verwendet. Auch in Lenz & Schukraft (2005:10) werden die Kriterien Aktualität, Genauigkeit, Richtigkeit, Vollständigkeit und Konsistenz verwendet (s. Abb. 4). Und nach JOOS (2000:39) können Qualitätskriterien mit den vier Kriterien Vollständigkeit, Richtigkeit, Konsistenz und Genauigkeit gebildet werden. Aktualität wird bei JOOS nicht als Qualitätskriterium, sondern als zusätzlicher Aspekt, so z.B. bei der Beschreibung der Metadaten, behandelt. Es werden deshalb nachfolgend die Bezeichnungen der ISO 19157 mit den Kriterien und Subelementen von Lenz & Schukraft (2005) verglichen.

Vollständigkeit bedeutet nach Lenz & Schukraft (2005:11), dass die benötigten Daten in der erforderlichen Qualität vollständig vorhanden sein müssen. Es wird eingeteilt in die Subelemente räumliche Vollständigkeit (die Daten müssen den richtigen Raum vollständig abdecken), zeitliche Vollständigkeit (die Daten liegen vollständig in der benötigten Aktualität vor) und thematische Vollständigkeit (die Daten liegen vollständig in der richtigen Bearbeitungstiefe vor). Im Unterschied zur ISO wird hier Vollständigkeit anhand von 3 Kategorien unterschieden, die verdeutlichen, dass die Vollständigkeit auch in verschiedenartiger Ausprägung unvollständig sein

kann. Allerdings wird in den ISO Kriterien besser verdeutlicht, dass auch ein Überschuss von Daten als Kriterium der Vollständigkeit gilt.

In Lenz & Schukraft (2005:10) wird die Aktualität als Beschreibung der zeitlichen Gültigkeit vorliegender Daten beschrieben. Die Aktualität kann, je nach Art der Geodaten, durch folgende Parameter beschrieben werden: Erfassungsdatum, Stand der Daten und Gültigkeitsdauer. In der ISO sind die Qualitätskriterien bzgl. der Zeit in einer Kategorie „Zeitliche Genauigkeit“ zusammengefasst. Das Element „zeitliche Gültigkeit“ kann dem Kriterium Aktualität aus Lenz & Schukraft (2005) zugeordnet werden. In Lenz & Schukraft ist diese Kategorie aufgrund der eigenständigen Kategorie „Aktualität“ höherwertig angeordnet und enthält mit den angegebenen Elementen Erfassungsdatum, Stand der Daten und Gültigkeitsdauer genau definierte Kriterien. Die in der ISO vorhandenen Elemente zeitliche Genauigkeit und zeitliche Konsistenz sind dagegen bei Lenz & Schukraft (2005) in den verschiedenen Kategorien zum Thema Konsistenz und Richtigkeit aufgeführt.

Generell unterscheidet Lenz & Schukraft (2005) zwischen Genauigkeit und Richtigkeit, wobei Richtigkeit als das Gegenteil von Fehlerhaftigkeit angesehen wird. In Lenz und Schukraft wird also unterschieden, ob eine Abweichung durch Fehler oder durch Ungenauigkeiten, z.B. in der Messmethode, hervorgerufen wurde. Beispiele von fehlender Richtigkeit sind nach Lenz & Schukraft (2005:11) Kartierfehler (räumlich oder thematisch) oder eine falsche Georeferenzierung des Datensatzes. Die Genauigkeit ist nach Lenz & Schukraft (2005:10) ein „Maß für die Bearbeitungstiefe des betrachteten Datensatzes“ und wird in die „räumliche Genauigkeit“ und die „thematische Genauigkeit“ unterteilt. Räumliche Genauigkeit behandelt demnach den Maßstab oder die Lagegenauigkeit der Daten. Die Genauigkeit und Richtigkeit wird jeweils mit den Kriterien nach räumlichen und thematischen Aspekten bewertet, bei der Richtigkeit zusätzlich mit zeitlichen Aspekten.

Es sind also verschiedene Ansätze zur Beschreibung von Datenqualitätskriterien vorhanden. Die einzelnen Kriterien können nicht 1:1 in ein Kriterium des anderen Modells überführt werden (s. Abb. 4). So ist in der ISO die Lagegenauigkeit als eine eigenständige Kategorie aufgeführt, die die Genauigkeit nach absoluter oder externer bzw. relativer und interner Genauigkeit beurteilt. Nach Lenz & Schukraft ist die Lagegenauigkeit unterteilt in die räumliche Konsistenz, räumliche Genauigkeit und räumliche Richtigkeit. Der Faktor räumliche Konsistenz entspricht dem ISO Kriterium Topologische Konsistenz innerhalb der Kategorie Logische Konsistenz.

Insgesamt erscheinen mir die Kategorien der ISO 19157 logischer aufgebaut, dafür ist die Kategorisierung von Lenz & Schukraft (2005) meiner Meinung nach mit der Aktualität und Unterscheidung zwischen Genauigkeit und Richtigkeit näher an der Praxis orientiert.

2.3.2. Aggregation von Geodaten

Die Datenaggregation ist ein Teilaspekt der Datenanalyse. Die Analyse selbst ist die Zergliederung, Zerlegung und Trennung eines Ganzen in seine Teile. Nach der Definition von (Bill, 2010:439) wird darunter die wissenschaftliche Untersuchung eines Sachverhaltes unter Berücksichtigung seiner Teilaspekte aufgefasst. Nach der Definition steht die Analyse im Gegensatz zur Synthese, allerdings wird gerade bei räumlichen Analysen die Synthese mit einbezogen, da die Analyse-Ergebnisse in der Regel verknüpft und visualisiert werden (Bill, 2010:439).

Die Datenanalyse besteht nach Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH (2014) aus Methoden zur Aufbereitung und Interpretation von Datenmengen. Die Analyse erfolgt quantitativ oder qualitativ. Die quantitative Analyse erfolgt zumeist mit mathematisch-statistischen Verfahren. Ziel der quantitativen Analyse ist die „Beschreibung von Strukturen, die Aufdeckung von Zusammenhängen, die Generierung von Daten (Interpolation) und die Quantifizierung der Unsicherheit.“.

Die Datenanalyse unter räumlichen Aspekten kann sich auf geometrisch-topologische Informationen und Sachdaten als auch auf zeitliche Veränderliche beziehen (Bill, 2010:440). Ralf Bill fasst die Methoden zur Datenanalyse in die folgenden Kategorien (Bill, 2010:443):

Geometrische Methoden („Computational Geometry“, Geometrische Analysen wie Clipping, Punkt im Polygon, Verschneidungen, Zonengenerierung, Triangulationen etc.)

Topologische Methoden (Netzwerkanalysen, Standortplanung etc.)

Statistische Methoden (Univariate- , bivariate- und multivariate Verfahren, Approximation und Interpolation, Geostatistik, Clusteranalyse und Klassifizierung)

Mengenmethoden (Boole'sche Algebra, Fuzzy Mathematik, Relationale Operatoren, Sortier- und Suchverfahren, Umklassifizierung, Aggregation)

Darüber hinaus gibt es komplexere Modelle und systemanalytische Ansätze (Spatial Data Mining, Analyse von DGM, Kartographisches Modellieren, Stochastische Modelle, Kostenoberflächen, Simulationen)

Die Datenaggregation fällt entsprechend Bill (2010:535) unter die Mengenmethoden. Der Begriff fasst demnach mengenmäßige Methoden zusammen, mit denen Daten von kleinräumigen Objekten auf übergeordnete Objekte übertragen werden. Dabei werden diese zumeist in eine neue Form übertragen. Als wesentliches Ziel der Aggregation wird die Attributübertragung auf höhere Hierarchiestufen verstanden. Datenaggregation ist auch eine Methode der Generalisierung (Longley et al., 2005:80). Die Attributdaten der individuellen räumlichen Einheiten können verrechnet werden, um Statistiken der neuen größeren Hierarchiestufe zu berechnen (Bill & Zehner, 2001:5).

Andere Definitionen formulieren den Begriff allgemeiner. Der Duden (2014) definiert Datenaggregation: „(Statistik) Zusammenfassung von Daten nach mathematisch-statistischen Methoden“. Und das Lexikon der Erde (GeoDZ.COM,2013) definiert Datenaggregation als ein „Verfahren zur Verdichtung von Informationen in Datenbanken und Informationssystemen. In der Kartographie werden bei Aggregationen mehrere raumbezogene Attribute, Geoobjekte oder Zeiträume zu übergeordneten Einheiten zusammengefasst. In raumbezogenen Informationssystemen (Geoinformationssysteme) existieren spezielle Verfahren zur Aggregation von Daten durch geometrische Operatoren (raumbezogene Abfragesprache).“

In dem Anwendungsfall der Master Thesis sollen von einer großen Menge an Teilnehmern Daten über Standorte gesammelt werden, die ohne statistische Zusammenstellung oder Bündelung der Daten keine wertvollen Informationen liefern würde. Die gesammelten Daten sollen deshalb anhand zu wählender geographischer Flächen geordnet werden und dem Nutzer aufbereitet zur Verfügung gestellt werden. Der Datenaggregationsprozess soll dabei automatisch erfolgen.

2.4 Mobile Webtechnologien

2.4.1 Native Apps, Web-Apps und Hybrid-Apps

Native Apps sind Softwareanwendungen, die auf ein mobiles Endgerät installiert werden. Sie werden speziell für die verschiedenen Betriebssysteme entwickelt. Diese Apps haben durch die vom Nutzer initiierte erlaubte Installation Zugriff auf die vorhandenen Hardwarefunktionen und Sensoren. Für den Webbrowser sind dagegen Funktionen wie die Kamera oder das Mikrofon aus Sicherheitsgründen nur bedingt einsetzbar (Franke & Ippen, 2013:25).

Web-Apps werden im Browser verwendet. Der Name Web-App setzt sich aus dem Begriff Web und „Application“ zusammen. Die heutzutage eingesetzte Browsertechnologie macht es möglich, dass eine Web-App vom „Look and Feel“ wie eine App funktioniert. Das Layout und die Bedienelemente sind ähnlich wie bei einer Softwareanwendung aufgebaut. Es werden Informationen eingegeben, vom System verarbeitet und das Ergebnis wird zurück geliefert ohne die komplette Webseite neu zu laden.

Web-Apps haben gegenüber Nativen Apps einige Vorteile (Franke & Ippen, 2013:24). Bei Web-Apps ist kein Download notwendig und es muss keine Software auf dem Endgerät installiert werden, da diese nur über den Aufruf des Browsers gestartet werden. Es fallen auch keine lästigen Updates an, da jeweils immer die aktuellste oder passende Version geladen wird. Web-Apps werden direkt vom Server geladen. Sie sind damit unabhängig von der verwendeten Hardware und gelten damit als plattformunabhängig. Es ist nur ein Browser und ein Internetzugang notwendig, so dass das verwendete Betriebssystem (Android, IOS, Windows etc.) keine Rolle spielt.

Nach Franke & Ippen (2013:32) werden auf mobilen Geräten zu 97 % dieselben Browser verwendet. Auf mobilen Geräten ist es damit im Unterschied zu Desktop Systemen, bei denen jeweils die verschiedensten Browser mit zum Teil alten Versionen berücksichtigt werden müssen, nicht notwendig, die Anwendung auf Funktionsfähigkeit in allen Browsern zu testen und zu optimieren. Der Grund liegt in der im mobilen Sektor verwendeten Browsertechnologie, die jeweils dieselbe „WebKit Rendering Engine“ benutzt (Franke & Ippen, 2013:32). Außerdem wird bei den meisten Smartphones heutzutage ein neues Betriebssystem aufgespielt, sobald die Möglichkeit des Updatevorgangs über das Internet besteht. So geht Franke & Ippen (2013:33) davon aus, dass „heute fast alle Smartphones über eine aktuelle OS- und damit über die neueste Browserversion“ verfügen.

Eigene Erfahrungen zeigen allerdings, dass, zumindest unter Android, für die meisten Smartphones die neuesten Betriebssysteme nicht zur Verfügung stehen. So wird in Runder Tisch GIS e.V. (2013:50) angegeben, dass für Web-Apps auf längere Zeit ein hoher Aufwand für die Unterstützung sämtlicher Browser und Plattformen erfolgen muss. Die Browserabhängigkeit führt demnach zu einer Einschränkung der Kompatibilität zu künftigen Entwicklungen und zu einer Einschränkung des Einflusses der App-Entwickler. Auch würde der HTML5-Standard derzeit von einer breiten Masse an Geräten noch nicht vollständig unterstützt (Runder Tisch GIS e.V. 2013:50). Franke & Ippen (2013:32) gehen allerdings davon aus, dass sich die mobilen Browser in den letzten Jahren so rasant entwickelt haben, dass viele Funktionen von HTML5 bereits heute eingesetzt werden können.

Native Apps sind von der Browsertechnologie unabhängig. Sie werden in den jeweiligen App-Stores angeboten und können vom Nutzer jeweils einfach installiert und upgedatet werden. Zudem haben native Apps einen großen Performance Vorteil, der vor allem bei Spielen und 3D Programmen wichtig ist. Auch wirtschaftliche Gründe können dafür sprechen, eine native App über einen App-Store vertreiben zu wollen (Franke & Ippen, 2013:26). Zudem sind Native Apps auch offline nutzbar, was besonders für die Darstellung von Karten- und Navigationsdiensten ein großer Vorteil ist. Dieser Vorteil wird durch die zukünftigen Entwicklungen des Breitband-Internets mit einer größeren Abdeckung und einer höheren Geschwindigkeit allerdings relativiert.

Eine Kombination von nativen Apps und Web-Apps stellen die hybriden Apps dar. Diese bestehen aus einem nativen App Container, der die Hülle für Web-App Anwendungen bildet. Sie verbinden damit die Vorteile aus beiden Welten. Die Marktforschungs- und Beratungsfirma Gartner sieht für Firmen einen ganz klaren Trend in Richtung Hybrid-Apps und geht davon aus, dass bis zum Jahr 2016 mehr als die Hälfte der in Unternehmen eingesetzten Apps eine hybride Architektur besitzen (Cluer, 2013).

Um zu entscheiden, ob man eine native App oder eine Web-App entwickelt, hängt also von den Anforderungen und Zielen ab. Die in der Master Thesis zu entwickelnde Prototyp Participatory Sensing Anwendung greift nur auf die Sensorik des GPS Empfängers zu. Offlineverfügbarkeit, Performance, Design oder strategische Vermarktung sind für die Beantwortung der Master Thesis Fragen unerheblich. Um die Vorteile einer Web-App auszunutzen, wird der Prototyp deshalb als Web-App entwickelt. Damit ist der Weg zu einer Nativen App auch ohne Neuprogrammierung weiterhin vorhanden. So ist z.B. die Konvertierung zu einer Nativen App mit „PhoneGap“ möglich (Franke & Ippen, 2013:437ff.).

2.4.2 HTML5 und CSS3

HTML5 steht als Synonym für ein neues „modernes“ Web. HTML5 ist vom Prinzip eine neue Version des Webstandards. HTML ist eine Auszeichnungssprache und ist die Kurzform für Hypertext Markup Language. HTML5 ist die neuste Version und ermöglicht interaktive und dynamische Webseiten. Während frühere HTML-Webseiten zu Seiten des Web 1.0 statischer Natur waren, sind mit HTML5 dynamische Webseiten möglich. Während früher häufig Adobe Flash eingesetzt wurde, um animierte Webseiten zu erstellen, so kann dies heute weitgehend mit HTML5 und Javascript erreicht werden.

HTML5 integriert auch bereits einige Elemente, die für ein semantisches Web bzw. das Web 3.0 stehen. Mit dem semantischen Web ist ein Web gemeint, das nicht mehr hierarchisch aufgebaut ist, sondern nach seiner inhaltlichen Bedeutung geordnet ist (Franke & Ippen, 2013:41).

Auch CSS ist für die Web-Entwicklung ein mächtiges Werkzeug. CSS ist die Abkürzung für Cascading Style Sheets und wird häufig auch nur Stylesheets genannt. CSS definiert das Aussehen und teilweise auch das Verhalten von Elementen einer HTML Seite. Dahinter steht das wichtige Prinzip der Trennung zwischen Inhalten und Design (Franke & Ippen, 2013:44). Eine CSS Datei wird mit der HTML Datei verknüpft und ist für die visuelle Gestaltung der Webseite verantwortlich, also für die Position, Schriftgröße, Schriftart, Hintergrundfarbe, Höhe und Breite etc.. Die Trennung zwischen Design und Inhalt ist für die Entwicklung und Umsetzung einer Anwendung wichtig, da damit erst eine Flexibilität und Skalierbarkeit geschaffen wird. So können z.B. Designänderungen für alle Seiten wirksam werden und müssen nicht in allen Dateien geändert werden.

2.5 Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen

Im letzten Jahrzehnt haben sich viele neue Forschungsfelder im Bereich GIS und WEB entwickelt. Mit den Errungenschaften des Web 2.0, von VGI, Crowdsourcing, Neogeography etc. sind auch Participatory Sensing Anwendungen mit den verschiedenen Ausprägungen in den Fokus der Forschung gerückt. In diesem Bereich gibt es noch viel Forschungsbedarf zu den Themen Datenqualität und Datenaggregation, deren Grundlagen beschrieben wurden.

Für die Untersuchung der Datenqualität und Datenaggregation soll ein Prototyp für eine Participatory Sensing Anwendung entwickelt werden. Die technischen Möglichkeiten auf mobilen Endgeräten wurden aus diesem Grunde kurz beschrieben. Participatory Sensing Anwendungen sind für „Human as Sensors“ Projekte geradezu prädestiniert, weswegen als Anwendungsfall Themen gewählt wurden, bei denen gerade die Sinneseindrücke und die Wahrnehmung des Menschen eine besondere Rolle spielen und bestehende Forschungsansätze erweitern kann.

3 Participatory Sensing Klassifikation und Projektphasen

3.1 Klassifikation und Kategorisierung

Participatory Sensing Anwendungen wurden im Abschnitt Grundlagen definiert. Um eine Klassifikation von Participatory Anwendungen vorzunehmen, wurden die Kriterien zur Unterscheidung, anhand derer sich Participatory Sensing Anwendungen einordnen und vergleichen lassen, identifiziert.

Für einige Bereiche, in denen Participatory Sensing Anwendungen eingesetzt werden, wird zusätzlich eine Desktop Version angeboten, so dass die Teilnehmer nicht nur auf die Verwendung mobiler Endgeräte beschränkt sind. Für das Thema der Bürgerbeteiligung mit Hilfe einer WebGIS Desktop Anwendung wird auch der Begriff Public Participation GIS (PPGIS) verwendet (s. Kapitel 2.1.5). Im Bereich der Infrastruktur ist es häufig so, dass zunächst die PPGIS Anwendung vorhanden war, die dann auf eine mobile Version erweitert wurde. Es hängt von den Zielen der Initiatoren ab, inwieweit auch eine Desktop Anwendung zur Verfügung gestellt wird. Oft ist es aber auch so, dass aufgrund der technischen Anforderungen an vorhandene Sensoren und der Messanordnung nur mobile Endgeräte in Frage kommen.

Eine Unterscheidung nach Größe und Art der Community und nach der Motivation bzw. nach Anreizsystemen wird nicht durchgeführt.

3.1.1 Kategorisierung nach Nutzungsszenarien

3.1.1.1 (Städtische) Infrastruktur

Für die Verbesserung der städtischen Infrastruktur sind Participatory Sensing Anwendungen bereits vielfach erfolgreich im Einsatz (s. Abecker et al., 2012:241). Mit diesem Angebot wird den Bürgern die Möglichkeit gegeben über ihre Smartphones Mängel oder Verbesserungsvorschläge zu Straßen, Wegen, Grünflächen etc. der Stadt mitzuteilen. Oft können auch Fotos hinzugefügt werden, so dass als Sensordaten die der GPS Empfänger und die Kamera verwendet werden. Die Behörde kann mit diesen Meldungsdaten gezielt die notwendigen Maßnahmen zur Behebung oder Verbesserung durchführen. Davon profitieren gleichermaßen die Bürger und die Stadt. Der Bürger kann auf einfache und schnelle Weise sein Anliegen melden und die Stadt erhält schnelle Informationen über durchzuführende Maßnahmen. Die Stadt bietet damit einen Bürgerservice an,

der zugleich auch Instandhaltungskosten sparen kann. Stellvertretend für die vielen Anwendungen sind an dieser Stelle Klarschiff-HRO, FixMyStreet und KA-Feedback genannt.

Eine Erweiterung des Szenarios stellen Kontrollen durch Mitarbeiter von Kommunalen Einrichtungen oder auch von Privatfirmen dar, die mit herkömmlichen netzwerkfähigen mobilen Endgeräten durchgeführt werden (s. Abecker et al., 2012:241). Dadurch könnte z.B. der Zustand von verteilter Infrastruktur kontrolliert werden (z. B. Gebäude oder Bäume).

3.1.1.2 Umwelt- und Naturschutz

Gerade im Bereich des Umwelt- und Naturschutz gibt es vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für Participatory Sensing. Das reicht von der Erfassung von Pflanzen und Tieren über Informationen über Schädlingsbefall bis hin zum Sammeln von Umweltinformationen.

So erlauben einige Participatory Sensing Anwendungen das Sammeln von Informationen über die Verbreitung von Pflanzen und Tieren. Für Naturschutzeinrichtungen sind insbesondere Informationen über geschützte Tiere und Pflanzen interessant. Mit der App [artenfinder.de](#) können Daten über geschützte Tiere und Pflanzen dokumentiert werden und den Naturschutzeinrichtungen zur Auswertung zur Verfügung gestellt werden.

Bei der Participatory Sensing Anwendung PEIR (Goldman et al., 2009:7ff.) werden die Orts- und Zeitdaten aufgezeichnet, mit denen das System auf die Aktivitäten des Teilnehmers schließt (Wandern, Radfahren, Autofahren, Nahverkehr). Durch Kombination mit Daten der regionalen Luftqualität und Wetterdaten schätzt das System die persönliche Klimabilanz und die Gefährdung durch Feinstaub. Durch die Einschätzung der eigenen Kohlenstoffemissionen im Tagesverlauf kann die persönliche Verhaltensweise auf die Wirkung auf sich selbst und die Umwelt überdacht werden.

Mit dem Projekt EnviroCar (s. Kapitel 5.3) können durch das Sammeln von Sensordaten eines Kraftfahrzeugs wichtige Informationen zum Klimaschutz generiert werden. Die gewonnenen Daten können gleichermaßen für die Verkehrsplanung dienen. An diesem Beispiel kann man sehr gut erkennen, dass die Verwendung von den gesammelten Daten nicht nur auf ein Szenario beschränkt sein muss. Je mehr Sensoren und Informationen gesammelt werden, umso mehr sind diese Daten auch für andere Anwendungsfälle eine mögliche Datenquelle. Das gilt insbesondere für „Citizen Science“ Projekte, wie es auch EnviroCar darstellt.

3.1.1.3 Katastropheneinsatz und -schutz

Der Katastrophenschutz bzw. der Einsatz in Katastrophenfällen ist ein ganz wichtiger Bereich von Participatory Sensing Anwendungen. Einsatzfälle sind z.B. Schäden nach Unwettern, Hochwasser und Erdbeben. Gerade in Katastrophenfällen sind schnelle und genaue Informationen für die Koordination der Hilfseinsätze notwendig. Da die Bevölkerung in dem betroffenen Gebiet mit der Umgebung und den Bedingungen vertraut ist, kann sie durch Mobiltelefone wertvolle Informationen sammeln und liefern. Die Möglichkeit zur weltweiten Verwendung von Mobiltelefonen ist zunehmend vorhanden.

Zum Einsatz kommt dabei oft die Open Source Plattform Ushahidi. Sie hat nicht nur Funktionen zur Verwendung als Participatory Sensing Anwendung. Es können auch Informationen per E-Mail, Social Media oder SMS verwertet werden. Ursprünglich bei den Unruhen 2007 in Kenia eingesetzt, ist die Plattform weiter entwickelt worden und lieferte u.a. bei dem Erdbeben 2009 in Haiti wertvolle Dienste (FAZ.net, 2010). Auch Google Earth ist eine Plattform, mit der wichtige Informationen über das Mobiltelefon und weitere Quellen gesammelt werden können. Bei dem Hochwasser in Dresden konnten auf diese Weise die Einsätze der vielen Helfer koordiniert werden (Google, 2013).

3.1.1.4 Stadt- und Verkehrsplanung

Participatory Sensing Anwendungen in der Stadtplanung stellen den Menschen in den Mittelpunkt der Betrachtungen. Es stehen dabei vor allem die Empfindungen, Emotionen und Sinneseindrücke des Menschen im Fokus. Dadurch können vielfältige neue Informationen gesammelt werden, die planungsrelevante Informationen liefern.

In Exner et al. (2012:693) wird ein psychophysiologisches Monitoring einer EmoMap vorgestellt, das aufgrund veränderter Körperreaktionen Aufschluss über die individuell erfahrenen Emotionen liefern soll. Dabei werden über sogenannte SMART Armbänder die Hauttemperatur und die Hautleitfähigkeit gemessen. Zusätzlich wird der GPS Track aufgezeichnet. Durch die Hauttemperatur und die Hautleitfähigkeit können Rückschlüsse auf eine negativ-emotionale Reaktion bzw. eine Stressreaktion gezogen werden. Auf diese Weise können standortabhängige Emotionen und Empfindungen erfasst werden und für planungsrelevante Aspekte analysiert werden. Durch Einbindung weiterer Sensoren, wie z.B. zur Lärmmessung, lassen sich weitreichende Untersuchungen vorstellen (Exner et al., 2012 :694)

Aber auch ohne ein psychophysiologisches Monitoring ist der Mensch als Messfühler eine Quelle für wichtige Informationen. So wird in Zeile et al. (2010:420) das Projekt Tracking People beschrieben. Hierbei werden erfasste GPS Tracks durch Eingabe von Zusatzinformationen bereichert, um daraus z.B. Analysen zum Einkaufsverhalten oder bzgl. des öffentlichen Nahverkehrs zu generieren. Die Anwendungen mit dem Menschen als Messfühler sind in der Regel noch Forschungsprojekte. Auch Schuster (2013:462) sieht viele Forschungsfragestellungen in diesem Bereich noch wenig bearbeitet, unter anderem auch „die Modellierung von menschlichen Beobachtungen einschließlich deren Unschärfe bzw. Subjektivität und der Verknüpfung dieser Beobachtungen mit Informationen zum Nutzer selbst.“

3.1.1.5 Freizeit

Im Freizeitbereich werden durch Participatory Sensing Anwendungen Informationen geteilt, die dem Nutzer selbst oder anderen Nutzern für die Planung und Durchführung von Freizeitaktivitäten dienen. Das können Informationen über Fahrradtouren und Wandertouren sein und Informationen über interessante Orte für Freizeitaktivitäten.

Mit der App „biketastic“ kann die Qualität einer Route in Bezug auf Sicherheit, Effizienz und Spaß bestimmt werden. Zusätzlich zum GPS Empfänger werden Daten aus Aufzeichnungen von Bildern oder Videos sowie aus den Sensordaten des Mikrofons und des Beschleunigungssensors genutzt. Damit werden umfangreiche Auswertungen durchgeführt, die Indikatoren auf die Rauheit der Fahrbahn oder auf große Fahrzeuge oder Schwerverkehr sein können (Reddy et al., 2010:1ff.).

3.1.1.6 Gesundheit

Auch für das Thema Gesundheit lassen sich Participatory Sensing Anwendungen einsetzen. Eine Möglichkeit ist die Gesundheitsüberwachung durch Sensoren in Smartphones. In Goldman et al. (2009:14) wird eine Gesundheitsüberwachung in der Seniorenbetreuung mit Hilfe von Mobiltelefonen vorgestellt. Nach Goldman et al. können durch die Sensoren, die Rückschlüsse auf die Bewegung der Teilnehmer geben, wichtige Feedbacks zur Aktivität der Teilnehmer generiert werden, die sowohl zu Fragen zur öffentlichen Gesundheit in Beziehung stehen als auch die Menschen ermutigen, eine aktive Rolle in der Erhaltung ihrer Gesundheit zu spielen.

Weitere Einsatzmöglichkeiten sind z.B. die Erfassung und Anzeige von Epidemien oder Infektionskrankheiten (HealthMap 's Outbreaks Near Me) oder Messungen der Luftqualität.

3.1.1.7 Navigation und Verkehrsdaten

Verkehrsdaten wie Informationen über Staus, Baustellen oder Unfälle werden zumeist in Echtzeit benötigt. Durch die Mitwirkung der Menschen vor Ort können solche Daten mit dem Mobiltelefon sehr schnell erfasst werden. Mit der App Waze können solche Informationen von Teilnehmern eingegeben werden und stehen damit der Community in Echtzeit zur Verfügung (Spiegel-Online, 2013). Solche Informationen sind natürlich besonders für die Navigation von Interesse. Aus diesem Grunde hat Google im Juni 2013 das israelische Start-Up Unternehmen gekauft (Spiegel-Online, 2013) und kann nun Synergien zwischen der Nutzung von Waze und Google Maps nutzen.

Auch Participatory Sensing Anwendungen von Fußgängerbarrieren, die durch nutzergenerierte Erfassung von Barrieren beispielsweise für Routenberechnungen für Menschen mit Mobilitätsbehinderung erzeugt werden, fallen unter diesen Punkt (Schuster, 2013:462ff). Solche Daten können natürlich aber auch für die Verbesserung der Infrastruktur hinzugezogen werden.

3.1.1.8 Topographische Daten / OpenStreetMap

Durch GPS besteht für jedermann die Möglichkeit topographische Vermessungen innerhalb der GPS Genauigkeit durchzuführen. Das Projekt Open Street Map (OSM) hat eindrucksvoll bewiesen, dass durch den Einsatz von Vielen Datengrundlagen geschaffen werden können, die bisher nur amtlichen Vermessungsstellen vorbehalten waren. OSM ist keine reine Participatory Sensing Anwendung. OSM wurde anfänglich nur mit GPS Empfängern, die noch nicht in Smartphones bzw. Mobiltelefonen eingebaut waren, aufgebaut und es sind inzwischen auch viele Datenbestände durch Digitalisierung (am Desktop) von freigegebenen Luftbildern entstanden (OSM, 2014). OSM wird aber dennoch im Umfeld von Participatory Sensing genannt (Abecker et al., 2012:241), da die Messungen häufig durch Erfassung durch Smartphones mittels GPS Sensor durchgeführt werden. Zudem kann die Erfassung von topographischen Informationen für andere Projekte von Nutzen sein.

3.1.1.9 Forschungsprojekte und Sonstige

Viele Participatory Sensing Anwendungen sind noch in der Forschungsphase (Abecker et al., 2012:240). Außerdem ist das Spektrum der Einsatzbereiche durchaus noch erweiterbar. So sind Participatory Sensing Anwendungen im Bereich von Kriminalitätsdaten, Journalismus, Tourismus und der Erfassung von Wetterdaten denkbar und auch bereits im Einsatz.

3.1.2 Kategorisierung nach Sensoren

3.1.2.1 Der Mensch als Wissensgeber (Eingabe)

Viele Anwendungen nutzen vor allem die GPS Funktionalität als Sensor. Das ist sozusagen die wichtigste Komponente, denn ohne den Raumbezug der Information wäre diese in der Regel wertlos. Zu dem Raumbezug können vielfältige Informationen gesammelt werden. Ein Aspekt ist das Sammeln von Informationen, in dem der Mensch als Sensor fungiert und mit seiner kontextuellen Intelligenz als Wissensgeber subjektive Informationen über seine Umwelt sammelt und durch Weitergabe und das Teilen der Daten anderen Nutzern vielfältige Informationen liefert. Das sind z.B. Informationen über Mängel an der Infrastruktur, Informationen über Staus, Wetter und dergleichen.

3.1.2.2 Der „Mensch als Messfühler“ (Eingabe)

Der Mensch kann aber genauso gut als Informationsgeber über Empfindungen und Emotionen dienen. Diese Art der Information ist somit nicht objektiv überprüfbar und beweisbar, so wie es z.B. bei Informationen über Mängel an der Infrastruktur gegeben ist. Bei den Mängelmeldern könnte ein anderer Nutzer die Information nachprüfen und solche Informationen sind z.B. durch Fotos zu beweisen. Empfindungen und Emotionen des Menschen in Bezug zu der lokalen Umgebung sind im Allgemeinen nur validierbar, wenn eine große Menge an Daten vorhanden ist und diese durch Aggregation, Analyse und Visualisierung weiterverarbeitet werden.

3.1.2.3 Der „Mensch als Messfühler“ (Sensorbasiert)

Die Untersuchung des Menschen und seiner Empfindungen rückt immer mehr in den Fokus, so dass man versucht, diese Informationen auch sensorbasiert zu erhalten. In dem Nutzungsszenario der Stadt- und Verkehrsplanung wurde beschrieben, wie über sogenannte SMART Armbänder die Hauttemperatur und die Hautleitfähigkeit gemessen wird und zusammen mit den GPS Aufzeichnungen ausgewertet werden kann (Exner et al., 2012:693).

3.1.2.4 Interne Smartphone Sensoren

Smartphones werden mit immer weiteren Sensoren ausgestattet. Damit werden Smartphones bzw. mobile Endgeräte auch zunehmend zu wandelnden Sensorknoten und bilden die Basis für alle Anwendungen von Participatory Sensing. Der wichtigste Sensor ist der GPS Empfänger. Wie in den vielen Anwendungsbereichen aufgezeigt, reichen die weiteren verwendeten Sensoren von der Kamera und dem Mikrofon über ein Gyroskop bis zum Barometer.

3.1.2.5 Externe Sensoren

Durch Verwendung von externen Sensoren an einem Smartphone lassen sich die Möglichkeiten von Participatory Sensing vielfältig erweitern. Mit dem Projekt EnviroCar werden z.B. die Fahrzeugdaten ausgelesen (s Kapitel 5.3). Es sind auch Anwendungen zur Messung der Wasserqualität möglich (Goldman, 2009:4).

3.1.2.6 Kombination von Sensoren

In vielen Fällen bietet es sich an, eine Kombination von Sensoren zu verwenden. So kann in den Anwendungen, bei denen der Mensch als Sensor von Wissen, Empfindungen oder Emotionen fungiert, der Zusammenhang mit Umgebungseinflüssen, die durch Verwendung weiterer Sensoren bestimmt werden, weitere wissenschaftliche Erkenntnisse bringen. Auch bei den Anwendungen, die nur auf technische Sensoren zurückgreifen, ist der Mensch bei Participatory Sensing Anwendungen im Gegensatz zur Verwendung von Opportunistic Sensing Anwendungen immer aktiv an der Messung beteiligt (s. Kapitel 2.1.5).

3.1.3 Kategorisierung nach Datenart

Geodaten aus Participatory Sensing Anwendungen sind Punkte, Linien oder Flächen. 3D Daten sind im Umfeld von Participatory Sensing bisher noch kein Thema. Jede Geometrie hat ihre besonderen Eigenschaften und ihre zu beschreibenden Topologieregeln. Zudem können die erforderlichen Daten Aktualisierungen oder Prüfungen von vorhandenen Daten betreffen (Abecker et al., 2012:242). Damit müssen jeweils auch verschiedene Qualitätskriterien angewendet werden.

3.1.4 Kategorisierung nach der Dateninformation

Als wichtiger für die Kategorisierung sehe ich die die Bedeutung der Information an, da diese unabhängig von der Geometrie Rückschlüsse auf den Einsatz und den Aufbau einer Participatory Sensing Anwendung hat. Je nach Informationsart hat das auch Einfluss auf die Datenqualitätsmaßnahmen und die Verwendung von Datenaggregationsverfahren.

In einem Mängelmelder stellt eine Punktgeometrie in der Regel eine einzelne Information dar, die eine in sich geschlossene Information beinhaltet und in keinem Zusammenhang mit anderen erfassten Punktobjekten steht. Diese Betrachtung ist unabhängig davon, dass auch bei diesen Informationen die gesamte Anwendung nur sinnvoll eingesetzt werden kann, wenn viele Menschen mitmachen. Auch in anderen Nutzungsszenarien kann die einzelne Information des

„Sensors Mensch“ anderen Nutzern oder Teilnehmern wertvolle Informationen geben (z.B. Staumeldung, „Location based Services“).

Zumeist bringen die Sensormessungen aber erst durch Auswertung vieler gesammelten Daten wichtige Erkenntnisse. Aber nicht nur bei Sensormessungen, auch bei dem Mensch als Sensor, vor allem wenn es um Empfindungen und Emotionen geht, sind zumeist erst durch Auswertung der Daten mit in Beziehung stehenden Daten oder mit anderen erfassten Daten gleicher Struktur verwertbare Informationen generiert. Aussagekräftige Informationen erhält man dann erst, wenn Daten von vielen Nutzern zusammen ausgewertet werden. So können die Daten untereinander in Beziehung stehen und wie bei OSM nur durch gemeinsame Verwendung einen Zweck ergeben. Oder die Daten sind erst durch Aggregation verwertbar, so z.B. bei dem Sammeln von Emotionen und Empfindungen, die zwar bereits eine einzelne Information darstellen, für aussagekräftige Aussagen aber erst durch Aggregation vieler Informationen analysiert werden. So z.B. bei dem Sammeln von Informationen bzgl. des Klima- und Umweltschutzes (EnviroCar).

Die Einteilung von Participatory Sensing erfolgt deshalb jeweils für die verschiedenen Geometrien in Einzelinformation und kollektive Information, wobei die kollektive Information in „in Beziehung stehende“ Daten und „Aggregierte Daten“ unterschieden wird.

3.1.5 Kategorisierung nach Projektdauer, Datensammlern, Räumliche Abgrenzung und Zielgruppen

Participatory Sensing Anwendungen können für einen bestimmten Zeitraum, für eine periodische Verwendung oder für unbegrenzte Zeit ausgelegt sein. Je nach Projektziel kann dies einen entscheidenden Einfluss auf das Anlegen des Projektes haben. In der großen Menge der Participatory Sensing Anwendungen sind diese zeitlich begrenzt.

Als Datensammler fungiert oft die „allgemeine Öffentlichkeit“, die Teilnehmer können aber bereits bei Projektbeginn oder während des Projektes bekannt sein. Auch kann ein formal definierter Zusammenhang zum Organisator (Mitarbeiter, registrierte Ehrenamtliche) bestehen (Abecker et al., 2010:242).

Eine Unterscheidung nach anonymen oder authentifizierten Teilnehmern, nach der Motivation und nach Anreizsystemen bzw. nach Größe und Art der Community wird nicht durchgeführt. Diese Faktoren sind in der Koordination und Organisation und für die Datenqualität der Anwendung ein Kriterium. Sie sind demnach abhängig von den aufgestellten Kategorien.

Da die geforderte Datenqualität auch von den Zielgruppen abhängt, werden diese für die Kategorisierung hinzugenommen. Teilweise sind die Zielgruppen auch durch die Nutzungsszenarien vorgegeben. Als Zielgruppen werden Behörden und Institutionen, kommerzielle Firmen, eine in sich geschlossene Community und die allgemeine Öffentlichkeit identifiziert.

3.1.6 Zusammenfassung Klassifikation von Participatory Sensing

Die Klassifikation und Kategorisierung wurde in folgender Abbildung Nr.5 zusammengefasst.

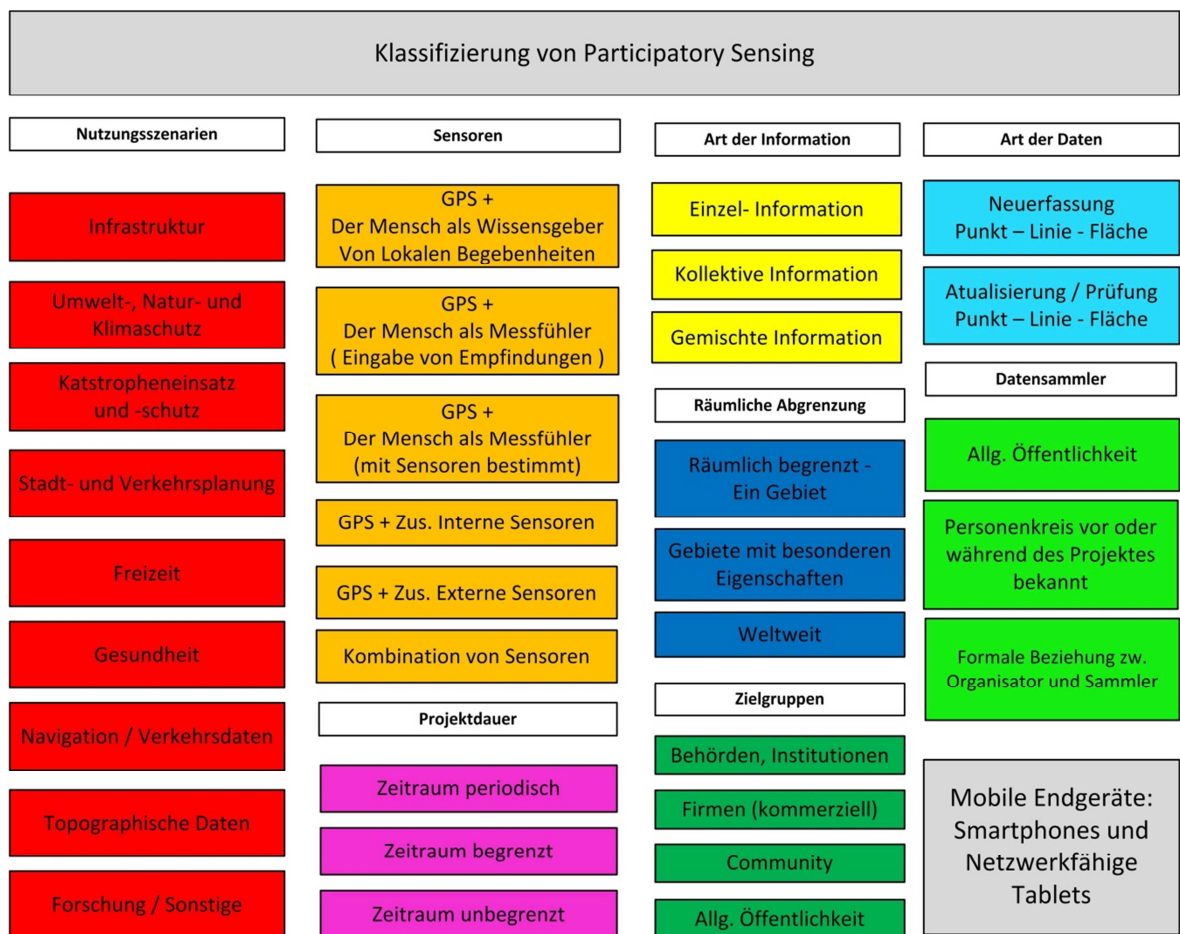


Abb. 5 : Klassifikation und Kategorisierung von Participatory Sensing Anwendungen (Eigene Abbildung)

3.2 Projektphasen von Participatory Sensing

Trotz der vielfältigen Unterschiede in den Nutzungsszenarien und der Art der Partizipation sind die grundlegenden Entwicklungs- und Erfassungsprozesse jeweils ähnlich aufgebaut. Nach Goldman et al. (2009:6ff.) sind das die Schritte Koordination, Erfassung, Transfer, Speicherung, Zugriff, Analyse, Feedback und Visualisierung (coordination, capture, transfer, storage, access, analysis, feedback and visualization). Die einzelnen Schritte sind jeweils durch entsprechende Technologie begleitet. Die Schritte werden im Hinblick auf die folgende Einordnung von Qualitätsmaßnahmen und die Prozesse zur Datenaggregation nach Goldman et al. (2009:6ff.) beschrieben:

Die Koordination und Organisation besteht aus der Motivation von Teilnehmern und der Kommunikation mit den Teilnehmern. Die Koordination beschreibt die Erfassungsmethoden und gibt den Teilnehmern die notwendige Orientierung. Die Kommunikation kann über bestehende soziale Netzwerke oder weitere Kommunikationsformen, auch Face-to-Face Treffen, unterstützt werden (Goldman et al., 2009:6).

Die Erfassung von Daten erfolgt mit einem mobilen Endgerät. Die Standardfunktionen des Mobilgerätes können dabei durch zusätzliche Softwareapplikationen oder zusätzliche Sensoren erweitert werden. Der Transfer der Daten erfolgt über drahtlose Netzwerke. Je nach Vorgehensweise und Zweck eines Projektes kann auch ein späterer Upload über WLAN oder Netzwerk erfolgen. Die Speicherung erfolgt in einer Datenbank auf bereit gestellten Servern, die privater Natur sein können oder gehostete Speicherdienste sein können. Die Daten können zur gemeinsamen Nutzung zur Verfügung gestellt werden (Goldman et al., 2009:6).

Der Zugriff beinhaltet den Zugang zu den Daten. Hierbei sind die Datensicherheit und der Datenschutz ein wichtiges Thema. Die Regeln für den Zugriff müssen sich an gesetzliche Vorschriften halten und müssen von den Projektorganisatoren und Teilnehmern beachtet werden. Es ist daher wichtig, dass die Teilnehmer selbst bestimmen können, welche Art von Informationen und mit wem geteilt werden soll (Goldman et al., 2009:6f.).

Die Analyse beinhaltet vielfältige Analysemethoden. Die Datenverarbeitung reicht von der Aggregation bis zur statistischen Analyse von Daten. Weitergehende Analysen klassifizieren z.B. die Werte der Teilnehmer, Bilder oder Daten werden bereinigt oder es werden statistische Analysen durchgeführt (Goldman et al., 2009:7).

Ein Feedback kann innerhalb eines Participatory Sensing Projektes notwendig werden, wenn bestimmte Aktionen nur bei bestimmten Situationen gewünscht sind. Wenn sich eine Person an einem festgelegten Ort befindet, soll das System eine Nachricht für die Person geben, um z.B. ein Bild zu erzeugen (Goldman et al., 2009:7).

Die Visualisierung ist der Schritt, in dem die Daten in einem lesbaren Format an die Teilnehmer oder Projektträger zur Ergebnisdarstellung weiter geleitet werden. Wie wirksam ein Projekt ist, hängt auch davon ab, wie gut die Ergebnisse von der Zielgruppe verstanden werden. In Participatory Sensing Anwendungen sollten deshalb alle Methoden zur Kartierung, Grafik und Animation ausgeschöpft werden (GOLDMAN et al., 2009:7).

Für die weitere Beurteilung der Datenqualität und Datenaggregation werden die Prozesse in die 5 Bereiche der Abb. 6 aufgeteilt, aufgrund derer die Datenqualität und Datenaggregation in den folgenden Kapiteln untersucht werden. Dabei sind die oben beschriebenen Phasen Erfassung, Transfer und Speicherung zu dem Bereich Erfassung und Weitergabe zusammengefasst worden. Der Zugriff und die Datenanalyse sind im Prozess Datenanalyse enthalten. Die Koordination und Organisation sowie die Kommunikation und Feedback sind in die Bereiche „Koordination und Management“ sowie „Kommunikation und Motivation“ aufgeteilt.

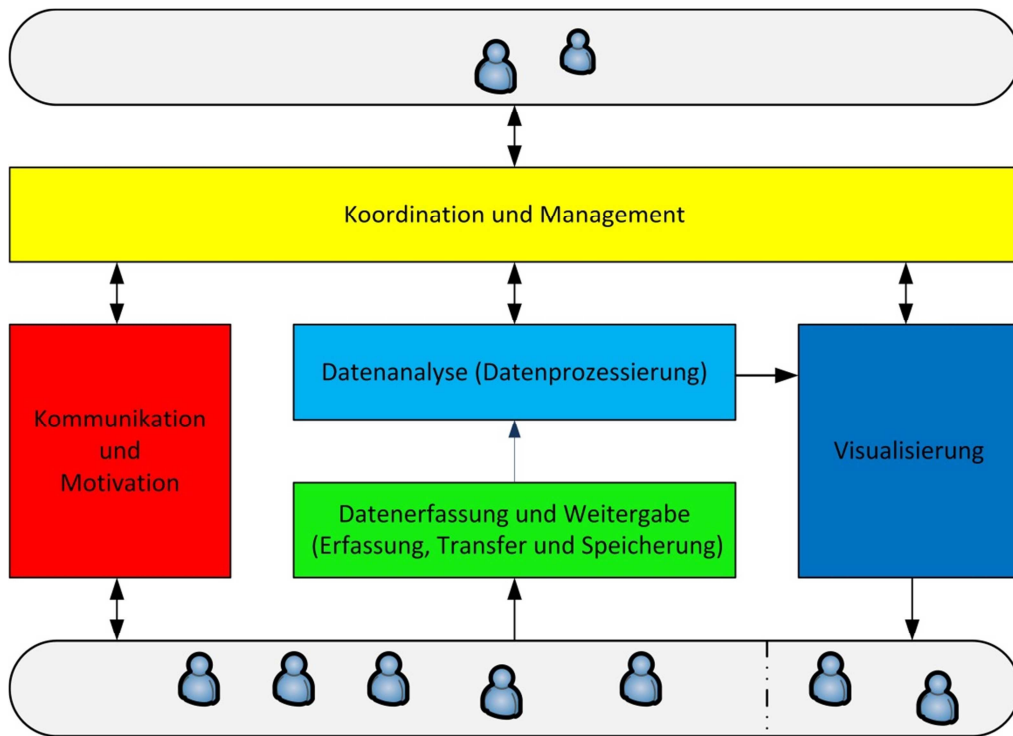


Abb. 6: Participatory Sensing Projektphasen als Untersuchungsbereiche für die Datenqualität und Datenaggregation.

4 Qualitätssicherung und Datenaggregation in Participatory Sensing

4.1 Methoden zur Qualitätssicherung von Participatory Sensing

Seit dem Aufkommen von Crowdsourcing Anwendungen und von Volunteered Geographic Information ist die Qualität der Daten ein wichtiges Thema. Aufgrund der Teilnehmerstruktur ist in der Regel eine geringere Qualität der Daten zu erwarten und es sind mitunter auch irreführende bzw. falsche Daten möglich. Bei Participatory Sensing Anwendungen ist das gleichermaßen der Fall. Abecker et al. (2012:248) hat die Datenqualität und Datenaggregation als weiteres Forschungsthema definiert. Bei den vorhandenen Publikationen und Prototypen wird die Datenqualität berücksichtigt, zumeist aber auf den Prototyp oder einzelne Aspekte umgesetzt. Es wurden deswegen anhand der im vorigen Kapitel aufgestellten Projektphasen Kriterien für die Erhaltung und Verbesserung der Datenqualität aufgestellt, die anschließend evaluiert werden.

4.1.1 Koordination und Management

Abecker et al. (2012:246) empfiehlt Participatory Sensing Anwendungen mit registrierten Nutzern durchzuführen. Gerade ohne Authentifizierung ist die Versuchung für vorsätzliche und versehentliche Falschmeldungen besonders hoch. Durch eine Registrierung von Nutzern und einer Kennzeichnung der erfassten Daten können die Daten jeweils einem Nutzer zugeordnet werden. Dies hat auch den Vorteil, dass durch Auswertung erfolgter Meldungen oder Erfassungsdaten Rückschlüsse auf die zukünftige Qualität der Daten prognostiziert werden kann. Die Bewertung der Qualität von gesammelten Daten kann in diesem Fall auch von der Community bzw. von den Teilnehmern selbst erfolgen, deren Bewertung damit für eine Qualitätsaussage berücksichtigt werden können.

Yang et al. (2011:196) sieht „Reputation Management“ als einen guten Ansatz zur Verbesserung der Datenqualität. „The concept of reputation management is relatively new to the majority of participatory sensing“ (Yang et al., 2011:191). Mit dem „Reputation Management“ erhalten die Organisatoren und Datenanalysten des Participatory Sensing Projektes wichtige Informationen, wie die gesammelten Daten klassifiziert und im Hinblick auf ihre Qualität bewertet werden können. Mit diesen Informationen ist die Qualität der Participatory Sensing Daten in einem ständigen Prozess der Verbesserung.

Vergleichbar ist dieses Verfahren mit einer von dreien in Joos (2000:60) beschriebenen Methoden zur Einhaltung von Qualitätszielen. Diese Methode sieht das Qualitätsmanagement als ein organisatorisches Mittel an, das „vor allem die Leitung einer Institution anspricht und Richtlinien zur Führung von Mitarbeitern gibt, indem Arbeitsabläufe vollständig dokumentiert und deren Einhaltung ständig kontrolliert wird.“

Das Modell von Yang et al. (2011:193) leitet Vorschläge und Empfehlungen aus dem bisherigen Verhalten der Teilnehmer ab, es ist in Abb. 7 mit den einzelnen Komponenten aufgeführt. Es kann die Gefahr von unehrlichen oder manipulativem Verhalten minimieren und schützt Systeme vor möglichen Betrug und Missbrauch. Das Modell beinhaltet indirekte und direkte Maßnahmen für die Klassifizierung der Vertrauenswürdigkeit der Teilnehmer.

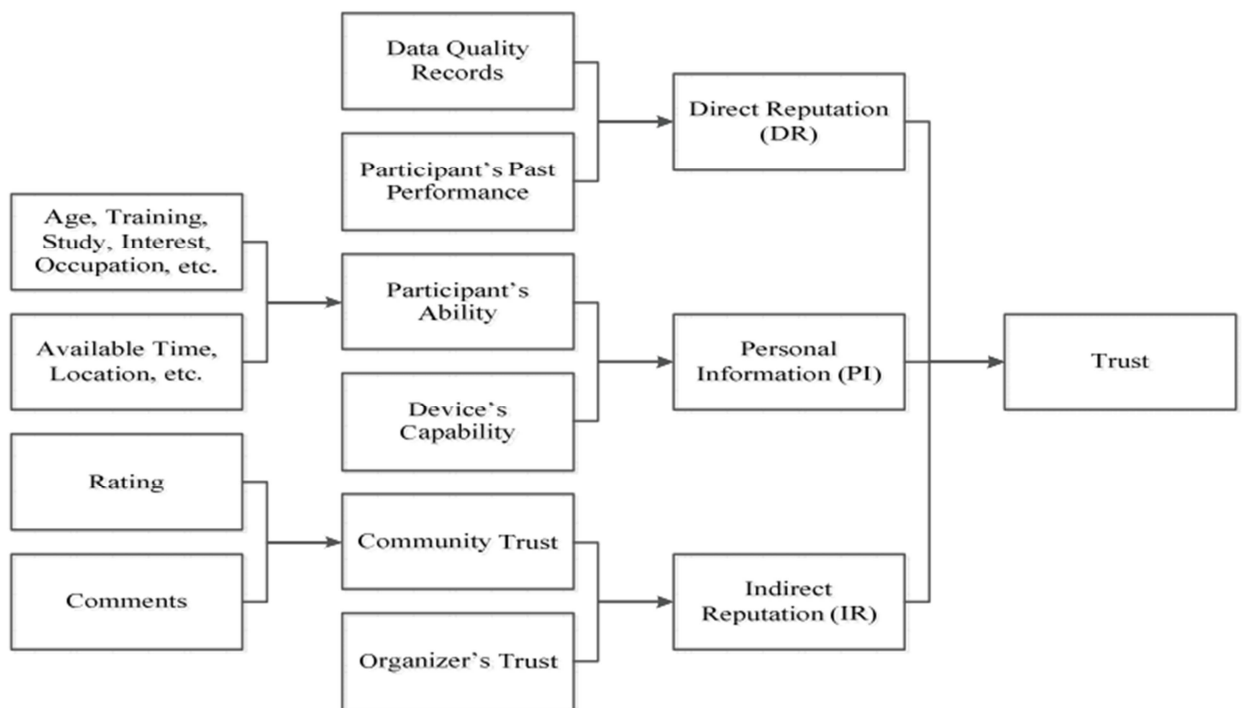


Abb. 7: Reputation Management nach Yang et al. (2011:193)

Ein Punkt des „Reputation Management“ ist nach Yang et al. (2011:193) die indirekte Reputation. Diese erfasst die Bewertung der Nutzer anhand der Beurteilung durch die Organisatoren oder durch die Beurteilung oder Meinung der Community. Die indirekte Reputation ist ein subjektiver Eindruck und kann durch alle Beteiligten erfolgen. Damit lassen sich Rückschlüsse auf die Vertrauenswürdigkeit der Teilnehmer und damit indirekt auf die Qualität der Daten erschließen.

Persönliche Informationen über die Teilnehmer liefern gleichermaßen auswertbare Informationen (Yang et al., 2011:193). Persönliche Informationen der Teilnehmer können je nach Thema der Participatory Sensing Anwendung Hinweise zu der Genauigkeit der Daten geben (Art des mobile

Gerätes, Vorbildung) oder können Rückschlüsse für die Motivation der Teilnehmer geben (Alter, persönliche Interessen). Generell sind bei der Erfassung und Speicherung von Nutzerdaten der Datenschutz und die Datensicherheit ein wichtiger Punkt.

Bei der direkten Reputation handelt es sich um objektive Aussagen über die bisherige Datenqualität der Teilnehmer (Yang et al., 2011:193). Dafür müssen direkte Auswertungen der Datenqualität erfolgen, die aus den bisherigen Aufzeichnungen zur Datenqualität und der historischen Performance der Teilnehmer stammt. Diese Qualitätsinformationen sind ein hoher Gradmesser, da dabei objektive Kriterien verwendet werden. Die objektive Beurteilung und Messung von Qualität in Participatory Sensing ist allerdings schwierig. Die Bestimmung der Genauigkeit der erhobenen Daten ist eine Herausforderung, weil die Genauigkeit der Daten eine Referenz der gesammelten Daten zu der maßgeblichen Quelle benötigt. Yang et al. (2011:192ff.) geben einige Ansätze zur Messung und zur Genauigkeit der Daten.

Yang et al. (2011:194) schlagen vor, die Maßnahmen des Reputation Management vor der Durchführung der Kampagne durchzuführen, um den Aufwand zur Prüfung und Korrektur der gesammelten Daten zu reduzieren. So kann schon vor der Sammelaktion überprüft werden, inwieweit die Teilnehmer die Qualitätskriterien einhalten können. Durch Datenqualitätsauswertungen können die Initiatoren objektive Informationen über die Datenqualität erhalten und dementsprechend Maßnahmen ergreifen.

Mit der Reputation eines Teilnehmers können die Kriterien der ISO 19157 in Bezug auf die erhaltenen Daten untersucht werden. Ein Reputationsmanagement bzw. die Auswertung der oben beschriebenen Möglichkeiten zeigt, ob ein Teilnehmer eine genaue oder eine vollständige Erfassung erreicht, das gilt sowohl für eine räumliche Vollständigkeit (soweit messbar) und eine thematische Vollständigkeit (z.B. Erfassung aller Attribute). Inwieweit die Kriterien untersucht werden können, hängt von den zur Verfügung stehenden Messdaten und der Messanordnung ab.

4.1.2 Kommunikation und Motivation

Datenqualität kann nicht unabhängig von der Verwendung der Daten beurteilt werden. Ohne Nutzer von Daten haben diese keinen tatsächlichen Wert und keine Qualität (Yang et al. 2011:192). Erst wenn die Daten durch den Menschen genutzt werden, um damit nach den persönlichen Anforderungen etwas Sinnvolles zu tun, ist die Datenqualität als möglicher Wert realisiert. In Participatory Sensing sind die Anforderungen an die Datenqualität von den Organisatoren und Analysten festgelegt. Basierend auf den Projektanforderungen ist es ihre Aufgabe, evtl. in Kommunikation mit separaten Zielgruppen, die Qualitätskriterien und

entsprechende Metriken festzulegen (Yang et al., 2011:192). Daher kann die Beurteilung der Qualität hier auch eine subjektive Einschätzung sein, wenn nicht quantitative Kennzahlen vorhanden sind, die Grundlage von objektiven qualitativen Bewertungen sind. Die aufgestellten Qualitätsregeln sind den Teilnehmern mitzuteilen, die Kommunikation mit den Teilnehmern ist damit auch eine Komponente der zu erwartenden Qualität.

Dass ein Reputation Management ein gutes Instrument zur Bewahrung der Datenqualität darstellt, wurde bereits angeführt. Aber auch ohne Registrierung tragen einige Instrumente zur Qualitätssteigerung bei, die in der Verantwortung des Teilnehmers liegen. So ist es von Vorteil den Datensammlern eine gute Beschreibung der Ziele der Participatory Sensing Anwendung zu geben (Yang et al., 2011:193). Auch die sensiblen fehleranfälligen Messungen bzw. Messungsanordnungen sollten beschrieben sein (Anleitungen, Beschreibungen) sowie ein Feedback möglich sein, um die Qualität zu verbessern (Yang et al., 2011:192).

In den letzten Jahren hat sich auch die Beurteilung durch die Stimmabgabe einer Vielzahl von „Social Community“ Mitglieder etabliert. In diesen Fällen kann es allerdings auch zu Diskrepanzen in der Bewertung zwischen Initiator und Teilnehmer kommen (Yang et al., 2011:192).

Participatory Sensing Anwendungen leben in der Regel von der Motivation der Teilnehmer, die die Daten auf freiwilliger Basis erfassen. Gerade die Motivation hat großen Einfluss darauf, wie gewissenhaft und genau die Erfassung der Daten erfolgt. Die Motivation spielt aber nicht die einzige Rolle. Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist die gesamte Reputation eines Teilnehmers für die Datenqualität verantwortlich. Diese wichtige Eigenschaft hat Einfluss auf alle Kriterien der ISO 19157. So kann eine gewissenhafte Ermittlung der Daten Einfluss auf jedes Kriterium aus Vollständigkeit, Konsistenz und den 3 Genauigkeitskriterien haben.

In Bezug auf die Vollständigkeit ist der Teilnehmer, der motiviert an dem Projekt mitwirkt, bemüht eine vollständige Erfassung zu erreichen, das gilt sowohl für eine räumliche und eine thematische Vollständigkeit (z.B. Erfassung aller Attribute). Der Teilnehmer wird in diesem Fall auch auf die richtige Erfassung der Daten achten. Das heißt, er erfasst die Daten entsprechend der aufgestellten Qualitätskriterien oder Beschreibung der Messanordnung, was die Voraussetzungen für die logische Konsistenz, die thematische Genauigkeit, die Lagegenauigkeit und die zeitliche Genauigkeit sind.

4.1.3 Datenerfassung und Weitergabe

Zwei wesentliche Faktoren sind bei Participatory Sensing Anwendungen für die Genauigkeit der Daten verantwortlich. Das ist der Teilnehmer, der die Daten erfasst, und das sind die mobilen Geräte, mit der die Sensordaten ermittelt werden (Yang et al., 2011:193). Zur Fehlervermeidung ist es sinnvoll, bereits bei der Eingabe oder Erfassung der Daten Maßnahmen zu entwickeln, die Fehler möglichst ausschließen. Um den Teilnehmer für die Erfassung der Daten zu qualifizieren sind bereits einige Maßnahmen aus der Reputation und Kommunikation beschrieben worden (Motivationsanreize, Qualitätsregeln, Anleitungen etc.). Sofern diese verwendet werden, müssen diese auch technisch implementiert sein (vgl. Yang et al., 2011:191). Generell sollte die Anwendung soweit möglich einfach und intuitiv bedienbar sein. Auch eine einfache und intuitive Bedienung dient der Datenqualität.

Vor der Speicherung der erfassten Daten können diese auf Konsistenzregeln und Genauigkeit geprüft werden. Minimale Prüfungen sind die Prüfung auf Formatkonsistenz und den richtigen Wertebereich. Im Regelfall wird man dabei auf Prüfungen innerhalb der neu erfassten Daten zugreifen. Sind diese nur mit in der Datenbank vorhandenen Daten zu analysieren, bieten sich vor der Speicherung auch Prüfungen gegenüber der Datenbank an.

Generell sind Daten, die automatisiert erfasst werden können, automatisch zu erfassen (z.B. das Datum und die Zeit, GPS Genauigkeit). Es ist auch sinnvoll, weitere Informationen automatisiert zu erfassen, um diese in späteren Analysen verwenden zu können. Wenn Informationen über Sensoren vorhanden sind (Genauigkeit, Art, Version etc.), so sollten diese nicht nur bei der Erfassung ausgewertet werden, sondern auch für spätere Analysen unter Berücksichtigung des Datenschutzes mit gespeichert werden.

Die in Smartphones und Tablets vorhandenen Sensoren sind keinesfalls immer präzise. Es ist auch auf der technischen Seite eine große Herausforderung, fehlerhafte Sensordaten heraus zu filtern. Es wäre denkbar, eine Auswahl der Sensoren zu treffen, so dass nur die Sensoren mit einer genügenden Qualität zum Einsatz kämen (Yang et al., 2011:193). Um feststellen zu können, welche Genauigkeit die verwendeten Sensoren haben, ist es wichtig, Informationen, wie z.B. die Genauigkeit, über die vorhandenen Sensoren zu erhalten, um eine Beurteilung der Qualität dieser Sensoren vornehmen zu können. Ein Teilnehmer kann diese Informationen durch Eingabe von Sensorinformationen, wie Produkt, Version oder Eigenschaften durchführen. Besser ist eine automatische Ermittlung der Sensoreigenschaften, sofern dies möglich. Dafür wären z.B.

Datenblätter über Smartphones mit den genauen Sensordaten hilfreich. Dann reicht im Regelfall auch schon die Angabe des verwendeten Mobilgerätes.

Eine Möglichkeit der Qualitätsverbesserung ist die Kalibrierung der Sensoren vor der Messung. Ähnlich wie in Reddy et al. (2010:2), wo für die Anwendung „biketastic“ der Beschleunigungssensor kalibriert wird. Für die Prüfung der Sensoren kann auch die Auswertung mehrerer Sensoren die Qualität vergrößern. So kann die gleichzeitige Verwendung des Beschleunigungssensors oder eines Gyroskops und des GPS Empfänger wichtige Informationen liefern.

Die Prüfung der Qualitätskriterien der ISO 19157 kann nach thematischer Vollständigkeit (alle Attribut-Werte vorhanden?), logischer Konsistenz (stimmt die Konsistenz der Eingabewerte und Sensordaten?), Lagegenauigkeit (ist die Lagegenauigkeit des GPS Gerätes ausreichend?), thematische Genauigkeit (stimmen die Klassifikation, nicht-quantitativen und quantitativen Attribute), zeitliche Genauigkeit (wenn keine Echtzeiterfassung, ist ein gültiges Datum vorhanden?) durchgeführt werden.

4.1.4 Datenanalyse und Datenprozessierung

Datenqualität zu managen erfordert Datenprozessierung und eine regelmäßige Durchsicht der Daten (Yang et al., 2011: 192). Die Datenanalyse und Datenprozessierung befasst sich mit den vorliegenden Daten. An dieser Stelle kann nicht mehr in den Prozess der Erfassung bzw. Messanordnung eingegriffen werden, es können also auch keine originären Sensordaten und Angaben von Sensorgenauigkeiten ausgewertet werden, wenn diese nicht gespeichert werden. Aus diesem Grunde wurde bei der Phase „Erfassung und Weitergabe“ bereits die Erfassung und Speicherung von Qualitätsinformationen als ein Aspekt aufgeführt.

Joos (2000:60) schlägt 3 Methoden zur Einhaltung von Qualitätszielen vor. Die 1. Methode ist das Qualitätsmanagement. Diese ist mit den behandelten Maßnahmen zur Organisation und Koordination sowie zur Kommunikation und Motivation von Participatory Sensing Anwendungen vergleichbar. Als 2. Methode gibt Joos die Konsistenzprüfung an. Dies ist in der Regel eine softwaretechnische Maßnahme zur Einhaltung des Qualitätskriteriums der Konsistenz. Diese Methode wird in einem GIS vielfach eingesetzt und ist besonders effektiv, weil alle Objekte eines Datenbestandes automatisch geprüft werden können. Diese Prüfungen werden möglichst auch bereits bei der „Erfassung und Weitergabe“ durchgeführt.

Als 3. Methode wird die statistische Qualitätskontrolle angesehen (Joos, 2000:60). Mit dieser Methode wird durch statistische Auswertung von Stichproben auf die Qualität der gesamten Einheit geschlossen. In Participatory Sensing sind statistische Auswertemethoden häufig Interpolationsverfahren.

4.1.5 Visualisierung

Die Visualisierung dient als erstes der Darstellung der Ergebnisse. Sie kann aber genauso gut als Grundlage für visuelle Überprüfungen dienen. Vor allem eine Prüfung auf räumliche Vollständigkeit ist sinnvoll, da diese häufig automatisiert nicht durchführbar ist. Durch eine Visualisierung kann aber genauso gut angezeigt werden, wo Fehler und Ungenauigkeiten vorhanden sind, wenn diese in der Datenanalyse festgestellt werden konnten. Damit haben die Teilnehmer die Möglichkeit, diese Daten zu bereinigen.

Bei der Visualisierung ist zu beachten, dass die Visualisierung durch den Menschen unterschiedlich wahrgenommen wird und diese durch persönliche Präferenzen und technische Fähigkeiten beeinflusst ist (Zeile et al., 2010:424).

4.1.6 Zusammenfassung

Die Kriterien zur Qualitätsverbesserung sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Verfahren zur Qualitätssicherung in Participatory Sensing Anwendungen (Eigene Darstellung)

Verfahren zur Qualitätssicherung von Participatory Sensing-Anwendungen	
Koordination und Management	„Reputation Management“ als Gesamtprozess (u.a. vor der Sammelphase)
	Registrierung / Authentifizierung
	Auswertung von persönlichen Informationen des Teilnehmers
	Auswertung der Datenqualität eines Teilnehmers
	Auswertung von Bewertungen (Community + Organisation)
Kommunikation und Motivation	Zusätzliche Motivation und Anreizsysteme
	Anleitung und Beschreibung
	Dokumentation von Qualitätsregeln + Qualitätskriterien
	Kommunikation und Feedback
	Stimmabgaben / Bewertungen durch die Community
Datenerfassung und Weitergabe	Einfache und intuitive Bedienung
	Datenprüfung / Plausibilitätskontrolle der Eingangsdaten

I Allgemein	Datenprüfung / Validierung gegenüber Datenbank
	Vorgegebene Routinen und Auswahlmöglichkeiten
	(Automatisierte) Erfassung und Speicherung von Qualitätsinformationen
Datenerfassung und Weitergabe II Sensoren	Sensoreigenschaften ermitteln (Durch Eingabe, automatisiert, über Datenblätter)
	Sensorauswahl oder Filterung
	Redundanz durch Auswertung mehrerer Sensoren
	Sensorkalibrierungen
Datenanalyse	Konsistenzprüfungen
	Statistische Qualitätskontrolle
	Spezielle Visuelle Prüfungen
Visualisierung	Visualisierung und Hervorhebung von Fehlern, Ungenauigkeit und Unvollständigkeit

4.2 Datenaggregation in Participatory Sensing

Im Kapitel 2.3.2 wurde der Begriff Datenaggregation definiert. Als wesentliches Ziel der Aggregation wird die Attributübertragung auf höhere Hierarchiestufen verstanden (Bill, 2010:535). Vor allem für diejenigen Participatory Sensing Anwendungen, in denen eine Vielzahl von Informationen von der „Crowd“ gesammelt werden, sind Verfahren zur Verdichtung von Informationen in Datenbanken und Informationssystemen sinnvoll, was der Definition von Datenaggregation nach GeoDZ.COM (2013) entspricht.

Die Datenaggregation ist eine Methode aus der Datenanalyse und wird dadurch bei Participatory Sensing Anwendungen zumeist auch in der Projektphase der Datenanalyse entsprechend der Einteilung in Abb.6 eingesetzt. So sehen Goldman et al. (2009:7) die Datenanalyse als eine Vielzahl von Datenverarbeitungsmethoden, die von der Aggregation von Daten für die Visualisierung beiträgt bis zu weitreichenden statistischen Analysen. In Participatory Sensing Anwendungen werden Datenaggregationen häufig zur sinnvollen Visualisierung oder der Vorbereitung zu weitergehenden Analysen verwendet. Es können aber auch Datenaggregationen im Hinblick auf den Datenschutz erfolgen. Christin et al. (2011:23) schlagen zum Schutz der Privatsphäre eine Datenaggregation bereits vor der Übersendung der Daten vor. Man kann damit eine Datenaggregation bei der Datenerfassung und bei der Datenanalyse unterscheiden.

4.2.1 Datenaggregation bei der Datenerfassung

Eine Datenaggregation kann auch bereits vor der Übertragung an die zentrale Speichereinheit erfolgen. Christin et al. (2011:23) schlagen eine Datenaggregation im Hinblick auf den Datenschutz und die Anonymisierung der Daten vor. So werden dort im Reporting Prozess die Maßnahmen Pseudonymity, Data Perturbation, Spatial cloaking und Hiding selective location genannt. Für die Einordnung der Datenaggregation werden diese kurz erläutert.

Ein oft verwendeter Mechanismus, um die Anonymität und Privatsphäre der Teilnehmer zu schützen, ist die Verwendung von Pseudonymen (Christin et al., 2011:20f.). Der Teilnehmer fungiert in der Benutzung der Anwendung nicht unter seinem eigenen Namen, sondern unter einem Pseudonym. Pseudonyme sind allerdings nur ein subjektives Empfinden von Privatsphäre, denn die erfassten Daten hinterlassen zum Teil deutliche Spuren, so dass durch Analysen der Daten oftmals dennoch Rückschlüsse auf eine Identifizierung der Teilnehmer möglich wäre.

Mit Data Perturbation (Datenstörung) werden die erfassten Sensordaten absichtlich durch Zugabe von künstlichem Rauschen verzerrt. Damit sollen Daten ohne Offenlegung individueller Daten weiterverarbeitet werden. Die Störung der Messwerte muss dabei ausreichend sein und dennoch den statistischen Trend behalten (Christin et al., 2011:22).

Spatial Cloaking bedeutet die räumliche Maskierung von Nutzern. So erhalten die Teilnehmer ein gemeinsames Attribut, z.B. Wohnhaft in demselben Stadtteil, wodurch sie nicht auseinander gehalten werden können und dadurch die Anonymität gewahrt werden soll (Christin et al., 2011:21).

„Hiding selective locations“ ist eine Alternative zur Data Perturbation. Dabei werden vom Teilnehmer als sensibel empfundene Orte definiert, in denen die Anwendung keine realen Daten sammelt. Stattdessen werden an dieser Stelle fiktive Daten erzeugt, so dass die Daten zusammenhängend sind, bei Straßen werden z.B. auch wirklich vorhandene Straßen verwendet (Christin et al., 2011:22f.).

Während bei den zuvor beschriebenen Ansätzen der Schutz der Privatsphäre zentral gesteuert wird, wird bei dem Ansatz der Datenaggregation ein gegenseitiger Schutz innerhalb der Teilnehmer durchgeführt. Damit werden die Daten teilweise zwischen den Nachbarn der Teilnehmer ausgetauscht, so dass auf den Servern nicht zurück verfolgt werden kann, von welchem Nutzer die Daten wirklich stammen. Diese Form der Datenaggregation verwendet also

Daten von verschiedenen Endgeräten und tauscht diese untereinander aus, so dass die genaue Herkunft nicht mehr zurück verfolgt werden kann (Christin et al., 2011:23).

4.2.2 Datenaggregation bei der Datenanalyse und Visualisierung

In der Kategorisierung von Participatory Sensing Anwendungen wurde bereits festgestellt, dass es von dem Nutzerszenario und der Art der Information abhängt, wie die Daten weiterverarbeitet werden können. Insbesondere die Unterscheidung zwischen „Einzelinformation“ und „Kollektiven Informationen“ wurde unterschieden. Wie bereits bei der Beurteilung der Datenqualität unterscheidet sich die sinnvolle Verwendung der Datenaggregation insbesondere durch die Art der Information.

Bei „Einzel-Informationen“ können Datenaggregationen sinnvoll sein, wenn z.B. doppelte Eingaben vermieden werden sollen. Nach Abecker et al. (2012:245) sind Methoden der Aggregation denkbar, die die Zusammenführung von Mehrfachmeldungen oder gleichartigen Meldungen durchführen. Das ist bei den in Kapitel 3.1.1.1 beschriebenen Mängelmeldern oft nicht notwendig, da aufgrund der Anzeige der bisher erfolgten Meldungen und einer geringen Dichte der Meldungen der Teilnehmer im Regelfall bereits erfolgte Meldungen gesehen werden und dadurch bereits erfolgte Meldungen vom Nutzer erkannt werden.

Während Christin et al. (2011:23) die Datenaggregation zum Schutz der Privatsphäre bereits vor Übertragung an den zentralen Server vorschlagen ist die Datenaggregation auch im Prozess der anschließenden Datenanalyse auf dem Server ein Werkzeug zur Bewahrung des Datenschutzes. Gerade bei der Erhebung und Analyse von geocodierten und personenbezogenen Daten ist es wichtig, dass eine Anonymisierung und Aggregation der Daten erfolgt, um individuelle Auswertungen und Datenmissbrauch zu vermeiden (Zeile et al., 2010:425). Auch Longley et al. (2005:137; 2005:146f.) sehen im Schutz der Vertraulichkeit einen Grund für Datenaggregation, aber auch zur Reduzierung der Datenmenge.

In den meisten Fällen von Participatory Sensing Anwendungen ist erst eine Analyse der Daten notwendig, um Ergebnisse von den gesammelten zu erhalten. Nach Goldman et al. (2009:7) umfasst die Analyse eine Vielzahl von Datenverarbeitungsverfahren. Das fängt bei der Datenaggregation für die Visualisierung und Anzeige der Ergebnisse an. Die Datenaggregation ist dabei ein Teil der Datenanalyse. Die Attributdaten der individuellen räumlichen Einheiten können verrechnet werden, um Statistiken der neuen größeren Hierarchiestufe anzugeben (Bill & Zehner, 2001:5). Die Datenaggregation geht meiner Meinung nach fließend in weitere (statistische) Analysen über. Yang et al. (2011:190) schreiben: “Participants will help to collect a vast amount of

data at various scales, and they will be able to gain advanced knowledge of what they participated by aggregated statistics learned from the measured environment.” Yang et al. verwenden den Begriff „aggregierte Statistiken“, die den Teilnehmern die Ergebnisse ihrer gesammelten Informationen anzeigen.

Auch in anderen Publikationen wird der Begriff Aggregation im Zusammenhang mit statistischen Auswertungen verwendet. Auch Zeile et al. (2010:419) sprechen von aggregieren, wenn die Daten aggregiert werden, „so dass städtische Dichtekarten von bevorzugten Wegen und Aufenthaltsorten der Testgruppe entstehen.“

Ein durch Mendez (2012:5) erstelltes Framework für Participatory Sensing stellt sogenannte Dichtekarten in den Design-Prozess von Participatory Sensing. Er gibt 5 Module an: Die Bestimmung von Stichprobengrößen, die Datenerfassung, die Datenprüfung, die Datenvisualisierung und die Erstellung von Dichtekarten durch Interpolationsmethoden wie z.B. Kriging und Markov Random Fields (MRF). Er geht also davon aus, dass die Erstellung von Dichtekarten ein wichtiger Prozess in Participatory Sensing Anwendungen ist. Damit würden die im Kapitel 3.1.1.1 beschriebenen Mängelmelder nicht zu den Participatory Sensing Anwendungen gezählt werden. Nach Mendez ist der Aggregationsprozess wichtig, um Datenredundanz zu verringern, die Datengenauigkeit zu verbessern und die Rechenanforderungen der späteren Analyse zu reduzieren (Mendez & Labrador, 2013:578).

Datenaggregation kann also auch zur Verringerung von Datenredundanz und Datenmenge, Verbesserung der Datengenauigkeit, die Vorbereitung zur Datenanalyse sowie der Visualisierung und zum Datenschutz verwendet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass man Analysemethoden bei den wenigsten realen Problemstellungen strikt voneinander trennen kann (Bill, 2010:440), so wird zumeist mit einer Kombination verschiedener Lösungsansätze gearbeitet werden (Bill, 2010:442). Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Datenaggregationen in Participatory Sensing Anwendungen (Eigene Darstellung)

Datenschutz und Schutz der Privatsphäre
Verringerung der Datenredundanz
Verringerung der Datenmenge
Verbesserung der Datengenauigkeit
Vorbereitung der Datenanalyse / Rechenanforderungen der späteren Analyse zu reduzieren
Zur Visualisierung / Statistische Ergebnisdarstellung

5 Analyse von bestehenden Participatory Sensing Anwendungen

In Kapitel 4 wurden Verfahren zur Verbesserung der Datenqualität und zur Datenaggregation aufgeführt. Im Folgenden werden diese Kriterien auf drei ausgesuchte Participatory Sensing Anwendungen evaluiert. Die Evaluation erfolgt im Hinblick auf das Vorhandensein dieser Verfahren. Da in der Klassifikation zu Kapitel 3 die Kategorien „Art der Information“ und „Art der Sensoren“ als wichtiges Unterscheidungsmerkmal von Aspekten der Datenqualität und Datenaggregation festgestellt wurde, werden Participatory Sensing Anwendungen gewählt, die in dieser Kategorie verschieden sind.

Klarschiff-HRO ist eine typische Anwendung aus dem Nutzungsszenario „Städtische Infrastruktur“, in der der GPS Empfänger, die Texteingabe und die Kamera als technische Sensoren verwendet werden und der Mensch als Wissensgeber von lokalen Begebenheiten fungiert. Die Art der Information wurde als „Einzelinformation“ gewertet.

Mit der App Noisemap kann der Teilnehmer die Lautstärke seiner Umgebung messen und die Daten zur Auswertung und Visualisierung zur Verfügung stellen. Es wird zusätzlich zum GPS Empfänger ein interner Sensor eingesetzt, der den Lärmpegel misst. Mit den Daten können auf Realmessungen beruhende Lärmkarten erstellt werden. Die App ist ein Beispiel aus dem Bereich „GPS und interne Sensoren“ und beinhaltet Auswertungen bzw. Visualisierungen als „Kollektive Information“.

Mit dem Citizen Science Projekt enviroCar können Umwelt- und Verkehrsinformationen aus den Daten der Fahrzeugsensorik gesammelt werden. Mit der App enviroCar und mit Hilfe eines OBD-II Adapters werden die Motordaten des Kraftfahrzeuges über die Blue Tooth Schnittstelle zum Smartphone gesendet. Die Daten werden mit den GPS Koordinaten verknüpft. Dadurch kann man umfangreiche Motordaten von der Geschwindigkeit, dem Spritverbrauch, dem CO₂ Ausstoß bis zu gemessenen Temperaturwerten mit räumlichen Informationen verbinden. Diese Participatory Sensing Anwendung ist damit ein Beispiel für die Verwendung von externen Sensoren.

5.1 Klarschiff-HRO

5.1.1 Beschreibung

Das Projekt Klarschiff-HRO (Klarschiff-HRO, 2014) ist eine Partizipationsplattform für die Bürger der Hansestadt Rostock. Auf dieser Plattform können die Bürger der Stadtverwaltung Mängel oder Schäden melden, damit diese von der Stadtverwaltung bereinigt werden können (s. Abb. 8). Es können aber genauso gut Ideen zur Verbesserungen der Stadt verortet werden. Auf einer interaktiven Karte können einfach und schnell Standorte markiert werden und Meldungen direkt an die zuständige Verwaltungsstelle weitergeleitet werden. Der Nutzer kann den jeweiligen Bearbeitungsstand auf einer Karte jederzeit nachvollziehen. Zudem wird die Software als Open Source weiter gegeben.

5.1.2 Funktionalität

Für die Benutzung von Klarschiff-HRO ist keine Registrierung notwendig. Es muss aber für eine erfolgreiche Meldung eine E-Mail Adresse eingegeben werden, zu der eine E-Mail mit einem Link gesendet wird, mit der die E-Mail Adresse bestätigt werden kann (s. Abb. 10). Der Standort der Meldung kann durch GPS bestimmt werden, manuell gesetzt oder auch verschoben werden. Als Beweis und als erste Beurteilung des Mangels oder einer Idee kann ein Foto zur Meldung beigelegt werden (s. Abb. 9). Außerdem besteht die Möglichkeit, dass andere Nutzer eine Meldung im Hinblick auf Missbrauch, Unterstützung oder Lob und Kritik bewerten können (s. Abb. 9). Damit liegt eine Kontrolle der Meldung nicht nur bei den Mitarbeitern der Stadtverwaltung, sondern auch bei den Nutzern der Plattform. Die Eingabe der Meldungen erfolgt über vorgegebene Kategorien und Unterkategorien. Weitere Texte und Fotos werden redaktionell geprüft (s. Abb. 10). Die Meldungen werden mit einem Zeitstempel versehen und nach Bearbeitungsstatus visualisiert. In der Desktop Version sind umfangreiche Informationen wie eine Hilfe und Such- und Filterfunktionen vorhanden.

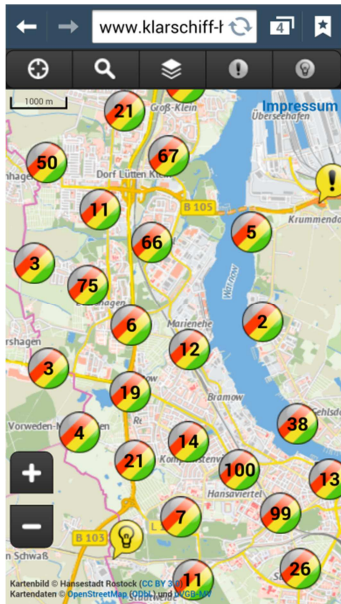


Abb. 8

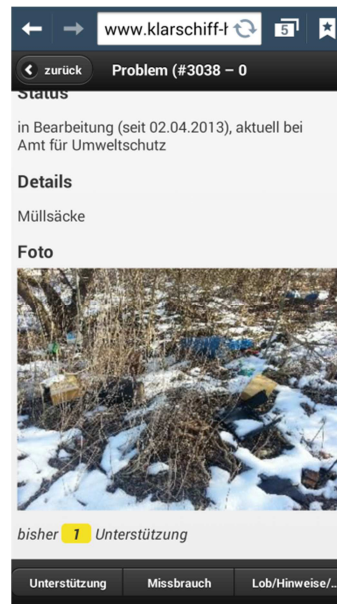


Abb. 9

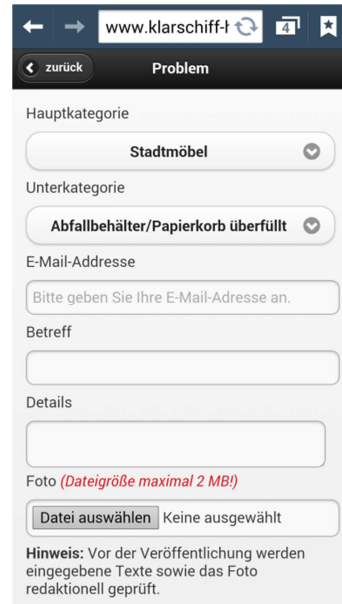


Abb. 10

Abb. 8: Klarschiff-HRO Kartenanwendung (Eigene Darstellung, Screenshot Klarschiff-HRO, 2014)

Abb. 9: Klarschiff-HRO; Fotos beifügen und Kommentierung einer Meldung (Eigene Darstellung, Screenshot Klarschiff-HRO, 2014)

Abb. 10: Klarschiff-HRO; Eingaben von Kategorien, E-Mail Adresse und Texten (Eigene Darstellung, Screenshot Klarschiff-HRO, 2014)

5.1.3 Qualitätskriterien

Die Lagegenauigkeit hängt bei der manuellen Markierung der Meldung vom Anwender ab. Durch die Möglichkeit zur Bewertung einer Meldung im Hinblick auf Missbrauch, Unterstützung oder Lob und Kritik ist eine Kontrolle durch die Benutzer der App gegeben.

Bei einer Participatory Sensing Mängelmelder-Plattform ist die räumliche Vollständigkeit anhand der Daten nicht auswertbar. Wenn keine Meldungen vorhanden sind, kann das auf fehlende Motivationsanreize hinweisen, es könnte aber theoretisch auch bedeuten, dass es keine Mängel gibt. Die Vollständigkeit der Attribute kann dagegen sehr wohl geprüft werden. Die Eingabe der notwendigen Attribute wird je nach Kategorie durch zwingende Belegung von Feldern in dem Abfragemenü beachtet (Verfahren „Vorgegebene Routinen und Auswahlmöglichkeiten“).

Die zeitliche Genauigkeit wird durch Speicherung und Anzeige des Datums vorgenommen. Der Stand der Meldung wird zusätzlich farblich visualisiert, so dass den Teilnehmern die Aktualität angezeigt wird. Die thematische Genauigkeit wird durch mehrere Maßnahmen unterstützt. So kann eine erfolgreiche Meldung erst nach einer E-Mail Authentifizierung erfolgen. Auch das Hochladen von Fotos und die Nutzung einer Bestätigungsmail sollen die Korrektheit und damit die

Genauigkeit der Meldung wiedergeben. Die Speicherung von Texten und Fotos erfolgt erst nach redaktioneller Durchsicht, was auch unter visuelle Prüfung anzusehen ist.

In Mängelmelder Applikationen ist die Motivation für eine Mängelmeldung in der Regel der Wunsch nach Behebung des Mangels oder Verbesserung der Situation. Der Nutzer hat also auch einen Nutzen von der Meldung, so dass in solchen Applikationen häufig keine zusätzlichen Motivationsanreize vorhanden sind.

5.1.4 Aggregation

Bei Klarschiff-HRO kann eine Meldung unterstützt werden, wenn ein Nutzer das gleiche Problem beobachtet hat. Hierdurch werden mehrfache Meldungen desselben Sachverhalts vermieden. Eine Aggregation von gleichartigen Meldungen wird nicht durchgeführt, da der Nutzer bereits vorliegende Meldungen visuell gut erkennen kann und damit keine doppelten Meldungen zu erwarten sind.

5.2 Noise Map

5.2.1 Beschreibung

Noisemap ist eine native App, mit der Lärmdaten mit gängigen Smartphones erfasst und gesammelt werden können. Diese Daten werden dann zusammen mit anderen Daten auf der Plattform da-sense.de veröffentlicht und visualisiert. Damit können durch das Prinzip des Participatory Sensing kostengünstig Lärmdaten erhoben werden. Aufgestellt wurde das Projekt vom Fachgebiet Telekooperation der TU Darmstadt. Es ist eingebettet in ein Projekt für Smart Cities und verwendet ein "Hybrides Sensornetz" aus einer statischen Sensor-Infrastruktur, aus einem drahtlosen Sensornetz und aus der partizipativen Bürgeranwendung, z.B. mit der App Noisemap (Technische Universität Darmstadt, 2014).

5.2.2 Funktionalität

Nach der Installation der Noisemap App können die Grundfunktionen wie die Kartenanwendung und die Anzeige des Standortes sowie die reine Lärmmessung und die Anzeige von Highscores von Mitgliedern bereits verwendet werden. Um die Lärmpegel zu messen und an die zentralen Server zu senden ist eine Registrierung, z.B. mit einem Pseudonym, notwendig.

Die Messung des aktuellen Lärmpegels ist für den Nutzer einfach und schnell. Je länger eine Messung ausgeführt wird, umso mehr Messwerte werden ermittelt. Dem Nutzer wird jeweils der Minimal-, Maximalwert und Mittelwert angezeigt. Für die Ermittlung von Messwerten erhält der Nutzer Punkte, die für die Berechnung und Anzeige von Highscores genutzt werden.

5.2.3 Qualitätskriterien

Für die Bewertung der Datenqualität gibt es einige Herausforderungen. Die Messung ist von der Genauigkeit der im Smartphone verwendeten Sensoren abhängig (s. Abb. 11). Bei der Messung mit zwei verschiedenen Smartphones waren regelmäßige Unterschiede im Lärmpegel zu beobachten. Die Messung könnte aber auch fehlerhaft ausgeführt werden. Es gibt eine Menge von Faktoren, die die Lärmmessung beeinträchtigen und zu fehlerhaften Werten führen können. Der Messwert kann z.B. durch in der Umgebung vorhandene Nebengeräusche, wie z.B. Gespräche, Musik, Husten etc. verfälscht werden. Auch Windgeräusche sind für die Messung hinderlich.

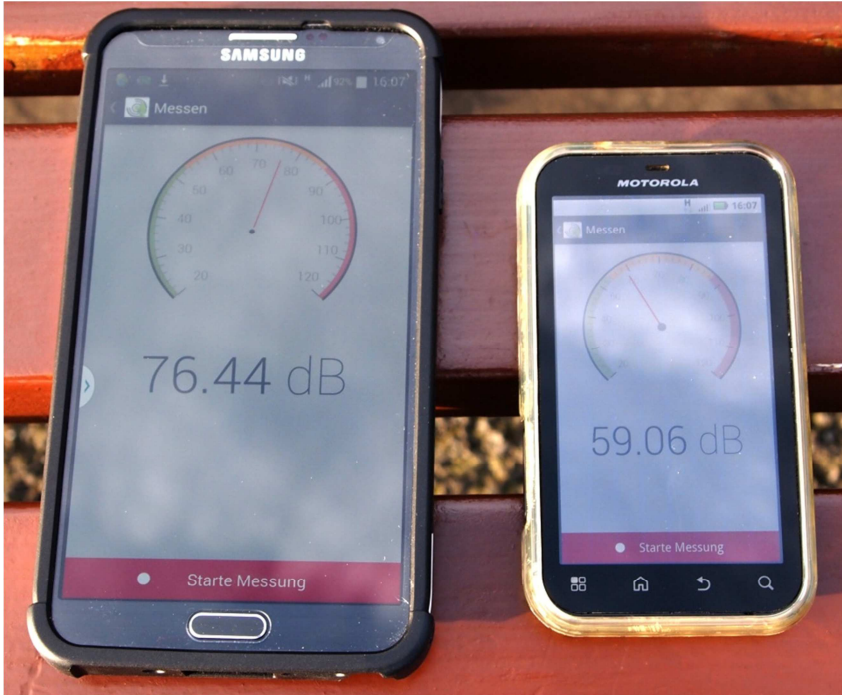


Abb. 11: Noisemap Lärmpegelmessung, Vergleich von Smartphone Sensoren (Eigenes Foto)

Auch ist die Lautstärke davon abhängig, wo das Smartphone während der Messung ausgelöst wird. Das Smartphone könnte sich in einer Tasche befinden, das Mikrofon könnte verdeckt werden oder der Nutzer befindet sich innerhalb von Räumen.

Aus diesem Grunde sind von den Entwicklern einige Maßnahmen zur Verbesserung der Datenqualität entwickelt worden. Nach FR-Online (2013) fließen neben den GPS-Daten, die den aktuellen Track aufzeichnen, auch detailliertere Angaben („Innen“, „Außen“, „Straßenverkehr“, „Baustelle“) zur Filterung der Daten in die Auswertung mit ein. Die Messung des Lärmpegels findet in einem Zeitfenster statt, in dem die Minimal- und Maximalwerte und der Durchschnittswert ermittelt werden. Die Maßnahmen dienen der Verbesserung der thematischen Genauigkeit. Die Eigenschaften des Sensors werden nicht ermittelt.

Die Lagegenauigkeit ist vom GPS Sensor abhängig, eine besondere Auswertung der Genauigkeit erfolgt nicht. Die logische Konsistenz ist durch das Messverfahren vorgegeben.

Für die Motivation der Nutzer werden Ranglisten erstellt, in denen die Nutzer mit den meisten Messungen Auszeichnungen erhalten. In Kapitel 4.1.2 wurde vorgestellt, dass Motivationsanreize in der Regel zu einer Qualitätsverbesserung beitragen. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass dadurch kein Qualitätsverlust entsteht.

In der Desktop Version ist ein Kontaktformular vorhanden, womit eine eingeschränkte Kommunikation mit den Nutzern gegeben ist. Eine Anleitung beschreibt die Funktionen der App. Eine Anleitung zur Messanordnung, zur evtl. Kalibrierung des Mikrofons oder zur Ausschaltung von Fehlerquellen existiert nicht.

5.2.4 Aggregation

Eine Aggregation der Daten wird insofern vorgenommen, dass die Daten zu einer Position zusammengefasst werden, so dass für jedes angezeigtes Sechseck oder jede angezeigte Kachel ein Mittelwert angegeben wird und dem Nutzer die Anzahl der Messwerte angezeigt wird. Auf der da-sense Plattform kann durch Auswahl der Anzeige ausgewählt werden, wie die Ergebnisse der Lärmmessungen visualisiert werden sollen. Innerhalb dieser Sechsecke bzw. Kacheln werden die Lärmmessungen mit dem Durchschnittswert aller Messungen visualisiert. Die Größe der Kacheln und Sechsecke bleibt in den Maßstabsstufen gleich, so dass in den kleineren Maßstäben eine größere Menge von Daten zusammengefasst wird, wie man anhand Abb. 12 erkennen kann. Es liegt also eine Aggregation der Daten zur Visualisierung vor, unabhängig davon, ob eine datenbanktechnische Aggregation erfolgt ist.

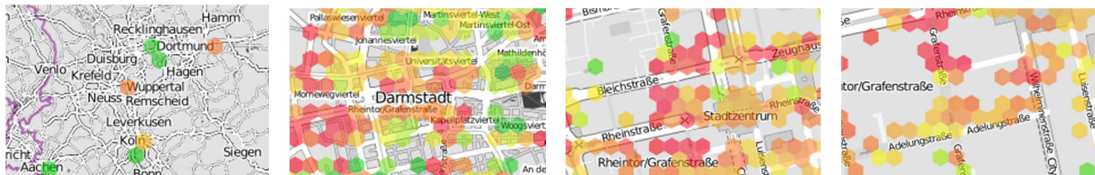


Abb. 12: Visualisierung der Lärmpegel von Noisemap (Eigene Darstellung, Screenshot www.da-sense.de; Technische Universität Darmstadt, 2014)

In der interaktiven Auswahl sind die Messwerte in einem Sechseck oder einer Kachel abfragbar. Zusätzlich werden die statistischen Daten der Messdaten angezeigt. Anhand derer kann der Nutzer die Messwerte besser beurteilen und kann erkennen, inwieweit eine Streuung der Messwerte vorliegt (Abb. 13).

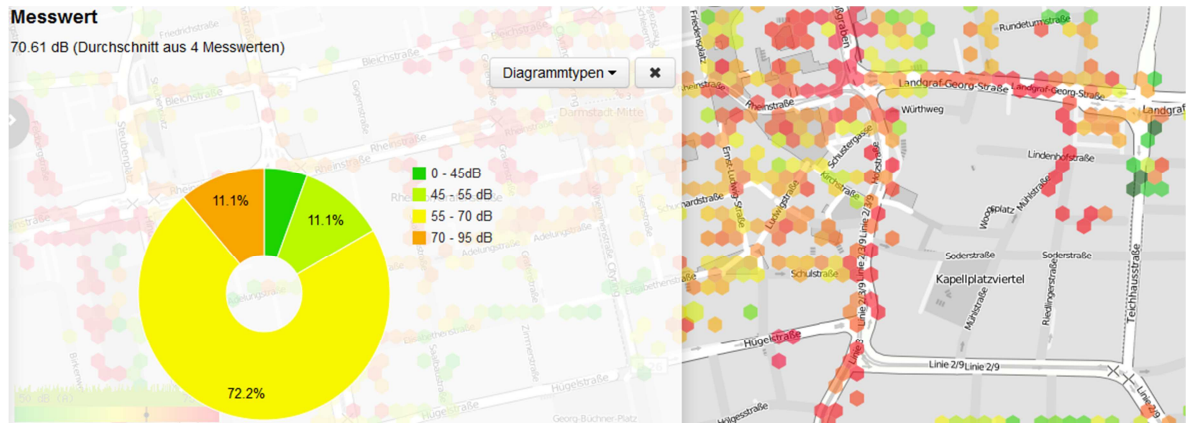


Abb. 13: Anzeige der Messwerte mit statistischen Auswertungen (Eigene Darstellung, Screenshot www.da-sense.de, Technische Universität Darmstadt, 2014)

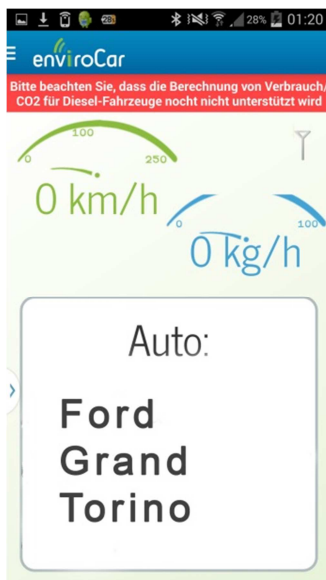
5.3 EnviroCar

5.3.1 Beschreibung

EnviroCar ist eine Community Plattform für die Gewinnung von Umwelt- und Verkehrsinformationen aus Daten der Fahrzeugsensorik von Kraftfahrzeugen. Mit der App enviroCar und einem OBD-II Adapter können die Motordaten des Kraftfahrzeuges über die Blue Tooth Schnittstelle zum Smartphone gesendet werden. Zusammen mit den aufgezeichneten GPS Tracks werden diese als Open Data auf den enviroCar Server anonymisiert hochgeladen.

Mit dem „Citizen Science“ Projekt leisten engagierte Bürger einen Beitrag für die Wissenschaft, indem sie mit dem Smartphone gesammelte Daten von ihren Kraftfahrzeugen für die Weiterentwicklung von Forschungsthemen bereitstellen. Das Projekt EnviroCar leistet damit einen Beitrag zu intelligenten „Smart Cities“. Mit den gesammelten Daten steht ein einzigartiger räumlicher Datenbestand über Emissionen und Sensordaten von Fahrzeugen zur Verfügung. Die Daten reichen von der Geschwindigkeit und dem Spritverbrauch (CO₂ Ausstoß) bis zu den gemessenen Temperaturwerten (EnviroCar, 2014).

5.3.2 Funktionalität



Für die Nutzung der App ist eine Registrierung notwendig. Durch die Registrierung kann jeder aufgezeichnete Track dem zugehörigen Datensammler zugeordnet werden, so dass dieser Zugriff auf seine eigenen Daten hat und diese auch löschen kann. Für die Aufzeichnung der Fahrzeugdaten muss eine Verbindung zu dem Blue Tooth Adapter erstellt werden und es müssen die GPS Koordinaten ermittelbar sein. Die App zeigt dem Nutzer auf dem Dashboard die aktuelle Geschwindigkeit und den CO₂ Ausstoß an, sofern es sich nicht um ein Diesel Fahrzeug handelt (s. Abb. 14). Der aufgezeichneten Track kann auf einer Karte angezeigt werden.

Abb. 14: enviroCar, Dashboard (Eigene Darstellung, Screenshot (Automarke ersetzt) enviroCar, 2014)

5.3.3 Qualitätskriterien

EnviroCar ist ein Beispiel für die Verwendung von externen Sensoren in einer Participatory Sensing Anwendung. Die Qualität ist im Besonderen von der Qualität der Sensoren abhängig. Auf die Qualität dieser Daten hat der Nutzer keinen Einfluss. Die Smartphone App steuert die GPS Daten zu den Fahrzeugdaten dazu und überträgt die Daten zu dem EnviroCar Server, sobald der Nutzer dies bestätigt. Für die Beurteilung der Daten aus der Fahrzeugsensorik sind zudem noch die Angaben zum Fahrzeug einzugeben. Die Fehleranfälligkeit auf Nutzerseite liegt damit im Besonderen bei der Lagegenauigkeit der Koordinatenbestimmung und bei der Eingabe der Fahrzeugart.

Mit dem Dashboard (s. Abb.14), auf dem der Nutzer die aktuelle Geschwindigkeit und die aktuellen CO2 Emmissionen sehen kann, erhält der Nutzer wichtige Informationen, so dass dieser die Daten auch selbst nutzen kann. Somit ist ein zusätzlicher Motivationsanreiz vorhanden.

5.3.4 Aggregation

Nach dem Hochladen werden die Daten mit den gemessenen Geschwindigkeiten in einer Karte auf ArcGIS Online angezeigt. Die Darstellung erfolgt durch Punktfeatures. Eine Aggregation erfolgt an dieser Stelle nicht.

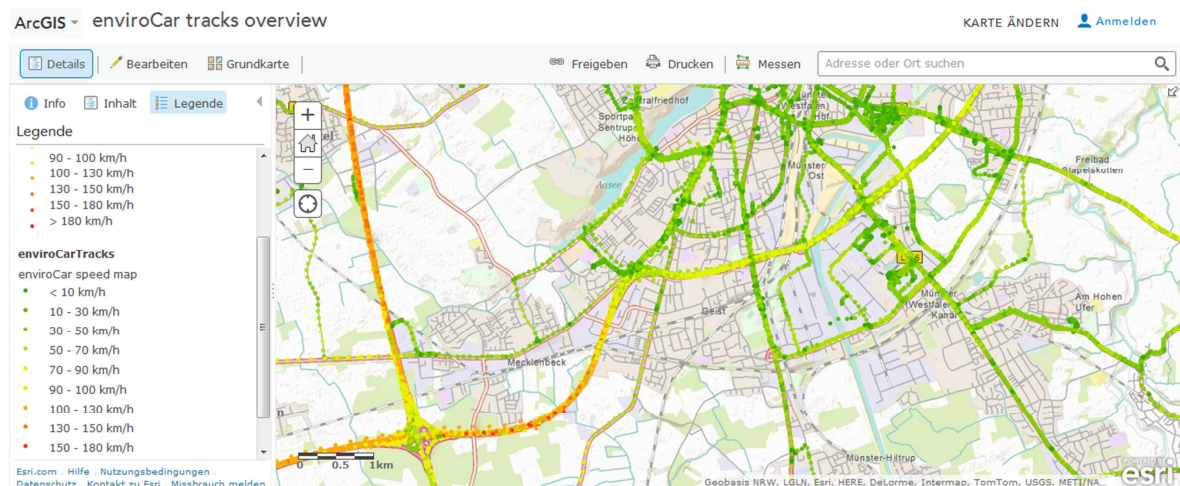


Abb. 15: enviroCar tracks overview (Eigene Darstellung, Screenshot ArcGIS Online, 2014)

Es existiert online auch eine Karte über eine enviroCar Hot-Spot Analyse der gemessenen CO2-Werte in Münster (EnviroCar, 2013). Diese Daten stammen aus separaten Anlaysen und werden nicht in Echtzeit durchgeführt.

5.4 Evaluation der untersuchten Anwendungen

Die Participatory Sensing Anwendungen wurden auf die Datenqualität und Datenaggregation untersucht. Es zeigt sich, dass alle Projekte Maßnahmen zur Verbesserung der Datenqualität verwenden (s. Tab. 3). Alle Projekte nutzen eine Registrierung, Projektbeschreibungen, einfache und intuitive Webseiten und speichern notwendige Daten automatisch. Da für die Untersuchung drei verschiedenartige Systeme ausgesucht wurden, unterscheiden sich diese ansonsten aber in der Betrachtung der Datenqualität.

Tab. 3: Zusammenfassung Qualitätssicherung und Aggregation in den untersuchten Participatory Sensing-Anwendungen (Eigene Darstellung)

Qualitätssicherungsverfahren nach Tab. 1	Klarschiff -HRO	Noisemap	enviroCar
„Reputation Management“ als Gesamtprozess (u.a. vor der Sammelphase)			
Registrierung / Authentifizierung	✓	✓	✓
Auswertung von persönlichen Informationen des Teilnehmers			
Auswertung der Datenqualität eines Teilnehmers			
Auswertung von Bewertungen (Community + Organisation)			
Zusätzliche Motivation und Anreizsysteme		✓	(✓)
Anleitung und Beschreibung	✓	(✓)	✓
Dokumentation von Qualitätsregeln + Qualitätskriterien			
Kommunikation und Feedback		(✓)	
Stimmabgaben / Bewertungen durch die Community	✓		
Einfache und intuitive Bedienung	✓	✓	✓
Datenprüfung / Plausibilitätskontrolle der Eingangsdaten			
Datenprüfung / Validierung gegenüber Datenbank			
Vorgegebene Routinen und Auswahlmöglichkeiten	✓		
(Automatisierte) Erfassung und Speicherung von Qualitätsinformationen	✓	✓	✓
Sensoreigenschaften ermitteln (durch Eingabe, automatisiert, über Datenblätter)			✓
Sensorauswahl oder Filterung			
Redundanz durch Auswertung mehrerer Sensoren			
Sensorkalibrierungen			
Konsistenzprüfungen		(✓)	
Statistische Qualitätskontrolle		(✓)	
Spezielle visuelle Prüfungen	✓		

Visualisierung und Hervorhebung von Fehlern, Ungenauigkeit und Unvollständigkeit			
Auswertung Aggregation			
Aggregation vorhanden		✓	

Das Projekt Klarschiff-HRO verwendet eine E-Mail Authentifizierung, ermöglicht die Bewertung von Meldungen durch andere User und verwendet für die Eingabe der Meldungen vorgegebene Routinen und Auswahlmöglichkeiten. Zusätzlich werden redaktionelle Prüfungen der Eingaben vorgenommen. Durch Hochladen kann zudem die Korrektheit der Meldung geprüft werden. Es sind damit die für diese Art der Participatory Sensing Anwendung typischen Verfahren zur Qualitätssteigerung integriert.

In Mängelmelder Applikationen ist die Motivation für eine Mängelmeldung in der Regel der Wunsch nach Behebung des Mangels oder Verbesserung der Situation. Der Nutzer hat also auch einen Nutzen von der Meldung, so dass in solchen Applikationen häufig keine zusätzlichen Motivationsanreize vorhanden sind.

Die in den Projekten Noisemap und enviroCar gesammelten Daten kann man dagegen als Sensordaten eines mobilen Sensornetzwerkes ansehen. Die Qualität hängt hier im Besonderen von der Qualität und Genauigkeit der Sensoren ab. Bei der App Noisemap hängt die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messwerte aber auch wesentlich von der Durchführung der Messung ab. Umso wichtiger ist in solchen Applikationen die Menge der erfassten Daten. Deswegen sind die eingesetzten Motivationsanreize in diesen Fällen besonders wichtig.

Bei dem Projekt enviroCar ist die Fehleranfälligkeit geringer. Die Messanordnung ist eindeutig, der Nutzer kann nur bei der Angabe der Fahrzeugart fehlerhafte Eingaben vornehmen. Mit dem Dashboard, auf dem der Nutzer die aktuelle Geschwindigkeit und die aktuellen CO2 Emmisionen sehen kann, kann der Nutzer einige Informationen auch in Echtzeit nutzen.

Automatisierte Datenaggregationen werden in dem Projekt Noisemap durchgeführt. Diese Aggregation wird zur Visualisierung und für die Anzeige von statistischen Daten je Maßstabsstufe vorgenommen. Die Auswertung der statistischen Daten und damit die Beurteilung der Qualität einer aggregierten Kachel oder eines Sechsecks kann so vom Nutzer für jedes Element selbst durchgeführt werden. Eine Datenaggregation bietet sich aufgrund der Einzelmeldungen für Mängel- und Schadensmeldungen wie in Klarschiff-HRO nur bedingt an.

6. Prototyp Konzept

6.1 Nutzeranalyse

Nach Yang et al. (2011:191) gibt es in Participatory Sensing Projekten vier Benutzerrollen. Die Initiatoren fungieren als Kommunikationsbrücke zwischen den anderen drei Rollen und besitzen deswegen die wichtigste Rolle für das Projekt.

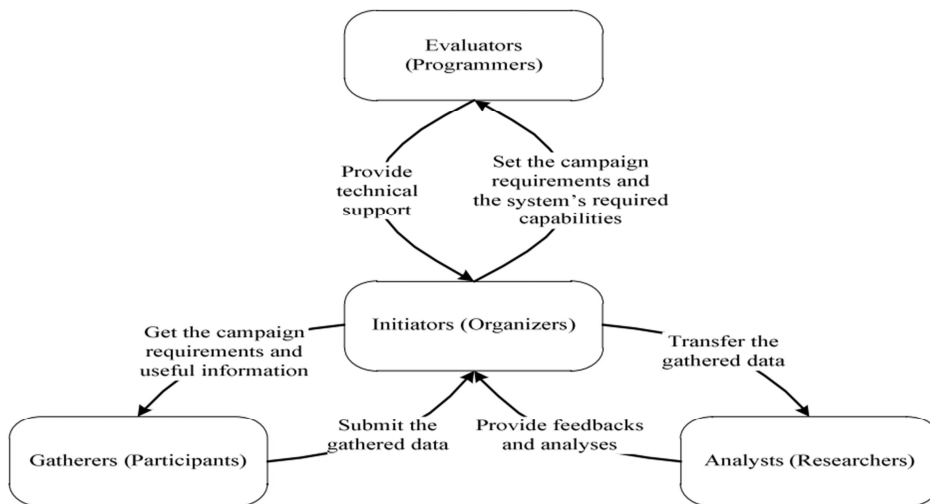


Abb. 16: Benutzerrollen in Participatory Sensing Projekten nach Yang et al. (2011:191)

Der Programmierer setzt die Anforderungen an das System programmtechnisch um und berät in technischen Fragen. Der Analyst analysiert die Daten und ist in den Prozess zur ständigen Verbesserung der Daten involviert. Für die Entwicklung des Prototyps der Master Thesis wurden die Rollen des Initiators, des Programmierers und des Analysten in einer Person wahr genommen, so dass von zwei Benutzerrollen ausgegangen wird, den Initiatoren bzw. den Organisatoren und den Partizipierenden bzw. den Teilnehmern. Zudem war der Prototyp unter den Bedingungen einer technischen Implementation geplant, so dass nur das Participatory Sensing System an sich und nicht die gesamte Durchführung des Projekts im Fokus stand. Im Folgenden wurden deshalb nur die Benutzerrollen des Teilnehmers und des Initiators betrachtet, da in dieser Interaktion miteinander die Funktionen der Participatory Sensing Prototyp Anwendung integriert sind. Es wurde nachfolgend also das System Participatory Sensing ohne Programmierer und ohne Analyst betrachtet, da der Programmierer als reiner Programmierer anzusehen ist und nicht als Administrator und somit auch keine Funktionen des Participatory Sensing Systems verwendet. Der Analyst wird auch außerhalb des Participatory Sensing Systems gesehen, da dieser notwendige

Analysen außerhalb des Systems durchführen kann und in der Prototyp Anwendung die wichtigsten Analysen automatisiert durchgeführt und visualisiert werden sollen.

Eine Besonderheit des Anwendungsfalles ist die Möglichkeit, dass der Initiator nicht der alleinige Empfänger bzw. Nutzer der Daten ist. Die Teilnehmer oder Partizipierenden sind Datenlieferant oder auch Datennutzer. Datenlieferant kann z.B. die breite Öffentlichkeit bzw. derjenige Bürger sein, der sich aktiv beteiligen will. Datennutzer können z.B. Personen sein, die für einen Umzug vielfältige Informationen über einen Stadtteil erhalten wollen oder Stadtentwickler, die Informationen darüber erhalten, welche Stadtteile besonderer Entwicklung bedürfen.

Das bedeutet, dass die Informationen und Ergebnisse der Participatory Sensing Anwendung auch den Teilnehmern zur Verfügung gestellt werden müssen. Da die Datennutzer und Datenlieferanten keine besonderen GIS Erfahrungen haben müssen, sollte die Anwendung möglichst intuitiv und einfach bedienbar sein. Auch die Visualisierung der Ergebnisse soll möglichst übersichtlich und schnell erklärbar sein. Es bestehen also vor allem aus Teilnehmersicht wichtige Anforderungen, die im Folgenden mit einer Anforderungsanalyse an den Prototyp beschrieben werden.

6.2 Anforderungsanalyse

6.2.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Der Prototyp behandelt Aspekte der Datenqualität und Datenaggregation. Wichtige Aspekte wie Datenschutz und Sicherheit stehen hierbei nicht im Fokus. Der Prototyp soll die zuvor aufgestellten Aspekte der Datenqualität (Tab. 1) und Datenaggregation (Tab. 2) evaluieren. Wie in der Nutzeranalyse dargelegt soll die Benutzung durch einfache Formulare und durch intuitive Bedienung ohne technische Vorkenntnisse erfolgen, was auch zur Datenqualität beitragen soll.

Für den Prototyp wurden die technischen Verfahren zur Qualitätssicherung aus der Tabelle 1 heran gezogen. Daraus wurden Verfahren aus den Projektphasen Datenerfassung und Weitergabe, Datenanalyse und Visualisierung auf die Verwendung in dem Prototyp geprüft. Aus dem Bereich Kommunikation und Motivation wurde der Vorschlag zur Erstellung einer Anleitung und Beschreibung übernommen.

Bei den im Prototyp abzubildenden Anwendungsfällen handelt es sich um eine Datenerfassung, bei der die Teilnehmer nach angegebenen Kriterien ihren Standort bewerten und damit ihre Empfindungen und ihre Emotionen mitteilen können. Eine Datenprüfung gegenüber der

Datenbank ist nicht notwendig. Als Sensor wird der GPS Empfänger des Smartphones verwendet, dessen Genauigkeitsangaben zur Verfügung stehen. Das bedeutet, es muss keine Sensorauswahl (Sensorausschluß), keine Redundanz von Sensoren oder keine Kalibrierung durchgeführt werden.

Bei der Visualisierung der Ergebnisse sollen nicht validierte, unvollständige oder ungenaue Daten besonders dargestellt werden. Bei der Datenanalyse sollen Konsistenzprüfungen oder statistische Qualitätskontrollen durchgeführt werden, die durch Datenaggregation erfolgen. Die für den Prototyp relevanten Qualitätssicherungsverfahren sind in der Tabelle 4 aufgeführt.

Tab. 4: Anforderungen zur Qualitätssicherung im Prototyp (Eigene Darstellung)

Kommunikation und Motivation	Anleitung und Beschreibung
Datenerfassung und Weitergabe	Einfache und intuitive Bedienung
	Datenprüfung / Plausibilitätskontrolle der Eingangsdaten
I Allgemein	Vorgegebene Routinen und Auswahlmöglichkeiten
	(Automatisierte) Erfassung und Speicherung von Qualitätsinformationen
Datenerfassung und Weitergabe II Sensoren	Sensoreigenschaften ermitteln (Durch Eingabe, automatisiert, über Datenblätter)
Datenanalyse	Konsistenzprüfungen
	Statistische Qualitätskontrolle
Visualisierung	Visualisierung und Hervorhebung von Fehlern, Ungenauigkeit und Unvollständigkeit

6.2.2 Use Case Diagramm

Das Use Case Diagramm in Abb. 17 gibt eine Übersicht über die funktionalen Anforderungen. Der Anwender kann sowohl Datensammler und Datennutzer sein. In dem Use Case Diagramm wurde das durch Vererbung der Eigenschaften des Datennutzers an den Datensammler verdeutlicht. Zur Verdeutlichung der Maßnahmen zur Datenqualitätssicherung wurden einige Use Cases in Teil-Use-Cases aufgeteilt, die vom System ausgeführt werden. Mit dem Use Case „Koordinaten und Lagegenauigkeit bestimmen“ soll die Anforderung „Sensoreigenschaften ermitteln“ erfüllt werden. Der Use Case „Daten prüfen und speichern“ soll die „Datenprüfung / Plausibilitätskontrolle der Eingangsdaten“ und „(Automatisierte) Erfassung und Speicherung von Qualitätsinformationen“ aus Tabelle 4 beinhalten.

Das Verfahren zur „Visualisierung und Hervorhebung von Fehlern, Ungenauigkeit und Unvollständigkeit“ ist im Use Case „In der Karte navigieren“ und „Ergebnislayer auswählen“

integriert. Der Use Case „Informationsseiten und Legende aufrufen“ erfolgt aufgrund der Anforderung nach einer Anleitung und einer Beschreibung der Anwendung.



Abb. 17: Use Case Diagramm „Participatory Sensing Prototyp System“ (Eigene Darstellung)

6.2.3 Beschreibung der funktionalen Anforderungen

Die in dem Use Case Diagramm dargestellten Anwendungsfälle sind nachfolgend in den Tabellen 5 bis 12 als funktionale Anforderungen im Einzelnen beschrieben.

Tab. 5: Use Case Beschreibung „Informationsseiten und Legende aufrufen“ (Eigene Darstellung)

Name:	Nr. 1 Informationsseiten und Legende aufrufen
Akteure:	Anwender (Datennutzer und Datensammler)
Beschreibung:	Informationsseiten und Legende aufrufen
Ziel:	Der Anwender erhält Informationen über die Ziele des Projektes, über die korrekte Anwendung und über die Verwendung der Ergebnisse.
Bedingungen:	Der Anwender befindet sich auf der Hauptseite der Web-App
Hauptablauf:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Anwender wählt einen Button zum Aufruf der Informationsseiten oder der Legende. 2. Das System zeigt die Informationsseiten an. 3. Der Anwender beendet die Informationsseiten und kehrt zur Kartenanwendung zurück.
Ausnahmen	Systemmeldungen über Fehlerfälle

Tab. 6: Use Case Beschreibung „In der Karte navigieren (Pan und Zoom)“ (Eigene Darstellung)

Name:	Nr. 2 In der Karte navigieren (Pan und Zoom)
Akteure:	Anwender (Datennutzer und Datensammler)
Beschreibung:	In der Karte navigieren
Ziel:	Der Anwender kann in der Karte über Pan und Zoom Funktionen navigieren.
Bedingungen:	Der Anwender befindet sich auf der Hauptseite der Web-App und die Karte wird angezeigt.
Hauptablauf:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Anwender wählt einen Button zum Zoomen. 2. Das System vergrößert oder verkleinert die Kartenansicht.
Variationen (alternativer Verlauf)	<ol style="list-style-type: none"> 1a. Der Anwender zoomt durch 2 Finger Touch Gesten. 1b. Der Anwender verschiebt die Karte durch eine 1 Finger Touch Geste.

	2b. Das System verschiebt die Kartenansicht.
Ausnahmen	Systemmeldungen über Fehlerfälle

Tab. 7: Use Case Beschreibung „Ergebnislayer auswählen“ (Eigene Darstellung)

Name:	Nr. 3 Ergebnislayer auswählen
Akteure:	Anwender (Datennutzer und Datensammler)
Beschreibung:	Layer auswählen.
Ziel:	Der Anwender wählt die verschiedenen Ergebnislayer aus.
Bedingungen:	Der Anwender befindet sich auf der Hauptseite der Web-App.
Hauptablauf:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Anwender wählt einen Button zur Auswahl der Layer. 2. Das System zeigt eine Auswahl der zur Verfügung stehenden Layer. 3. Der Anwender wählt einen Layer zur Abwahl oder Auswahl an. 4. Das System springt zurück zur Kartendarstellung und zeigt die ausgewählten Layer an.
Variationen	3a. Der Anwender wählt ohne Auswahl die Browser „Zurück“ Funktion.
Ausnahmen	Systemmeldungen über Fehlerfälle

Tab. 8: Use Case Beschreibung „Standort bestimmen und anzeigen“ (Eigene Darstellung)

Name:	Nr. 4 Standort bestimmen und anzeigen
Akteure:	Anwender (Datennutzer und Datensammler)
Beschreibung:	Der aktuelle Standort des Anwenders wird auf der Karte angezeigt
Ziel:	Es wird der aktuelle Standort des Anwenders bestimmt und in der Kartenansicht angezeigt.
Bedingungen:	Der Anwender befindet sich auf der Hauptseite der Web-App.
Hauptablauf:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Anwender wählt einen Button zur Standortbestimmung. 2. Ausführung Use Case „Koordinaten bestimmen“. 3. Das System zoomt die Kartenansicht auf die Koordinaten und zeigt den

	Standort an.
Variationen	3a. Erhält das System keine Koordinaten wird eine Meldung angezeigt.
Ausnahmen	Systemmeldungen über Fehlerfälle

Tab. 9: Use Case Beschreibung „Koordinaten und Lagegenauigkeit bestimmen“ (Eigene Darstellung)

Name:	Nr. 5 Koordinaten und Lagegenauigkeit bestimmen
Akteure:	Das System
Beschreibung:	Es werden die Standortkoordinaten des Anwenders bestimmt.
Ziel:	Es werden die Standortkoordinaten des Anwenders bestimmt.
Bedingungen:	Der Anwender hat die Use Cases „Standort bestimmen“ oder „Daten erfassen“ aufgerufen.
Hauptablauf:	1. Das System wertet die Lagesensoren aus. 2. Das System gibt die Koordinaten und die Werte der Lagegenauigkeit weiter.
Variationen	2a. Das System gibt die Information weiter, dass keine Koordinaten bestimmt werden können.
Ausnahmen	Systemmeldungen über Fehlerfälle

Tab. 10: Use Case Beschreibung „Daten erfassen und speichern“ (Eigene Darstellung)

Name:	Nr. 6 Daten erfassen und speichern
Akteure:	Aktiver Teilnehmer (Datensammler)
Beschreibung:	Der Teilnehmer erfasst die Daten bzw. gibt die Bewertungen ab und speichert die Daten.
Ziel:	Der Teilnehmer erfasst die Daten und speichert die Daten.
Bedingungen:	Der Anwender befindet sich auf der Hauptseite der Web-App.
Hauptablauf:	Der Teilnehmer wählt die Aktion zur Bewertung des Standortes aus. Das System stellt eine Abfrage zum Abbruch oder zum Fortfahren bereit.

	<p>Der Teilnehmer wählt „Fortfahren“.</p> <p>Ausführung Use Case „Koordinaten bestimmen“.</p> <p>Das System überprüft die Koordinaten und die Lagegenauigkeit.</p> <p>Das System stellt eine Lagegenauigkeit von < 25 Meter fest.</p> <p>Ausführung Use Case „Bewertung durchführen“.</p>
Variationen	<p>3a.1. Der Teilnehmer wählt „Abbruch“.</p> <p>3a.2. Der Use Case wird beendet.</p> <p>6a.1 Das System stellt fest, dass keine Koordinaten bestimmt werden konnten.</p> <p>6a.2. Das System bricht den Use Case mit einer Meldung ab.</p> <p>6b.1. Das System stellt eine Lagegenauigkeit von < 50 Meter fest.</p> <p>6b.2. Das System stellt eine Abfrage zur Auswahl bereit.</p> <p>6b.3. Der Teilnehmer wählt die Aktion zum „Abbruch“ oder „Fortfahren“ aus.</p> <p>6b.4. Bei der Auswahl „Fortfahren“ folgt der Hauptablauf zu Nr. 7. Bei der Auswahl „Abbruch“ wird der Use Case abgebrochen.</p> <p>6c.1. Das System stellt fest, dass die Lagegenauigkeit > 50 Meter ist.</p> <p>6c.2. Das System bricht den Use Case mit einer Meldung ab.</p>
Ausnahmen	<p>1-7 Allgemeine Systemmeldungen über Fehlerfälle.</p> <p>4 Fehlermeldungen bei der Speicherung ausgeben.</p>

Tab. 11: Use Case Beschreibung „Bewertung durchführen“ (Eigene Darstellung)

Name:	Nr. 7 Bewertung durchführen
Akteure:	Aktiver Teilnehmer (Datensammler)
Beschreibung:	Der Teilnehmer bewertet den aktuellen Standort anhand verschiedener Faktoren.
Ziel:	Der Teilnehmer bewertet den Standort.
Bedingungen:	Die definierten Bedingungen aus dem Use Case „Daten erfassen“ sind erfüllt.
Hauptablauf:	<p>Das System wertet den Standort in Bezug auf die zu stellenden Fragen aus.</p> <p>Das System stellt ein Menü zur Beantwortung von Fragen bereit. Die Antworten</p>

	<p>sind über ein Pull-Down Menü bereitgestellt.</p> <p>Der Teilnehmer beantwortet die Fragen.</p> <p>Der Teilnehmer wählt die Aktion „Speichern“</p> <p>Ausführung Use Case „Daten prüfen und speichern“.</p>
Variationen	2a. Der Teilnehmer bricht den Use Case durch Schließen des Pull-Down Menüs ab.
Ausnahmen	Systemmeldungen über Fehlerfälle

Tab. 12: Use Case Beschreibung „Daten prüfen und speichern“ (Eigene Darstellung)

Name:	Nr. 8 Daten prüfen und speichern
Akteure:	Das System
Beschreibung:	Der Teilnehmer speichert die Eingaben.
Ziel:	Die Teilnehmerdaten werden in der Datenbank des Servers gespeichert.
Bedingungen:	Die Bedingungen aus dem Use Case „Bewertung durchführen“ sind erfüllt.
Hauptablauf:	<p>Das System prüft und validiert die Eingaben.</p> <p>Das System stellt fest, dass die Daten von der Konsistenz in Ordnung sind. (Fehlerhafte Daten können aufgrund der Vorgaben im Pull Down Menü „leere“ Eingaben sein)</p> <p>Das System aggregiert die notwendigen Daten.</p> <p>Das System speichert die Daten.</p> <p>Die Ergebnislayer werden aktualisiert.</p> <p>Der Teilnehmer erhält eine Meldung über die Speicherung.</p>
Variationen	<p>2a.1. Das System stellt fest, dass keine Eingaben vorgenommen wurden.</p> <p>2a.2. Das System generiert eine Meldung und bricht den Use Case ab.</p>
Ausnahmen	<p>1-6 Allgemeine Systemmeldungen über Fehlerfälle.</p> <p>4 Fehlermeldungen bei der Speicherung ausgeben.</p>

6.3 Datenbankentwurf

Für die Prototypanwendung wurden die in der Abb. 18 dargestellten 2 Featureklassen verwendet. In der Punktfeature Klasse sind die Originaldaten gespeichert. Aufgrund der Aspekte zur Datenqualität wurden das Datum und die Zeit sowie die Genauigkeit der GPS Bestimmung als Attribut übernommen. Die Bewertungsgebiete sind in einer Polygon Feature Klasse gespeichert. Nach Aspekten der Datenaggregation soll bei jeder neuen Bewertung die Standardabweichung und der Mittelwert berechnet werden. Aufgrund dessen benötigt man die bis dahin abgegebene Bewertungswerte. Für die Berechnung der Standardabweichung werden deshalb die Anzahl der abgegebenen Stimmen für die 5 Bewertungskategorien in jeweils einem Attribut gespeichert. Das bedeutet, jede abgegebene Stimme erhöht die Anzahl für das entsprechende Attribut. Damit müssen die Original Punktfeatures für die Berechnung nicht mehr heran gezogen werden. Die beschriebenen Attribute sind die Attribute „bew2_wert1“ bis „bew2_wert5“ und „todo_wert1“ bis „todo_wert7“. Die Berechnung ist in Kapitel 7.3.6 beschrieben.

Für eine realistische Auswertung der Prototyp Ergebnisse wären noch weitere Attribute, die vom Nutzer eingegeben werden, sinnvoll. So sind z.B. die Emotionen und Empfindungen davon abhängig, ob der Nutzer in der Nachbarschaft wohnt oder ein Tourist ist. Auch wären persönliche Informationen, wie z.B. das Alter oder das Geschlecht, über den Teilnehmer hilfreich. Für den sehr umfangreichen Prototyp wird auf diese Attribute verzichtet.

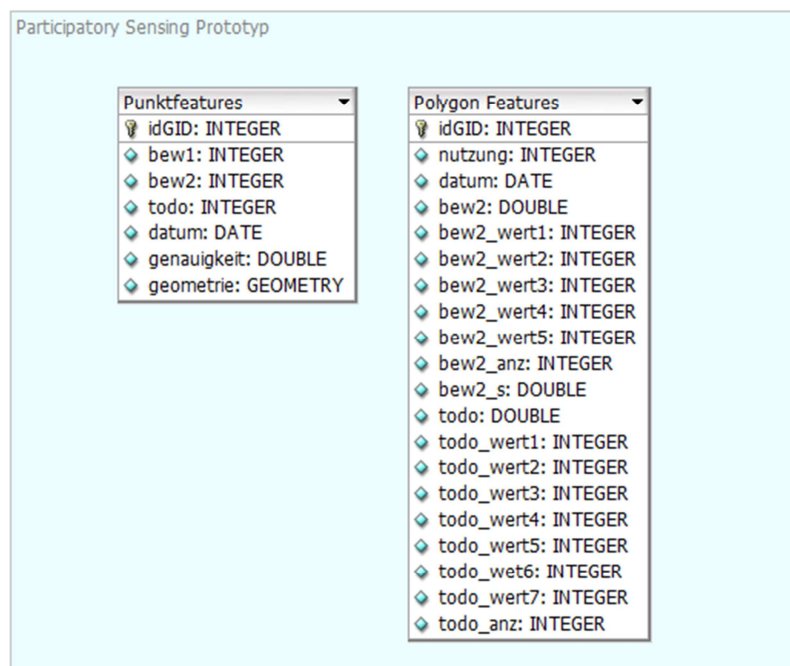


Abb. 18: Prototyp Datenbankmodell (Eigene Abbildung)

7 Prototyp Implementierung

7.1 Systemarchitektur

Für die Implementierung des Prototyps der Participatory Sensing Anwendung werden die in Kapitel 4 aufgestellten Anforderungen des Prototyp-Konzeptes als Grundlage verwendet. Als Form der Anwendung wurde eine Web-App gewählt. Als Client-Server Architektur wurde die oft verwendete 3-Tier-Architektur eingesetzt. Diese besteht aus einer Datenhaltungsschicht, einer Anwendungsschicht und einer Präsentationsschicht (s. Abb. 19)

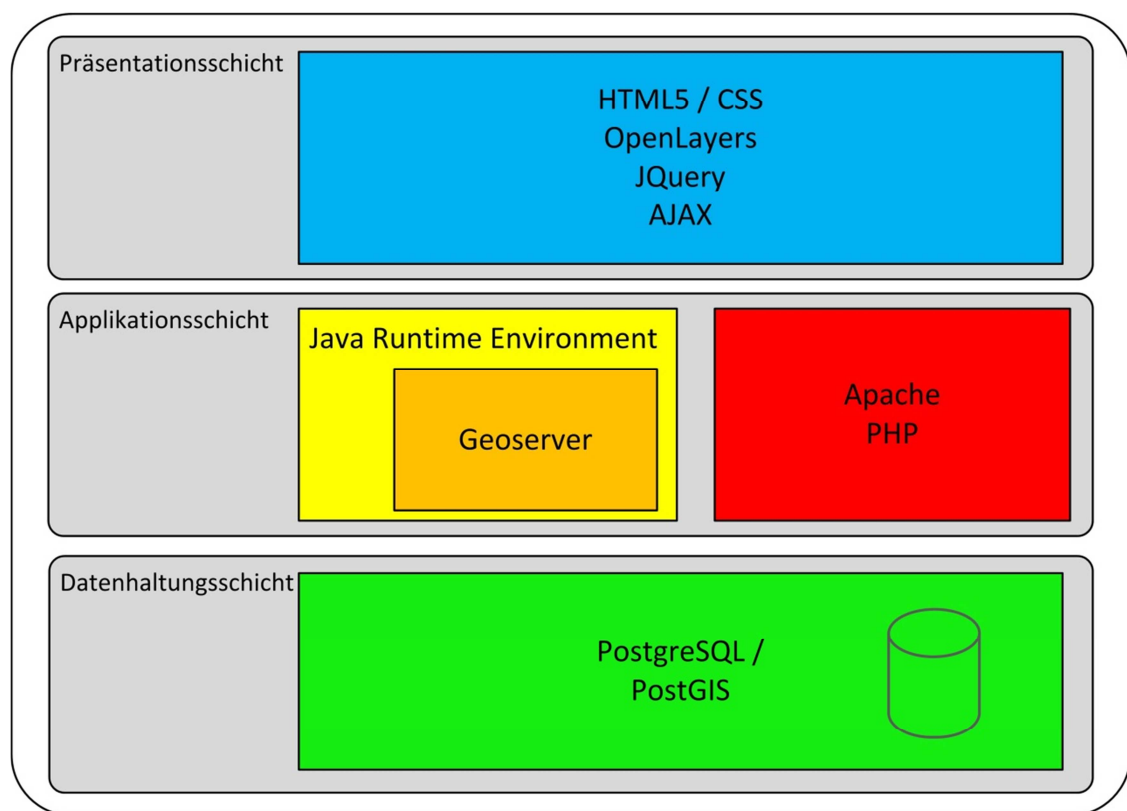


Abb. 19: Das Prototyp 3 Schichten Modell (Eigene Abbildung)

7.1.1 Datenhaltungsschicht

In der Datenhaltungsschicht wurde das leistungsfähige objektrelationale Datenbankmanagementsystem PostgreSQL verwendet. PostgreSQL läuft auf allen gängigen Betriebssystemen und ist eine Open-Source Software (PostgreSQL, 2014).

Mit der Open Source Erweiterung PostGIS wird PostgreSQL zu einer räumlichen Datenbank. PostGIS erlaubt die Speicherung geografischer Objekte in PostgreSQL, so dass räumliche Objekte wie alle anderen Objekte in der Datenbank gespeichert und manipuliert werden können. Die Software ermöglicht umfangreiche Datenbankabfragen und -manipulationen mit SQL und unterstützt Indizes und viele räumliche Funktionen (PostGIS, 2014). PostgreSQL/PostGIS ist damit ein ideales Datenhaltungs-Backend für den Prototyp.

7.1.2 Applikationsschicht

Für die Applikationsschicht kommt der Apache HTTP Server zum Einsatz. Der Apache HTTP Server ist ein beliebter Open Source Webserver der Apache Software Foundation. Er gilt als sicher, effizient und erweiterbar und bietet die Nutzung aktueller HTTP-Standards (Apache Software Foundation, 2014).

Als Kartenserver bzw. Mapserver wurde der GeoServer verwendet. Der GeoServer ist eine in Java geschriebene Open Source Software. Für die Installation unter Windows wird die Java Runtime Environment benötigt. Mit dem GeoServer können Geodaten über interoperable Kartendienste des Open Geospatial Consortium (OGC) bereitgestellt werden. Der GeoServer kann OGC konforme Dienste wie WMS, WFS, WFS-T, WCS, WMTS und WPS erzeugen (GeoServer, 2014). Das GeoServer Projekt wird u.a. von der Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) betreut.

Der GeoServer ist damit sehr vielseitig und für die Verwendung in dem Prototyp gut geeignet. Im Prototyp wurde der Web Map Service (WMS) mit dem Styled Layer Descriptor (SLD) verwendet. Auch der Einsatz des „Transactional Web Feature Service“ (WFS-T) und des Web Processing Service (WPS) für die Erfassung und Geoprozessierung der Geodaten in der Participatory Sensing Anwendung wäre denkbar. Ich hatte mich dafür entschieden, die Datenbankoperationen und Manipulationen mit SQL und PHP durchzuführen. Ein Grund ist der, dass dadurch im Umfeld von HTML5 zugleich die vielfältigen Möglichkeiten des Zusammenspiels verschiedener Frameworks auf Client- und Serverseite behandelt werden können. Untermauert wird die Entscheidung auch dadurch, dass der gesamte Prototyp auf einem Server bereitgestellt wird und PHP bereits installiert wurde. Generell sind im HTML5 Umfeld viele Lösungen denkbar, so entstehen viele

Professionelle Anwendungen erst durch das optimale Zusammenspiel von HTML, JavaScript und PHP (Krause 2004:377). Auf die Beantwortung der Forschungsfragen hat die Entscheidung keinen Einfluss.

PHP ist eine umfangreiche und leistungsstarke Skriptsprache zur Programmierung dynamischer und datenbankgestützter Webseiten (Krause, 2004:27). Ursprünglich aus der Verwendung als „Personal Home Page Tools“ benannt, wurde PHP später mit „HyperText Preprocessor“ bezeichnet. PHP hat im Vergleich zu anderen Skriptsprachen einen sehr großen Funktionsumfang, ist für das Web konzipiert und kann gut mit HTML kombiniert werden. Insbesondere hat PHP sehr viele Datenbankfunktionen (Krause, 2004:25), so dass PHP für die Kommunikation mit der PostGIS Datenbank eine gute Wahl ist. Für den Prototyp wird PHP5 auf dem Betriebssystem Windows 2008R installiert. Damit der Apache PHP Dokumente auswerten kann, muss die Konfiguration des Apache Webservers angepasst werden.

7.1.3 Präsentationsschicht

In der Präsentationsschicht wurde eine Kombination aus jQuery Mobile und OpenLayers Mobile verwendet. jQuery Mobile ist ein Interface-Framework, mit dem die Bedienoberfläche einer Web-App auf einfache Weise gebildet werden kann. Mit jQuery können Kopfzeilen, Fußzeilen, Buttons, Listen, Auswahlboxen etc. in eine Web-App implementiert werden, so dass das „Look and Feel“ einer App erhalten wird. Diese Elemente sind bereits für sämtliche Plattformen von iOS bis Android und für alle Bildschirmgrößen von Tablets und Smartphones optimiert (Franke& Ippen, 2013:341).

OpenLayers Mobile ist dagegen für die Integration der Kartendarstellung und Kartenanwendungen verantwortlich. OpenLayers ist eine JavaScript Bibliothek zur Darstellung von Geodaten und Geodatendiensten in einem Webbrowser. Damit können Web-Mapping Anwendungen mit umfangreichen Funktionen entwickelt werden (Jansen & Adams, 2010:57). OpenLayers ist als Open Source Software mittlerweile auch ein Projekt der OSGeo (Jansen & Adams, 2010:57).

OpenLayers und jQuery werden auf der Clientseite eingesetzt. Die PostGIS Datenbank läuft serverseitig. Zur Kommunikation zwischen den beiden Schichten wurde die Skriptsprache PHP verwendet. Diese kann mit der Datenhaltungsschicht (z.B. mit SQL) und der Präsentationsschicht (z.B. über AJAX) kommunizieren.

7.1.4 Verwendete Software und Bibliotheken

Die in der Systemarchitektur beschriebenen Komponenten, die für die Erstellung des Prototyps verwendet werden sollen, sind in der Tabelle 13 mit den Versionsnummern aufgeführt. In Tabelle 14 sind die Softwareversionen aufgeführt, mit der der Prototyp getestet wurde.

Tab. 13 : Verwendete Softwareversionen (Eigene Darstellung)

Softwareversionen	Kurzbeschreibung
Windows 2008R	Microsoft Betriebssystem
Apache HTTP Server 2.0.64	HTTP Webserver der Apache Software Foundation
Geoserver 2.5	Mapserver / Kartenserver
OpenLayers mobile 2.13	Javascript Framework
jQuery 1.6.4 mit jQuery Mobile 1.0.1	Interface Framework
PHP 5.2.1.7	Skriptsprache zur Programmierung dynamischer Webseiten
PostgreSQL 9.2	Relationales Datenbankmanagementsystem
Postgis 2.0	Erweiterung der PostgreSQL Datenbank zu einer räumlichen Datenbank

Tab. 14: Verwendete Software für die Testumgebung (Eigene Darstellung)

Test Softwareversionen	Kurzbeschreibung
Android 4.4	Google Betriebssystem
Android 4.4 Browser	Web-Browser
Opera Mini 7.5	Web Browser

7.2 Datenbasis

Die im Kapitel 2.2 beschriebenen Anwendungsfälle zur Bewertung von Ökosystemleistungen und der Bewertung von Wohngebieten beziehen sich auf unterschiedliche Landnutzungen. Für eine differenzierte Abfrage werden damit Informationen über die Nutzungsflächen innerhalb des Participatory Sensing Projekt-Gebietes benötigt. Gut geeignete Daten wären z.B. die Daten der Tatsächlichen Nutzung aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem. Auch die Daten der kleinräumigen Gliederung (Baublöcke) wären eine geeignete Quelle, sofern diese flächendeckend vorliegen und die geforderten Informationen über die Nutzung enthielten. Da der Prototyp der Participatory Sensing Anwendung in einer Public Cloud betrieben wird und bis auf das Betriebssystem nur Freie und Open Source Software verwendet wurde, wurde als Datengrundlage nach einer freien Datenquelle gesucht.

Die Open Street Map Daten mit der Klasse „Landuse“ oder „Natural“ kamen nicht zum Einsatz, da die Objekte nicht flächendeckend erfasst sind und es noch viele Gebiete gibt, in denen keine Erfassung vorliegt. Zum anderen liegen die Objekte tlw. übereinander.

Aus diesem Grunde wurden aus den in Open Street Map enthaltenen Straßen (Roads) mit Geoverarbeitungswerkzeugen kleinräumige Gebiete erzeugt. Zum Einsatz kam dabei ArcGIS 10.1. Verwendet wurden die Werkzeuge „Feature to Polygon“, um aus den Linien-Features Polygone zu erzeugen, und „Eliminate“, um Gebiete mit kleinen Flächen auszufiltern und den angrenzenden Gebieten zuzuordnen. Die Grenzen der Ergebnispolygone sind beispielhaft in Abbildung 20 in Rot dargestellt. Die Daten sind nicht optimal, aber für die Verwendung im Prototyp ausreichend. Die Nutzungen der Landschaften wurden allerdings manuell eingetragen.



Abb. 20: Datengrundlage des Prototyps (Eigene Darstellung, Screenshot aus ArcMap; WMS: terrestris GmbH & Co KG, Data: OpenStreetMap)

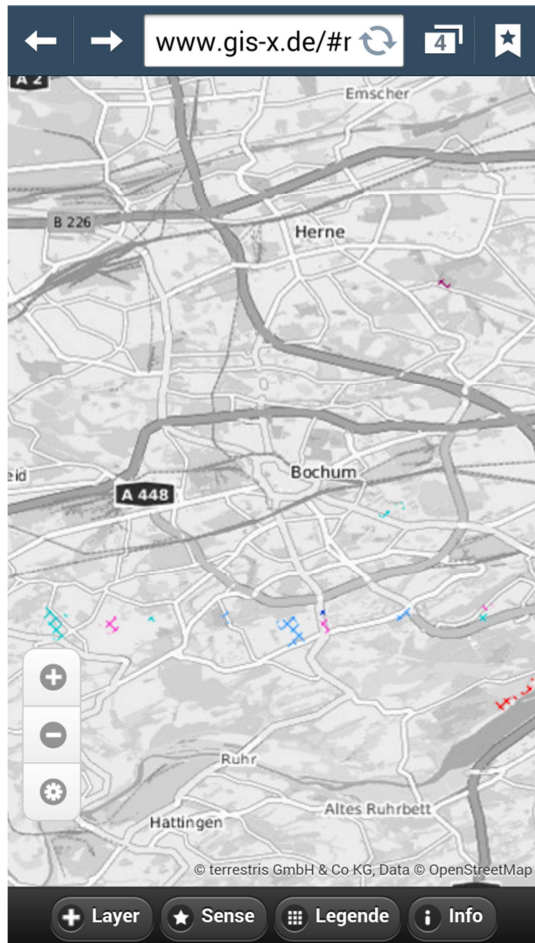
7.3 Programmcode

Für die mobile Anwendung wurde HTML, jQuery Mobile mit AJAX, OpenLayers Mobile und PHP verwendet. Als Basiscode wird das Beispiel „OpenLayers mit jQuery Mobile“ aus den „OpenLayers Examples“ verwendet (OpenLayers, 2014). Dieses Beispiel ist für die Verwendung von OpenLayers Karten auf mobilen Endgeräten konzipiert. Dieser Basiscode wird entsprechend der in der Anforderungsanalyse definierten Anforderungen erweitert. Aufgrund des umfangreichen Programmcodes werden nur die relevanten Programmblöcke bzgl. der Datenqualität und Datenaggregation sowie der aufgestellten Anforderungsanalyse beschrieben.

7.3.1 Grundstruktur der Web App mit JQuery Mobile

Im HTML Tag sind die Codes und Stylesheets von OpenLayers Mobile, jQuery und jQuery Mobile eingebunden. Diese werden beim Aufruf der Datei geladen.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
    <title>Participatory Sensing MT ( OpenLayers-jQuery Mobile )</title>
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0,
      maximum-scale=1.0, user-scalable=0">
    <meta name="apple-mobile-web-app-capable" content="yes">
    <link rel="stylesheet"
      href="http://code.jquery.com/mobile/1.0/jquery.mobile-1.0.min.css">
    <script src="http://code.jquery.com/jquery-1.6.4.min.js"></script>
    <script src="http://code.jquery.com/mobile/1.0.1/jquery.mobile-
      1.0.1.min.js"></script>
    <link rel="stylesheet" href="/OpenLayers-
      2.13/theme/default/style.mobile.css" type="text/css">
    <link rel="stylesheet" href="style.mobile-jq.css" type="text/css">
    <script src="/OpenLayers-2.13/lib/OpenLayers.js?mobile"></script>
    <!-- In diese Datei uebernommen: -->
    <!-- <script src="mobile-base.js"></script> -->
    <!-- <script src="mobile-jq.js"></script> -->
    <script type="text/javascript">
```

Im Body Tag wurden die verschiedenen Webseiten und Bottons mit jQuery definiert. Mit dem Attribut data-role werden in einer jQuery Web-App sämtliche Inhaltstypen und Definitionen gesteuert (Franke & Ippen, 2013:345). Mit der data-role=footer wurde die Fußzeile (Footer Bar) mit den primären Menü-Buttons gebildet. Davon verweisen 3 Buttons auf Webseiten, die im Anschluss mit der datarole=page aufgeführt werden, während der Button „Sense“ zum Control Element „standortbew“ verweist.

Die einzelnen Webseiten sind im Body Tag mit der datarole=page definiert. Die OpenLayers Kartendarstellung erfolgt in der Webseite mit der id=mappage. Das ist die Webseite, die die komplexen Funktionen von OpenLayers beinhaltet und in der die Fußleiste und die Navigationsbuttons definiert sind.

Abb. 21: Web-App Grundstruktur des Prototyps (Eigene Darstellung, Screenshot gis-x.de)

```
<div data-role="page" id="mappage">
  <div data-role="content">
    <div id="map"></div>
  </div>

  <div data-role="footer">
    <a href="#layerspage" data-icon="layer" data-role="button">Layer</a>
    <a href="#" id="standortbew" data-icon="star" data-
      role="button">Sense</a>
    <a href="#legendepage" id="legendepage" data-icon="grid" data-
      role="button">Legende</a>
    <a href="#hinweispage" id="hinweispage" data-icon="info" data-
      role="button">Info</a>
  </div>>

  <div id="navigation" data-role="controlgroup" data-type="vertical">
    <a href="#" data-role="button" data-icon="plus" id="plus"
      data-iconpos="notext"></a>
    <a href="#" data-role="button" data-icon="minus" id="minus"
      data-iconpos="notext"></a>
    <a href="#" data-role="button" data-icon="gear" id="locate"
      data-iconpos="notext"></a>
  </div>
</div>
```

Mit der `data-role=controlgroup` wurden die Navigationsbuttons gruppiert. Diese sind ein Teil der Anforderungen von Nr. 2 „In der Karte navigieren“. Der Use Case Nr. 4 „Standort bestimmen und anzeigen“ wurde in die „Controlgroup“ verlegt (`id=locate`), um in der Fußleiste genügend Platz für die notwendigen Buttons zu erhalten.

```
<div id="navigation" data-role="controlgroup" data-type="vertical">
  <a href="#" data-role="button" data-icon="plus" id="plus"
    data-iconpos="notext"></a>
  <a href="#" data-role="button" data-icon="minus" id="minus"
    data-iconpos="notext"></a>
  <a href="#" data-role="button" data-icon="gear" id="locate"
    data-iconpos="notext"></a>
</div>
```

Die Layerauswahl wird mit der `id=layerspage` eingebunden (Use Case Nr. 3 „Layer auswählen“).

```
<div data-role="page" id="layerspage">
  <div data-role="header">
    <h1>Layers</h1>
  </div>
  <div data-role="content">
    <ul data-role="listview" data-inset="true" data-theme="d" data-
      dividertheme="c" id="layerslist">
    </ul>
  </div>
</div>
```

Der Use Case Nr. 1 „Informationsseiten und Legende aufrufen“ wird durch Erzeugung von 2 neuen Webseiten erreicht (`id=legendepage` und `id=hinweispage`). Zur Vereinfachung wird der Inhalt (Content) direkt in den Header geschrieben. Der Quellcode ist in der Anlage dokumentiert.

Die in dem Body Tag definierten Buttons enthalten die mit einer Raute bezeichneten Linkziele. Die Linkziele befinden sich im Head Tag. Sie sind im Folgenden aufgeführt. Es handelt sich um die Navigationsfunktionen, die Standortbestimmung (Locate) und die Funktionen zum Aufruf der oben beschriebenen Webseiten.

```
// Buttons initialisieren, Verweis direkt von den Menues aus dem "body"-
  Block
  //Navigation
  $("#plus").live('click', function(){
    map.zoomIn();
  });

  $("#minus").live('click', function(){
    map.zoomOut();
  });
```

```
//Locate
$("#locate").live('click',function(){
  var control = map.getControlsBy("id", "locate-control")[0];
  if (control.active) {
    control.getCurrentLocation();
  } else {
    control.activate();
  }
});

// Locate vor der Standortbewertung
$("#standortbew").live('click', function (){
  if (confirm ('Hiermit können sie den aktuellen Standort bestimmen und
  bewerten. Fortfahren?'))
    {{var control = map.getControlsBy("id", "standortbew_control")[0];
  if (control.active) {
    control.getCurrentLocation();
  } else {
    control.activate();
  }}
});

//fix the content height AFTER jQuery Mobile has rendered the map page
$("#mappage").live('pageshow',function (){
  fixContentHeight();
});
$(window).bind("orientationchange resize pageshow", fixContentHeight);

// Menüeseitenaufrufe
$("#hinweispage").live('pageshow',function(event, ui){
});

$("#legendepage").live('pageshow',function(event, ui){
});

// Fuer die Layerauswahl
function initLayerList() {
  $("#layerspage").page();
  $('<li>', {
    "data-role": "list-divider",
    text: "Base Layers"
  })
  .appendTo('#layerslist');
  var baseLayers = map.getLayersBy("isBaseLayer", true);
  $.each(baseLayers, function() {
    addLayerToList(this);
  });
  $('<li>', {
    "data-role": "list-divider",
    text: "Overlay Layers"
  })
  .appendTo('#layerslist');
  var overlayLayers = map.getLayersBy("isBaseLayer", false);
  $.each(overlayLayers, function() {
    addLayerToList(this);
  });
  $('#layerslist').listview('refresh');
  map.events.register("addlayer", this, function(e) {
    addLayerToList(e.layer);
  });
}
```

```
function addLayerToList(layer) {
  var item = $('<li>', {
    "data-icon": "check",
    "class": layer.visibility ? "checked" : ""
  })
  .append($('<a />', {
    text: layer.name
  })
  .click(function() {
    $.mobile.changePage('#mappage');
    if (layer.isBaseLayer) {
      layer.map.setBaseLayer(layer);
    } else {
      layer.setVisibility(!layer.getVisibility());
    }
  })
  )
  .appendTo('#layerslist');
  layer.events.on({
    'visibilitychanged': function() {
      $(item).toggleClass('checked');
    }
  });
}
//----- Ende Uebernahme aus mobile-jq.js
//-----
```

Für die optimale Darstellung der OpenLayers Karten sind die Einstellungen für die „Map Page“ und den „Height of Content“ notwendig.

```
//-----
// Uebernahme aus mobile-jq.js
//-----
// Start with the map page
window.location.replace(window.location.href.split("#")[0] + "#mappage");

// "height of content"
function fixContentHeight() {
  var footer = $("div[data-role='footer']:visible"),
      content = $("div[data-role='content']:visible:visible"),
      viewHeight = $(window).height(),
      contentHeight = viewHeight - footer.outerHeight();
  if ((content.outerHeight() + footer.outerHeight()) !== viewHeight) {
    contentHeight -= (content.outerHeight() - content.height() + 1);
    content.height(contentHeight);
  }
}

if (window.map && window.map instanceof OpenLayers.Map) {
  map.updateSize();
} else {
  // Map initialisieren
  init(function(feature) {
    selectedFeature = feature;
    $.mobile.changePage("#popup", "pop");
  });
  initLayerList();
}
}
```

7.3.2 OpenLayers Grundfunktionen

Auch die komplexesten OpenLayers Anwendungen folgen einer Grundstruktur. So wird jeweils ein Map Objekt erzeugt, mindestens ein Layer Objekt und anschließend werden die Objekte gekoppelt und die Layer der Map hinzugefügt (OpenLayers, 2010:70). Im folgenden Programmcode wurden die einzelnen Instanzen der Layer WMS OSM_grey, Wohngebiete: Lebensqualität, Landschaften: Spiritualität, Bewertung: Verbesserungen, Wohlfühlorte und Layer Standortanzeige hinzugefügt. Die Layer können im Prototyp in einer Layerauswahl hinzugefügt oder abgewählt werden (s Abb. 22)

Layers	
Base Layers	
WMS OSM_grey	<input checked="" type="checkbox"/>
Overlay Layers	
Wohngebiete: Lebensqualität	<input checked="" type="checkbox"/>
Landschaften: Spiritualität	<input checked="" type="checkbox"/>
Bewertung: Verbesserungen	<input checked="" type="checkbox"/>
Wohlfühlorte	<input checked="" type="checkbox"/>
Layer Standortanzeige	<input checked="" type="checkbox"/>

Abb. 22: Auswählbare Layer des Prototyps (Eigene Darstellung, Screenshot gis-x.de)

```
//-----  
// Anfang Uebernahme aus mobile-base.js  
//-----  
var map;  
var refreshStrategy = new OpenLayers.Strategy.Refresh ({ force: true });  
var init = function (onSelectFeatureFunction) {  
  
    // Layer zur Standortanzeige  
    var vector = new OpenLayers.Layer.Vector("Layer Standortanzeige",  
    { isBaseLayer: false,  
      visibility: true,  
      displayInLayerSwitcher: false  
    }  
    );  
  
    // OSM WMS grau Terrestris und OSM  
    var wms_osm_grey = new OpenLayers.Layer.WMS( "WMS OSM_grey",  
    "http://ows.terrestris.de/osm-gray/service?",  
    {layers: "OSM-WMS",  
      isBaselayer:true,  
      projection:new OpenLayers.Projection("EPSG:4326")}  
    ,{attribution: "© terrestris GmbH & Co KG, Data © OpenStreetMap"}  
    );  
};
```

```
);

// Bewertungsgebiete Wohngebiete wms
var Bewertungsgebiete_bew2 = new OpenLayers.Layer.WMS( "Wohngebiete: Lebensqualität",
    "http://gis-x.de:8080/geoserver/MT/wms?", {layers: "bewertungsgebiete_bew2",
isBaselayer:false,
    visibility: true,
    strategies: [ refreshStrategy ],
projection:new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
transparent: "true",
format: "image/png"
    }
    //,{attribution: "© GIS-X, Data © OpenStreetMap"}

    },
    {isBaselayer: false,
    {opacity: 0.1, singleTile: true}
    });

// Bewertungsgebiete Landschaften wms
var Bewertungsgebiete_bew3 = new OpenLayers.Layer.WMS( "Landschaften: Spiritualität",
    "http://gis-x.de:8080/geoserver/MT/wms?", {layers: "bewertungsgebiete_bew3",
    strategies: [ refreshStrategy ],
projection:new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
transparent: "true",
format: "image/png"
    }
    //,{attribution: "© GIS-X"}

    },
    {isBaselayer: false,
    visibility: true
    },
    {opacity: 0.1, singleTile: true}
    );

// Bewertungsgebiete todo wms
var Bewertungsgebiete_todo = new OpenLayers.Layer.WMS( "Bewertung: Verbesserungen",
    "http://gis-x.de:8080/geoserver/MT/wms?", {layers: "bewertungsgebiete_todo",
isBaselayer:false,
visibility: false,
    displayInLayerSwitcher: false,
    strategies: [ refreshStrategy ],
projection:new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
transparent: "true",
format: "image/png"
    }
    //,{attribution: "© GIS-X"}

    },
    {isBaselayer: false,
    visibility: false
    },
    {opacity: 0.1, singleTile: true}
    );

// Wohlfuelorte wms
var wohlfuehlorte = new OpenLayers.Layer.WMS( "Wohlfühlorte",
    "http://gis-x.de:8080/geoserver/MT/wms?", {layers: "sensetable",
projection:new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
transparent: "true"},
{isBaselayer: false},
{opacity: 0.8, singleTile: false}
    );
```

Mit dem Container “new OpenLayers.Map“ wird die Instanz des Map Objektes erzeugt, zu dem die Layer hinzugeladen werden.

```
//-----  
// Openlayers Map Einstellungen  
//-----  
  
map = new OpenLayers.Map({  
  div: "map",  
  theme: null,  
  projection: new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),  
  displayProjection: new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),  
  units: "m",  
  numZoomLevels: 25,  
  controls: [  
    new OpenLayers.Control.Attribution,  
    new OpenLayers.Control.MousePosition(),  
    new OpenLayers.Control.TouchNavigation({  
      dragPanOptions: {  
        interval: 100,  
        enableKinetic: true  
      }  
    })  
  ],  
  geolocate,  
  locateStandortbew  
],  
  layers: [  
    wms_osm_grey,  
    Bewertungsgebiete_bew2,  
    Bewertungsgebiete_bew3,  
    Bewertungsgebiete_todo,  
    wohlfuehlorte,  
    vector  
  ]  
});  
// Set Center      WMS WGS 84  
map.setCenter( new OpenLayers.LonLat(7.21486,51.4823) // Center of the map  
  , 12// Zoom level  
);  
};
```

7.3.3 OpenLayers Location Control Objekt

Control Objekte haben in OpenLayers die Funktion von Steuerungselementen (Jansen & Adams, 2010:81). Sie werden in das oben beschriebene Map Objekt eingetragen. Für die Standortbestimmung mit OpenLayers existiert das Geolocate Control Objekt. Damit wird der Use Case Nr. 5 „Koordinaten und Lagegenauigkeit bestimmen“ durchgeführt.

```
var geolocate = new OpenLayers.Control.Geolocate({  
  id: 'locate-control',  
  geolocationOptions: {  
    enableHighAccuracy: false,
```

```
        maximumAge: 0,  
        timeout: 7000  
    }  
});
```

Mit den Eventhandlern kann festgestellt werden, ob das Lokalisieren fehlerhaft (locationfailed) oder erfolgreich (locationupdated) war. Dementsprechend werden die innerhalb der Events beschriebenen Codes ausgeführt.

```
// event locationfailed zu locateStandortbew  
locateStandortbew.events.register ( "locationfailed", this, function(){  
    alert ('Keine Standortangaben vorhanden - Bitte später bei GPS Empfang erneut versuchen.');});  
  
// event locationupdated zu locateStandortbew  
locateStandortbew.events.register ( "locationupdated", this, function(e) {  
    point2 = new OpenLayers.LonLat ( e.point.x, e.point.y) //  
    map.setCenter( new OpenLayers.LonLat(point2) // Center of the map  
    , 18// Zoom level  
);  
if (e.position.coords.accuracy < 25){  
    var gen = e.position.coords.accuracy;  
    $.ajax({  
        type: "POST",  
        url: "MT_php2.php",  
        data: { x: e.point.x, y: e.point.y, gen : gen } ,  
        success: function ( data ) {  
            //alert( "Ergebnis_php2: " + data );  
            var data1 = data.split(" ");  
            id = data1[2];  
            nutzung = data1[3];  
            geom_long = data1[4];  
            geom_lat = data1[5];  
            genauigkeit = data1[6];  
            // Zur Funktion bewertung springen:  
            bewertung(id,nutzung,geom_long,geom_lat,genauigkeit);  
        } ,  
        dataType: "text"  
    });  
}  
else if (e.position.coords.accuracy < 50){  
    var gen = e.position.coords.accuracy;  
    vector.addFeatures([  
        new OpenLayers.Feature.Vector(  
            e.point,{},  
            {  
                graphicName: 'cross',  
                strokeColor: '#f00',  
                strokeWidth: 2,  
                fillOpacity: 0,  
                pointRadius: 10  
            }  
        ) ,  
        new OpenLayers.Feature.Vector(  
            OpenLayers.Geometry.Polygon.createRegularPolygon(  
                new OpenLayers.Geometry.Point(e.point.x, e.point.y),  
                e.position.coords.accuracy / 2,  
                50,
```



```
    0
    ),{}
    style
  )
  });
  if (confirm ('Die Genauigkeitsangabe Ihrer Positionsbestimmung beträgt nur ' + gen +
    ' Meter. Möchten sie dennoch fortfahren wählen Sie bitte ok. Ansonsten brechen
    Sie bitte ab' +
    ' und versuchen es später noch einmal'))){
    $.ajax({
      type: "POST",
      url: "MT_php2.php",
      data: { x: e.point.x , y: e.point.y, gen : gen} ,
      success: function ( data ) {
        //alert( "Ergebnis_php2: " + data );
        var data1 = data.split(" ");
        id = data1[2];
        nutzung = data1[3];
        geom_long = data1[4];
        geom_lat = data1[5];
        = data1[6];
        // Zur Funktion bewertung springen:
        bewertung(id,nutzung,geom_long,geom_lat,genauigkeit);
      },
      dataType: "text"
    });
  }
}
else {
  var gen = e.position.coords.accuracy;
  alert ('Die Genauigkeitsangabe Ihrer Positionsbestimmung beträgt nur ' + gen +
    ' Meter. Bitte versuchen Sie es später noch einmal.');
```

Ist die Standortbestimmung erfolgreich, wird in dem Fall, dass mit der Koordinate die Standortbestimmung durchgeführt werden soll, zusätzlich die Genauigkeit abgefragt und ausgewertet. Ist die bestimmte Lagegenauigkeit < 25 Meter, so läuft das Programm ohne Abfrage weiter. Liegt die Genauigkeit zwischen 25 Meter und kleiner 50 Meter, so erfolgt eine Abfrage und der Nutzer kann entscheiden, ob er dennoch eine Bewertung vornehmen will (Abb. 23). Ist die Lagegenauigkeit unter 50 Meter, erfolgt ein Hinweis mit der Angabe der Lagegenauigkeit und es kann keine Bewertung vorgenommen werden (Abb. 24). Es wird an dieser Stelle also bereits vor der nachfolgenden Eingabe eine Datenprüfung vorgenommen. Ist die Genauigkeit ausreichend wird der Use Case Nr. 6 „Daten erfassen und speichern“ innerhalb des Events „locationupdated“ begonnen.

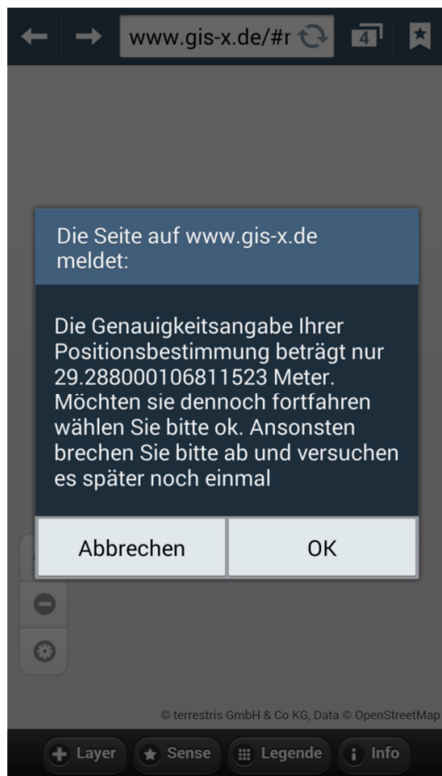


Abb. 23

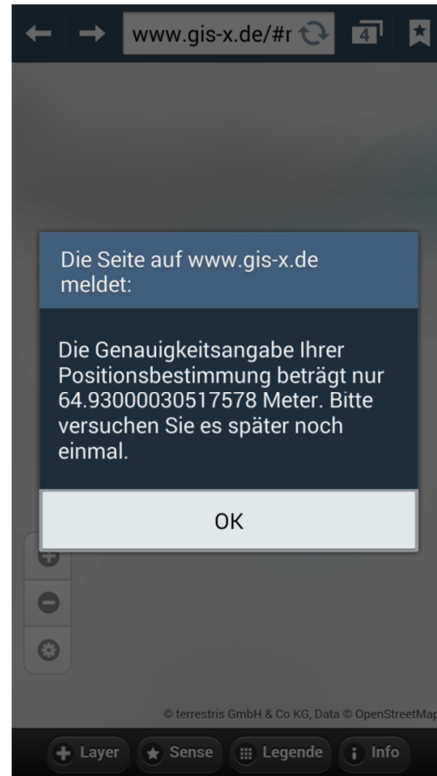


Abb. 24

Abb. 23: Prototyp Abfrage bei einer Lagegenauigkeit 25 Meter \leq Genauigkeit $<$ 50 Meter (Eigene Darstellung, Screenshot gis-x.de)

Abb. 24: Prototyp Hinweis bei einer Lagegenauigkeit $>$ 50 Meter (Eigene Darstellung, Screenshot gis-x.de)

7.3.4 AJAX Kommunikation mit PHP

Javascript und damit OpenLayers und jQuery sind clientseitige Skripte, dessen Quellcode vom Server geladen und im Browser ausgeführt wird. Die Datenbank PostGIS läuft serverseitig. Damit die beiden Komponenten miteinander kommunizieren können, ist eine Zwischenschicht nötig, die die notwendigen Funktionen zur Übertragung übernimmt. Eine Lösung dafür ist PHP (Jansen & Adams, 2010:249). PHP wurde auch für den Prototyp eingesetzt. PHP kann mit AJAX Funktionen vom Browser angesprochen werden. AJAX bedeutet Asynchronous JavaScript And XML und ermöglicht das Laden vom Server ohne die Webseite komplett neu aufzubauen (Franke & Ippen, 2013:89). Ein AJAX Request wäre auch mit OpenLayers Bordmitteln ohne weitere JavaScript Bibliotheken möglich (Jansen & Adams, 2010:250), für den Prototyp wird aber die AJAX Funktion von jQuery verwendet.

Die AJAX Funktion wird an 2 Stellen aufgerufen um Datenbankbefehle mit PHP durchzuführen. Die erste Funktion ruft die PHP Datei MT_php2.php auf. Innerhalb des PHP Programmcodes wird

festgestellt, ob die übergebenen Koordinaten innerhalb der Bewertungsgebiete liegen und welche Nutzung für das Bewertungsgebiet ausgewiesen ist. Die übergebenen Variablen sind deshalb die mit dem OpenLayers Geolocate Control-Objekt erhaltenen Koordinaten. Zudem wird die ausgewiesene Lagegenauigkeit mit übergeben, da diese nach Erhalt der Ergebnisdaten aus der AJAX Funktion mit an die Funktion „Bewertung“ übergeben werden soll. Die bei erfolgreicher Durchführung des AJAX Requests erhaltenen Ergebnisse liegen in einem Array vor. Dieses Array wird an den Leerzeichen gesplittet, damit die einzelnen Variablen anschließend entsprechend ihrer Reihenfolge gesetzt werden können. Für die weitere Verwendung werden die Variablen ID des festgestellten Bewertungsgebietes, die Nutzung, die Koordinaten und die Genauigkeit an die Funktion „Bewertung“ übergeben.

```
$.ajax({
  type: "POST",
  url: "MT_php2.php",
  data: { x: e.point.x, y: e.point.y, gen : gen },
  success: function ( data ) {
    //alert( "Ergebnis_php2: " + data );
    var data1 = data.split(" ");
    id = data1[2];
    nutzung = data1[3];
    geom_long = data1[4];
    geom_lat = data1[5];
    genauigkeit = data1[6];
    // Zur Funktion bewertung springen:
    bewertung(id,nutzung,geom_long,geom_lat,genauigkeit);
  },
  dataType: "text"
});
```

Mit der Funktion „Bewertung“ wird entsprechend der festgestellten Nutzung das Bewertungsmenü aufgerufen (s. Kapitel 7.3.5).

Wurde vom Nutzer eine Bewertung durchgeführt und dieser wählt die Aktion „Speichern“, so wird die Funktion `speichern_1` aufgerufen, es sei denn die Koordinaten sind außerhalb der Bewertungsgebiete, dann wird die Funktion `speichern_3` aufgerufen.

Zum Speichern der Daten in PostGIS wird an dieser Stelle die Datei `MT_Speichern.php` aufgerufen. Es werden die im Menü eingegebenen Werte von `bew1`, `bew2` und `todo` sowie die Werte der `id` des Bewertungsgebietes, der Koordinaten und der Genauigkeit an die PHP Datei übergeben. Als Ergebnis benötigt man nur noch die Information über das Ergebnis der Speicherung. Sollte bei der vorherigen Abfrage, in welchem Bewertungsgebiet man sich befindet, kein Gebiet gefunden, so

kann dennoch ein Standort bewertet werden, dann allerdings nur anhand einer Punktfeature-Bewertung (Wohlfühlorte).

```
function speichern_1(){
  var var_bew1 = document.getElementById('id_bew1').value;
  var var_bew2 = document.getElementById('id_bew2').value;
  var var_todo = document.getElementById('id_todo').value;
  $.ajax({
    type: "POST",
    url: "MT_Speichern.php",
    data: { id : id , bew1: var_bew1 , bew2 : var_bew2, todo :
      var_todo, geom_long : geom_long , geom_lat: geom_lat,
      genauigkeit : genauigkeit} ,
    success: function ( data ) {
      alert( "Ergebnis: " + data );
    },
    dataType: "text"
  });
  map.removePopup(eingabepopup);
  refreshStrategy.activate();
};
```

7.3.5 Das Bewertungsmenü

Nach der im vorherigen Kapitel beschriebenen ersten AJAX Funktion wird die Funktion „bewertung“ aufgerufen, in der abgefragt wird, ob ein Bewertungsgebiet am Standort vorhanden ist und welche Nutzung das Gebiet hat. Damit wird der Use Case Nr. 7 „Bewertung durchführen“ ausgeführt.

```
function bewertung (id,nutzung,geom_long,geom_lat,genauigkeit) {
  if (nutzung == 0) {
    bew_menu1 ();
  }
  else if (nutzung == 1) {
    bew_menu2();
  }
  else {
    bew_menu3 ();
  }
}
```

Aus der Funktion „bewertung“ wird das entsprechende Bewertungsmenü aufgerufen. In Abbildung 25 ist das Bewertungsmenü für die Bewertung eines Stadtteils aufgeführt. Wie die Eingabe vom Browser unterschiedlich sein kann, ist in den Abb. 26 und Abb. 27 zu erkennen. Für die Sicherstellung der Konsistenz der Daten, erfolgt die Abfrage über vorgegebene Routinen und Auswahlmöglichkeiten.

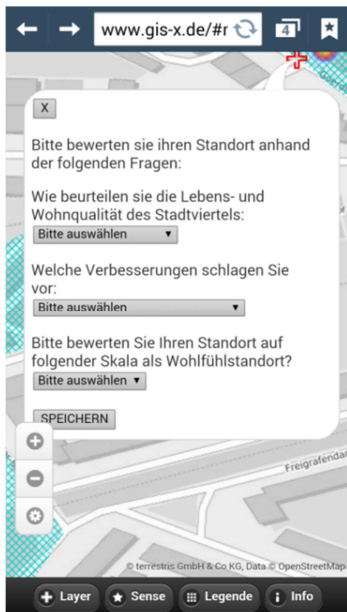


Abb. 25

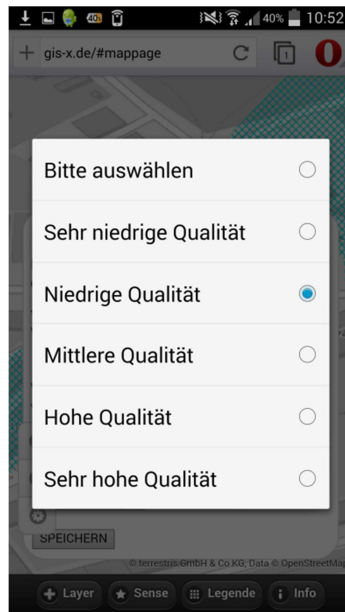


Abb. 26

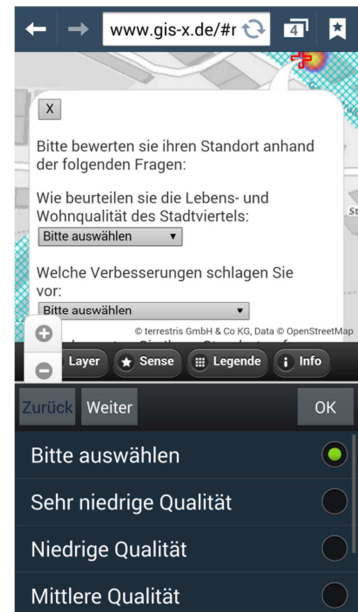


Abb. 27

Abb. 25: Prototyp Bewertungsmenü 1 (Eigene Darstellung, Screenshot gis-x.de)

Abb. 26: Prototyp Eingabe mit Opera Broser (Eigene Darstellung, Screenshot gis-x.de)

Abb. 27: Prototyp Eingabe mit Google Browser (Eigene Darstellung, Screenshot gis-x.de)

Stellvertretend für die 3 Bewertungsmenüs wird im Folgenden der Programmcode des Menüs „bew_menu1“ (Abb. 25) aufgeführt.

```
function bew_menu1 () {
  eingabepopup = new OpenLayers.Popup.FramedCloud ("Eingabe", lonlat = map.getCenter(), null,
    '<div><button type="button" onclick="abbruch()">X</button></div>' +
    '<p>Bitte bewerten sie ihren Standort ' +
    'anhand der folgenden Fragen:<br></p>' +
    '<p>Wie beurteilen sie die Lebens- und Wohnqualität des Stadtviertels:<br><select id="id_bew2">' +
    '<option value="0">Bitte auswählen</option>' +
    '<option value="1">Sehr niedrige Qualität</option>' +
    '<option value="2">Niedrige Qualität</option>' +
    '<option value="3">Mittlere Qualität</option>' +
    '<option value="4">Hohe Qualität</option>' +
    '<option value="5">Sehr hohe Qualität</option>' +
    '</select></p>' +
    '<p>Welche Verbesserungen schlagen Sie vor:<br><select id="id_todo">' +
    '<option value="0">Bitte auswählen</option>' +
    '<option value="1">Besserer Lärmschutz</option>' +
    '<option value="2">Bessere Infrastruktur</option>' +
    '<option value="3">Mehr Sauberkeit</option>' +
    '<option value="4">Mehr Kultureinrichtungen</option>' +
    '<option value="5">Verbesserung der Atmosphäre</option>' +
    '<option value="6">Mehr Sicherheit</option>' +
    '<option value="7">Keine Verbesserungen notwendig</option>' +
    '</select></p>' +
    '<p>Bitte bewerten Sie Ihren Standort auf folgender Skala als Wohlfühlstandort?<br><select id="id_bew1">' +
    '<option value="0">Bitte auswählen</option>' +
    '<option value="1">1 Sehr Schlecht</option>' +
    '<option value="2">2</option>' +
```

```
'<option value="3">3</option>' +
'<option value="4">4</option>' +
'<option value="5">5</option>' +
'<option value="6">6</option>' +
'<option value="7">7</option>' +
'<option value="8">8</option>' +
'<option value="9">9</option>' +
'<option value="10">10 Sehr gut</option>' +
'</select></p>' +
'<div><button type="button" onclick="speichern_1()">SPEICHERN</button></div>',
null, true );
    map.removePopup(eingabepopup);
    map.addPopup(eingabepopup);
};
```

7.3.6 PostGIS Zugriff mit PHP und SQL

Die zentrale Aufgabe von PHP ist die Kommunikation mit der PostGIS Datenbank. PostGIS bietet eine große Anzahl von räumlichen Funktionen. Für den SQL Befehl „SELECT gid, nutzung FROM bewertungsgebiete WHERE ST_Within (\$pg_geom, geom);“ in der Datei MT_php2.php wird die Funktion ST_Within verwendet (PostGIS, 2014). Wird keine Übereinstimmung gefunden, werden für die ID und die Nutzung Dummy-Variablen für die weitere Verwendung gesetzt.

```
<?php
// Verbindung zur Datenbank
include("../include/php_connect_mt.inc");

// Rückgabe mit echo Funktion und als text/html
header('Content-Type: text/html; charset=UTF-8');

$long = floatval($_POST['x']);
$lat = floatval($_POST['y']);
$genauigkeit = floatval($_POST['gen']);

if ($pgsql_conn) {
    // Aktionen, wenn Datenverbindung besteht
    // Point bilden
    $pg_geom = "ST_GeomFromText ( 'POINT ( $long $lat )', 4326 )";
    // Polygon selektieren
    $sql = "SELECT gid, nutzung FROM bewertungsgebiete WHERE ST_Within ( $pg_geom, geom)";
    $result2 = pg_query($pgsql_conn, $sql);

    if ( $result2 == "false" ) {
        echo "Fehler 1: Bitte Nachricht an den Administrator";
        exit;
    }
    else {
        if ($arr[0] == 0 or $arr[0] == 1) {
            // Variable ist gesetzt und beinhaltet Werte

            // Werte aus dem Array bestimmen
            $arr = pg_fetch_array($result2, 0, PGSQL_NUM);
            $ergebnis = " Werte " . $arr[0] . " " . $arr[1] ;
            echo $ergebnis;
            $koord_gen = " " . $long . " " . $lat . " " . $genauigkeit ;
```

```
        echo $koord_gen;
    }
    else {
        $id = -1;
        $nutzung = 3;
        $ergebnis = "Werte " . $id . " " . $nutzung ;
        echo $ergebnis;
        $koord_gen = " " . $long . " " . $lat . " " . $genauigkeit ;
        echo $koord_gen;
    }
}
}
else {
    $result_else = "Fehler 2: Bitte Nachricht an den Administrator";
    echo $result_else;
    exit;
}
exit;
?>
```

Mit der PHP Datei MT_Speichern werden die in der Anwendung erfassten Werte in der PostGIS Datenbank gespeichert. Die Speicherung erfolgt aber nur, wenn von Nutzer Bewertungen vorgenommen wurden. Es erfolgt also vor Speicherung eine Plausibilitätskontrolle der Eingangsdaten. Außerdem werden entsprechend der Anforderungen die Genauigkeit und das Datum der Erfassung automatisiert gespeichert.

Die Punktfeatures werden mit dem SQL Befehl „INSERT INTO sensetable (bew1, bew2, todo , geom, genauigkeit, datum) VALUES (\$bew1, \$bew2 , \$todo, \$pg_geom , \$genauigkeit, CURRENT_TIMESTAMP)“ gespeichert.

Für die Aggregation der Daten innerhalb eines Bewertungsgebietes werden zunächst die bereits gespeicherten Bewertungen ausgeladen und ausgewertet. Diese werden für die Berechnung der Standardabweichungen benötigt und auch für die Berechnung der Mittelwerte verwendet. Der SQL Befehl lautet:

```
SELECT bew2_wert1, bew2_wert2, bew2_wert3, bew2_wert4, bew2_wert5, bew2_anz,
todo_wert1, todo_wert2, todo_wert3, todo_wert4, todo_wert5, todo_wert6, todo_wert7
todo_anz FROM bewertungsgebiete WHERE gid = $id
```

Mit diesen Werten und den neu erfassten Werten werden die neuen Standardabweichungen und Mittelwerte (zum Attribut bew2) sowie der Maximalwert der Attribute todo berechnet.

Mittelwert:

$$\$bew2 = (\$bew2_wert1 * 1 + \$bew2_wert2 * 2 + \$bew2_wert3 * 3 + \$bew2_wert4 * 4 + \$bew2_wert5 * 5) / (\$bew2_wert1 + \$bew2_wert2 + \$bew2_wert3 + \$bew2_wert4 + \$bew2_wert5);$$

Standardabweichung:

```
$bew2_s = sqrt (((pow(1-$bew2,2) * $bew2_wert1) + (pow(2-$bew2,2) * $bew2_wert2) + (pow(3-$bew2,2) * $bew2_wert3)+ (pow(4-$bew2,2) * $bew2_wert4) + (pow(5-$bew2,2) * $bew2_wert5)))/($bew2_wert1 + $bew2_wert2 + $bew2_wert3 + $bew2_wert4 + $bew2_wert5));
```

Maximalwert:

```
$arr_todo = array($todo_wert1, $todo_wert2, $todo_wert3, $todo_wert4, $todo_wert5, $todo_wert6, $todo_wert7);
```

```
$nr = null;
```

```
foreach ($arr_todo as $folge=>$wert) {
    if ($nr===null || $wert>$arr_todo[$nr]) {
        $nr = $folge;
    }
}
```

```
}
```

```
$todo = $nr + 1;
```

Die neu berechneten Werte werden mit den folgenden SQL Befehlen gespeichert:

```
"UPDATE bewertungsgebiete SET bew2 = $bew2 , bew2_wert1 = $bew2_wert1, bew2_wert2 = $bew2_wert2, bew2_wert3 = $bew2_wert3, bew2_wert4 = $bew2_wert4 , bew2_wert5 = $bew2_wert5, bew2_anz = $bew2_anz, bew2_s = $bew2_s, datumerf = current_timestamp WHERE gid = $id "
```

```
"UPDATE bewertungsgebiete SET todo = $todo, todo_wert1 = $todo_wert1, todo_wert2 = $todo_wert2, todo_wert3 = $todo_wert3, todo_wert4 = $todo_wert4, todo_wert5 = $todo_wert5, todo_wert6 = $todo_wert6, todo_wert7 = $todo_wert7, todo_anz = $todo_anz, todo_p = $todo_p, datumerf = current_timestamp WHERE gid = $id "
```

```
<?php
// Verbindung zur Datenbank
include("../include/php_connect_mt.inc");

header('Content-Type: text/html; charset=UTF-8');

//Variablenuebergabe
$id = intval ($_POST['id']);
$bew1 = floatval ($_POST['bew1']);
$bew2 = floatval ($_POST['bew2']);
$todo = floatval ($_POST['todo']);
$long = floatval ($_POST['geom_long']);
$lat = floatval ($_POST['geom_lat']);
$genauigkeit = floatval ($_POST['genauigkeit']);

if ( $bew1 == 0 and $bew2 == 0 and $todo == 0 ) {
    //Keine Bewertungen vorhanden
    echo ("Sie haben keine Bewertungen vorgenommen. Es erfolgt keine Speicherung.");
}
else if ($pgsql_conn) {
    // Aktionen, wenn Datenverbindung besteht
    // Daten in Postgis Tabelle sensetable speichern, Neue Objekte mit Originalwerten (Insert)
    $pg_geom = "ST_GeomFromText ( 'POINT ( $long $lat )', 4326 )";
    $sql = "INSERT INTO sensetable ( bew1, bew2, todo , geom, genauigkeit, datum) VALUES
        ( $bew1, $bew2 , $todo, $pg_geom , $genauigkeit, CURRENT_TIMESTAMP)";
    $result2 = pg_query($pgsql_conn, $sql);
    if ( $result2 == "false" ) {
        echo " Speichern fehlerhaft. Bitte wenden sie sich an den Administrator.";
        exit;
    }
}
```



```
}

else {
    //echo "Speichern 1 erfolgreich";
}

if ($id > 0) {
    // Daten zur Berechnung aus Postgis Tabelle auslesen
    $sql = "SELECT bew2_wert1, bew2_wert2, bew2_wert3, bew2_wert4, bew2_wert5, bew2_anz,
            todo_wert1, todo_wert2, todo_wert3, todo_wert4, todo_wert5, todo_wert6, todo_wert7,
            todo_anz FROM bewertungsgebiete WHERE gid = $id ";
    $result3= pg_query($pgsql_conn, $sql);
    if ( $result3 == "false") {
        echo " Abfrage fehlerhaft. Bitte wenden sie sich an den Administrator.";
        exit;
    }
    else {
        //echo "Abfrage erfolgreich";
    }

    //Variablenbenennung (Keine leeren Attribute in der Datenbank vorhanden, alle 0 oder hoeher)
    $arr = pg_fetch_array($result3, 0, PGSQL_NUM);
    $bew2_wert1 = $arr[0];
    $bew2_wert2 = $arr[1];
    $bew2_wert3 = $arr[2];
    $bew2_wert4 = $arr[3];
    $bew2_wert5 = $arr[4];
    $bew2_anz = $arr[5];
    $todo_wert1 = $arr[6];
    $todo_wert2 = $arr[7];
    $todo_wert3 = $arr[8];
    $todo_wert4 = $arr[9];
    $todo_wert5 = $arr[10];
    $todo_wert6 = $arr[11];
    $todo_wert7 = $arr[12];
    $todo_anz= $arr[13];

    // $ergebnis2 = " Werte Ergebnis4 " . $bew2_wert1 . " " . $bew2_wert2 . " " . $bew2_anz . " " .
    $todo_wert4 . " " . $todo_anz;
    //echo $ergebnis2;
}

//echo (" Bew2 - $bew2 -");
//echo (" todo- $todo -");

// Attribute "Lebensqualitaet" und "Spiritualitaet" im Attribut bew2...
if ($bew2 == 0){
    // Keine neuen Werte für bew2, keine neue Speicherung
}
else {
    // Neuen Wert hinzufuegen
    if ($bew2 == 1) {
        $bew2_wert1 = $bew2_wert1 + 1;
    }
    if ($bew2 == 2) {
        $bew2_wert2 = $bew2_wert2 + 1;
    }
    if ($bew2 == 3) {
        $bew2_wert3 = $bew2_wert3 + 1;
    }
    if ($bew2 == 4) {
        $bew2_wert4 = $bew2_wert4 + 1;
    }
}
```

```

        if ($bew2 == 5) {
            $bew2_wert5 = $bew2_wert5 + 1;
        }
        $bew2_anz = $bew2_anz + 1;

    if ($bew2_anz == 1){
        // $bew2 ist gleich der Post-Uebergabe, Standardabweichung = 0
        $bew2_s = 0;
    }
    else {
//Mittelwert
        $bew2 = ($bew2_wert1 * 1 + $bew2_wert2 * 2 + $bew2_wert3 * 3 + $bew2_wert4 * 4 +
            $bew2_wert5 * 5) /
            ($bew2_wert1 + $bew2_wert2 + $bew2_wert3 + $bew2_wert4 + $bew2_wert5);
        //Standardabweichung
        $bew2_s = sqrt (((pow(1-$bew2,2) * $bew2_wert1) + (pow(2-$bew2,2) * $bew2_wert2) + (pow(3-
            $bew2,2) * $bew2_wert3)
            + (pow(4-$bew2,2) * $bew2_wert4) + (pow(5-$bew2,2) * $bew2_wert5))/
            ($bew2_wert1 + $bew2_wert2 + $bew2_wert3 + $bew2_wert4 +
            $bew2_wert5));
        }
        // Daten in Postgis Tabelle bewertungsgebiete speichern, Polygone Update)
        $sql = "UPDATE bewertungsgebiete SET bew2 = $bew2 , bew2_wert1 = $bew2_wert1, bew2_wert2 =
            $bew2_wert2, bew2_wert3 = $bew2_wert3, bew2_wert4 = $bew2_wert4 , bew2_wert5 =
            $bew2_wert5, bew2_anz = $bew2_anz,
            bew2_s = $bew2_s, datumerf = current_timestamp
            WHERE gid = $id ";

        $result5 = pg_query($pgsql_conn, $sql);
        if ( $result5 == "false" ) {
            echo " Speicherung fehlerhaft. Bitte wenden sie sich an den Administrator.";
            exit;
        }
        else {
            //echo "Speicherung 2 erfolgreich";
        }
    }

    // Attribute "Verbesserungen" im Attribut todo...
    if ($todo == 0) {
        // Keine neuen Werte für todo, keine neue Speicherung
    }
    else {
        // Neuen Wert hinzufuegen
        if ($todo == 1) {$todo_wert1 = $todo_wert1 + 1; };
        if ($todo == 2) {$todo_wert2 = $todo_wert2 + 1; };
        if ($todo == 3) {$todo_wert3 = $todo_wert3 + 1; };
        if ($todo == 4) {$todo_wert4 = $todo_wert4 + 1; };
        if ($todo == 5) {$todo_wert5 = $todo_wert5 + 1; };
        if ($todo == 6) {$todo_wert6 = $todo_wert6 + 1; };
        if ($todo == 7) {$todo_wert7 = $todo_wert7 + 1; };
        $todo_anz = $todo_anz + 1;

        if ($todo_anz == 1){
            //Bisher keine Bewertungen, Keine Berechnungen notwendig, todo und todo_wert-n sind
gesetzt
            $todo_p = 100;
        }
        else{
            // Todo Attribut mit den meisten Antworten bestimmen (neue Daten sind hinzugefügt)
            $arr_todo = array($todo_wert1, $todo_wert2, $todo_wert3, $todo_wert4, $todo_wert5, $todo_wert6,
            $todo_wert7);
            $nr = null;

```

```
foreach ($arr_todo as $folge=>$wert) {
    if ($nr===null || $wert>$arr_todo[$nr]) {
        $nr = $folge;
    }
}
// Die am meisten gegebene Antwort ist ein Wert hoeher als die Nummer im Array (Array-
Anfang ist 0)
$todo = $nr + 1;

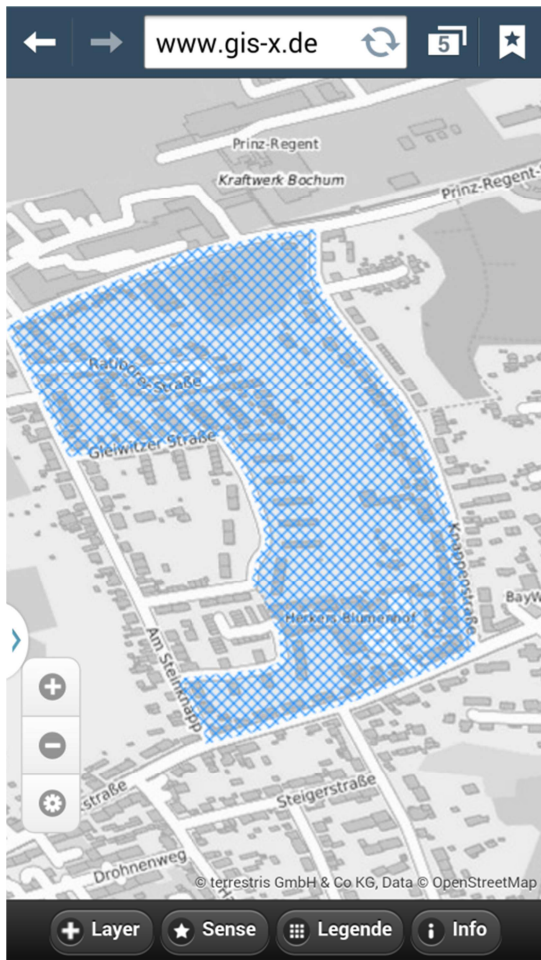
//Prozent Anzahl bestimmen
$todo_p = (100 * ( $arr_todo[$nr] /
($todo_wert1 + $todo_wert2 + $todo_wert3 + $todo_wert4 + $todo_wert5 + $todo_wert6 +
$todo_wert7)));
//echo $todo_p;
}
// Daten in Postgis Tabelle bewertungsgebiete speichern - nur todo Attribute, Polygone Update
$sql = "UPDATE bewertungsgebiete SET todo = $todo, todo_wert1 = $todo_wert1, todo_wert2 = $todo_wert2,
todo_wert3 = $todo_wert3, todo_wert4 = $todo_wert4, todo_wert5 = $todo_wert5,
todo_wert6 = $todo_wert6,
todo_wert7 = $todo_wert7, todo_anz = $todo_anz, todo_p = $todo_p, datumrf =
current_timestamp
WHERE gid = $id ";

$result4 = pg_query($pgsql_conn, $sql);
if ( $result4 == "false" ) {
    echo " Speicherung fehlerhaft. Bitte wenden sie sich an den Administrator.";
    exit;
}
else {
    //echo "Speicherung 3 erfolgreich";
}
echo $result4;
}
echo "Speichern erfolgreich";
}
else {
    $result1a = "Verbindung fehlerhaft";
    echo $result1a;
    exit;
}
exit;
?>
```

7.4 Visualisierung

Wie im Kapitel 5.3.2 beschrieben wurden die Ergebnislayer über WMS Dienste eingebunden. Als Mapserver wurde der in der Applikationsschicht beschriebene Geoserver verwendet. Die attributabhängige Visualisierung erfolgt mit dem Styled Layer Descriptor (SLD). Der SLD ist eine ergänzende Formatspezifikation zum WMS Dienst (Jansen & Adams, 2010:50). Damit kann die Visualisierung des WMS Dienstes in Abhängigkeit der Geodaten (Attribute) erfolgen.

Zur Visualisierung der Bewertungsgebiete sind 3 WMS Layer vorhanden (s. Abb. 29). Ein Layer für die Siedlungsgebiete, ein Layer für die Landschaften und ein Layer mit den erfolgten Verbesserungsvorschlägen.



die Siedlungsgebiete, ein Layer für die Landschaften und ein Layer mit den erfolgten Verbesserungsvorschlägen.

Im Anforderungskonzept ist aufgeführt, dass Daten mit niedriger Qualität extra visualisiert werden sollen. Für den Prototyp wird eine Standardabweichung größer als 0.7 und eine Bewertungsanzahl von weniger als 20 Personen als ungenau und unsicher festgesetzt und damit als Werte geringer Datenqualität vermerkt. Diese Attribute werden mit dem SLD ausgewertet, so dass die Bewertungsgebiete verändert durch Schraffuren dargestellt werden (s. Abb. 28). Bei dem Layer der Verbesserungsvorschläge werden die Vorschläge visualisiert, die die meisten Stimmen erhalten haben. Im „SLD Cookbook“ sind die Codes beschrieben (GeoServer, 2014b). Die SLD Datei ist im Anhang 4 aufgeführt.

Abb. 28: Prototyp Visualisierung (Eigene Darstellung, Screenshot gis-x.de)

Bewertungsgebiete Wohngebiete	Bewertungsgebiete Landschaften	Bewertungsgebiete Verbesserungen	Wohlfühlorte als Heatmap
<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Sehr Niedrige Bewertung (unsicher) ■ Sehr Niedrige Bewertung ⊗ Niedrige Bewertung (unsicher) ■ Niedrige Bewertung ⊗ Neutrale Bewertung (unsicher) ■ Neutrale Bewertung ⊗ Hohe Bewertung (unsicher) ■ Hohe Bewertung ⊗ Sehr Hohe Bewertung (unsicher) ■ Sehr Hohe Bewertung 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Sehr Niedrige Bewertung (unsicher) ■ Sehr Niedrige Bewertung ⊗ Niedrige Bewertung (unsicher) ■ Niedrige Bewertung ⊗ Neutrale Bewertung (unsicher) ■ Neutrale Bewertung ⊗ Hohe Bewertung (unsicher) ■ Hohe Bewertung ⊗ Sehr Hohe Bewertung (unsicher) ■ Sehr Hohe Bewertung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lärmschutz ■ Infrastruktur ■ Sauberkeit ■ Kultureinrichtungen ■ Atmosphäre ■ Sicherheit ■ Keine Verbesserungen 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ no data ⊗ no data ■ values ■ values ■ values

Abb. 29: Prototyp Legenden (Eigene Darstellung)

Für den Layer der Wohlfühlorte wird ein SLD verwendet, der den Layer in Form einer Heatmap darstellen soll (GeoServer, 2014c). Für die Verwendung muss die Web Processing Service Erweiterung vom GeoServer installiert sein. Die SLD Datei ist im Anhang 5 aufgeführt.

Damit die WMS Dienste in der Kartendarstellung nach Speicherung erneuert werden, wird die Refresh Strategy in OpenLayers eingefügt.

7.5 Prototyp Evaluation

In dem Prototyp wurden einige Verfahren zur Qualitätssteigerung nach Tab. 1 eingesetzt. Diese Verfahren waren in die Anforderungen an den Prototyp eingeflossen. Die aufgestellten Anforderungen zur Qualitätssicherung im Prototyp konnten allesamt umgesetzt werden. Die Entwicklungsschritte „Identifizierung der relevanten Qualitätskriterien“, „Einbinden der Kriterien in das Konzept“ und „Implementation der Anforderungen“ haben sich damit bewährt.

Die im Prototyp integrierten Verfahren zur Qualitätsverbesserung (s. Tab. 1) sind:

- Anleitung und Beschreibung
- Einfache und intuitive Bedienung
- Datenprüfung / Plausibilitätskontrolle der Eingangsdaten
- Vorgegebene Routinen und Auswahlmöglichkeiten
- (Automatisierte) Erfassung und Speicherung von Qualitätsinformationen
- Sensoreigenschaften ermitteln (Durch Eingabe, automatisiert, über Datenblätter)
- Konsistenzprüfungen
- Statistische Qualitätskontrolle
- Visualisierung und Hervorhebung von Fehlern, Ungenauigkeit und Unvollständigkeit

Die statistische Qualitätskontrolle wurde über die Attributübertragung auf die höhere Hierarchiestufe der Bewertungsgebiete vorgenommen und mit einer Verrechnung von Mittelwerten und Standardabweichungen vorgenommen, um Statistiken der neuen größeren Hierarchiestufe zu berechnen (vgl. Bill & Zehner, 2001:5).

8. Ergebnisse, Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

8.1 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Master Thesis anhand der Beantwortung der Forschungsfragen dargestellt.

Wie kann die Datenqualität in einer Participatory Sensing Anwendung gesichert und geprüft werden?

Für die Beantwortung der Forschungsfrage wurde in der Master Thesis ein Katalog von Maßnahmen aufgeführt, mit denen die Datenqualität gesichert, geprüft und verbessert werden kann (s. Tab. 1). Die aufgestellten Verfahren und Maßnahmen betreffen nicht nur eine technische Implementation. Gerade weil Participatory Sensing Anwendungen durch die Partizipation des Menschen erfolgreich sind, kann in vielen Anwendungen durch Kommunikationsmethoden indirekt eine Qualitätssteigerung erfolgen.

Welches Verfahren für eine Participatory Sensing Anwendung für die Verbesserung der Datenqualität erfolgversprechend ist, hängt dabei von der Kategorie des Projektes ab. Aus diesem Grunde wurde in Kapitel 3 eine Klassifikation durchgeführt, mit der die verschiedenen Arten der Anwendungen klassifiziert wurden. Insbesondere ist die Art der Information und die Verwendung der Sensoren ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal.

Die Evaluation der bestehenden Participatory Sensing Anwendungen bestätigt, dass die Art der Information und die Art der Sensoren bestimmen, welche Verfahren zur Datenqualität am sinnvollsten sind. Für Klarschiff-HRO und andere Anwendungen zur sensorbasierten Erfassung von Meldungsinformationen sind sicherlich andere Qualitätskriterien vorhanden als bei den Projekten Noisemap und enviroCar.

Bei den untersuchten Participatory Sensing Anwendungen wurde nur ein kleiner Teil der in Tabelle 1 aufgeführten möglichen Maßnahmen zur Qualitätssteigerung verwendet. Die in dieser Master Thesis aufgestellten Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung bieten darüber hinaus noch weitere Möglichkeiten. Ein umfassendes „Reputation Management“ nach Yang et al. (2011), mit dem bereits vor der eigentlichen Sammelphase Qualitätskriterien und die Datenqualität einzelner Nutzer ausgewertet werden, ist sicherlich zur Qualitätssteigerung sinnvoll, ist aber für den Praxis-Einsatz sehr aufwändig.

Die aufgestellten Anforderungen zur Qualitätssicherung im Prototyp konnten allesamt umgesetzt werden. Es zeigt sich, dass bereits mit einfachen Maßnahmen und mit Hilfe von variabel einzusetzenden und gut zusammen spielenden Softwarekomponenten Qualitätssicherungsverfahren umgesetzt werden können.

Wie kann Datenaggregation in einer Participatory Sensing Anwendung sinnvoll eingesetzt werden?

In der Master Thesis wurde untersucht, wie die Datenaggregation in einer Participatory Sensing Anwendung verschiedene Funktionen übernehmen kann (s. Kapitel 4.2). Datenaggregation kann nicht nur zur Datenaufbereitung als Teil der Datenanalyse und zur Generierung von Ergebnissen verwendet werden, sondern ist auch eine gute Methode zum Datenschutz. Durch Datenaggregation können individuelle Daten über den Nutzer so weiter verarbeitet werden, dass Informationen zu den einzelnen Nutzern nicht mehr zurückverfolgt werden können.

Im Zusammenhang mit der Visualisierung und Ergebnisdarstellung sind Datenaggregationen insbesondere bei Participatory Sensing Anwendungen sinnvoll, bei denen es sich um „kollektive Informationen“ handelt, also Informationen eines Sensornetzwerkes, die nur bei Auswertung einer Vielzahl von Daten aussagekräftige Ergebnisse liefern. In diesem Fall können Datenaggregationen eingesetzt werden. Es wären aber auch weiterreichende Analysen, wie z.B. Interpolationsmethoden, sinnvoll. Generell sind auch mehrere Analysemethoden denkbar, die Datenaggregation stellt dabei nur eine einfache Methode dar, die auch der Vorbereitung von weiterreichenden Analysen dienen kann.

8.2 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Als Basis zur Auswertung der Datenqualität und Datenaggregation wurde nach Darstellung der theoretischen Grundlagen eine Klassifikation und Einteilung in Projektphasen von Participatory Sensing Anwendungen vorgenommen. Anhand dieser Kategorien wurden Verfahren zur Verbesserung der Datenqualität und zur Verwendung von Datenaggregationen in Participatory Sensing Anwendungen aufgestellt. Die aufgestellten Verfahren wurden anschließend auf den Einsatz bei bestehenden Applikationen untersucht und evaluiert. Danach wurde ein Prototyp entwickelt, mit dem einige der Datenqualitätsverfahren eingesetzt wurden und mit dem eine einfache Datenaggregation in Echtzeit erfolgte.

Mit den beschriebenen Methoden konnte gezeigt werden, dass bereits einige der aufgeführten Verfahren zur Qualitätssicherung und Prüfung in Participatory Sensing Anwendungen eingesetzt werden. Dabei muss man Participatory Sensing Anwendungen unterscheiden, mit denen raumbezogene Standortinformationen gesammelt werden, wie z.B. bei den Mängelmeldern oder dem Projekt Waze, wo Staus und andere Meldungen weiter gegeben werden. Diese Anwendungen mit ihren kontextuellen Informationen sind zumeist erfolgreich im Einsatz.

Bei den Participatory Sensing Anwendungen, in denen der Mensch mit seinem Smartphone und den integrierten Sensoren ein reales Sensornetzwerk bildet, ist auf einigen Gebieten noch Entwicklungsarbeit zu leisten. Es ist aktuell so, dass das Sammeln der Geodaten im Vordergrund steht und nicht die Datenqualität. In den untersuchten Participatory Sensing Anwendungen NoiseMap und enviroCar könnten durchaus weitere Verfahren zur Qualitätssteigerung integriert werden. Das von Yang et al. vorgeschlagene Reputation Management ist meiner Meinung nach von der Theorie eine gute Möglichkeit, ist aber für die Praxis sehr aufwendig umzusetzen und könnte auch die Datenquantität mindern.

8.3 Ausblick

Durch den Prototyp konnten nicht nur Aspekte von Datenqualität und Datenaggregation aufgezeigt werden. Es konnte auch gezeigt werden, wie durch ein Zusammenspiel von Komponenten, im Prototyp ein 3-Schichten Modell, Daten zwischen der Datenhaltungsschicht und der Anwendungsschicht ausgetauscht werden können. Für den Prototyp wurde eine Web-App unter Verwendung von jQuery, OpenLayers, PHP und AJAX verwendet. Der Zugriff auf die PostGIS Datenbank erfolgte durch die Applikationsschicht mit PHP. An dieser Stelle wäre es auch möglich Editierfunktionen durch einen GeoServer WFS-T Dienst zu nutzen oder Geoverarbeitungsprozesse mit dem Web Processing Service einzusetzen. Insbesondere wäre auch die Verwendung eines Sensor Observation Service (SOS), ein standardisierter Web-Service für den Zugang zu Sensor Beobachtungen, im Zusammenhang mit der in Ratti et al. (2009) beschriebenen Live Geography ein Forschungsthema. Forschungsrelevant sind auch plattformunabhängige allgemeine Rahmenwerke, wie sie z.B. in Abecker et al. (2012) aufgeführt sind.

Das Potential von Participatory Sensing Anwendungen ist noch lange nicht ausgeschöpft. Für die Zukunft kann davon ausgegangen werden, dass Smartphones mit immer mehr Sensoren ausgestattet werden, die auch immer weniger Energie verbrauchen. Ein fast ständig zur Verfügung stehendes Sensornetzwerk im Zusammenhang mit Smart Cities wird damit immer realistischer. Die Datenqualität wird bei der Entwicklung von Mobile Phone Sensing Anwendungen

weiterhin eine große Rolle spielen. Aufgrund der Datenmengen werden zunehmend automatisierte Workflows entwickelt werden, mit denen quasi in Echtzeit die Daten ausgewertet werden können und die Ergebnisse visualisiert werden können. Aspekte von Datenqualität und Datenaggregation sind im Zusammenhang mit einer Live Geography weiter zu untersuchen.

Es ist vorstellbar, dass der Mensch noch weiter in den Fokus von Participatory Sensing Datenerfassungen rückt und die Auswertung mit Emo Maps und durch psychophysiologisches Monitoring, evtl. auch mit Hilfe neuer Sensoren, noch weiter entwickelt wird. Datenschutz- und Sicherheitsaspekte werden damit noch wichtiger als sie heute bereits sind.

Literaturverzeichnis

- Abecker, A., Kazakos, W., Melo Borges, J. and Zacharias, V. (2012), "Beiträge zu einer Technologie für Anwendungen des Participatory Sensing", in Strobl, J., Blaschke, T. and Griesebner, G. (Eds.), *Angewandte Geoinformatik 2012: Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg*, Wichmann, Berlin, Offenbach, pp. 240–249.
- Apache Software Foundation (2014), "Apache HTTP Server Project", available at: <http://httpd.apache.org/> (accessed 21 April 2014).
- ArcGIS Online (2014), *ArcGIS Online, enviroCar tracks overview*, available at: <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=3c37371867d64b9a83e1b4fe56a34e72&extent=7.3198,51.7552,7.9927,52.1116> (accessed 27 April 2014).
- Bieling, C. (2013b), "Kulturelle Ökosystemleistungen, Lebensqualität und deren Rolle in der privaten Landnutzung. Teilprojekt 3.1: Kulturelle Ökosystemleistungen und Lebensqualität", available at: <http://www.oekosystemleistungen.de/teilprojekte/teilprojekt-3.1> (accessed 22 March 2014).
- Bieling, C. (2013a), "Kulturelle Ökosystemleistungen, Lebensqualität und deren Rolle in der privaten Landnutzung", available at: http://www.landespflege-freiburg.de/forschung/kulturelle_oekosystemleistungen.html (accessed 24 April 2014).
- Bill, R. (2010), *Grundlagen der Geoinformationssysteme*, 5., völlig neu bearb. Aufl. 2009, Wichmann, Berlin.
- Bill, R. and Zehner, M.L. (2001), *Lexikon der Geoinformatik*, Wichmann, Heidelberg.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2014), "WohnQualitäten Mittelthüringen - Neue Strategien und Allianzen im regionalen Umbauprozess. Innovative Projekte zur Regionalentwicklung - Nachhaltige Stadtentwicklung", available at: <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/MORO/Forschungsfelder/2004undFrueher/InnovativeProjekteRegionalentwicklung/Modellvorhaben/NachhaltigeSiedlungsentwicklung/WohnqualitaetMittelthueringen/WohnqualitaetMittelthueringen.html> (accessed 1 April 2014).
- Christin, D., Reinhardt, A., Kanhere, S.S. and Hollick, M. (2011), "A survey on privacy in mobile participatory sensing applications", - Preprint -, available at: http://www.seemoo.tu-darmstadt.de/fileadmin/user_upload/Group_SEEMOO/download/Preprint.pdf (accessed 25 April 2014).
- Cluer, T. (2013), "Bis 2016 werden mehr als 50 Prozent der mobilen Apps hybrid.", available at: <http://www.computerwoche.de/a/bis-2016-werden-mehr-als-50-prozent-der-mobilen-apps-hybrid,2532231> (accessed 29 January 2014).
- DUDEN (2014), "Aggregation", available at: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Aggregation> (accessed 2 April 2014).
- ECHO-Online (2013), "Studenten der TU Darmstadt stellen Forschungsprojekt „Noisemap“ vor. Umwelt - Lärmerfassung mit dem Handy", available at: <http://www.echo-online.de/region/gross-gerau/moerfelden-walldorf/Studenten-der-TU-Darmstadt-stellen-Forschungsprojekt-Noisemap-vor;art1254,4104081> (accessed 17 February 2014).
- EnviroCar (2013), "EnviroCar Karten und Statistiken", available at: <https://envirocar.org/mapsandstatistics.php> (accessed 27 April 2014).
- EnviroCar (2014), "Über EnviroCar", available at: <https://envirocar.org/about.php> (accessed 30 April 2014).
- Exner, J.-P., Bergner, B., Zeile, P. and Broschart, D. (2012), "Humansensorik in der räumlichen Planung", in Strobl, J., Blaschke, T. and Griesebner, G. (Eds.), *Angewandte Geoinformatik 2012: Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg*, Wichmann, Berlin, Offenbach, pp. 690–699.
- FAZ.net (2010), "Krisenplattform „Ushahidi“. Eure Seite rettet Menschenleben", available at: <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/krisenplattform-ushahidi-eure-seite-rettet-menschenleben-11014324.html> (accessed 27 April 2014).

- FEELTHECITY (2014), "FEELTHECITY", available at: <http://feelthecity.de/> (accessed 26 April 2014).
- Franke, F. and Ippen, J. (2013), *Apps mit HTML5 und CSS3: Für iPhone, iPad und Android - Neuauflage inkl. jQuery Mobile, PhoneGap, Sencha Touch & Co*, Galileo Press.
- FR-Online (2013), "Lärmessung per Handy", available at: <http://www.fr-online.de/darmstadt/tu-darmstadt-laermessung-per-handy,1472858,21417364.html> (accessed 27 April 2014).
- GeoDZ.COM (2013), "Datenaggregation", available at: <http://www.geodz.com/deu/d/Datenaggregation> (accessed 1 April 2014).
- GeoServer (2014a), "GeoServer", available at: <http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome> (accessed 21 April 2014).
- GeoServer (2014c), "Rendering Transformations", available at: <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/styling/sld-extensions/rendering-transform.html#heatmap-generation> (accessed 23 April 2014).
- GeoServer (2014b), "SLD Cookbook", available at: <http://docs.geoserver.org/latest/en/user/styling/sld-cookbook/index.html#sld-cookbook> (accessed 23 April 2014).
- Goldman, J., Shilton, K., Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., Ramanathan, N., Reddy, S., Samanta, V., Srivastava, M. and West, R. (2009), "Participatory Sensing. A citizen-powered approach to illuminating the patterns that shape our world", available at: http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/participatory_sensing.pdf (accessed 30 April 2014).
- Goodchild, M.F. (2007), "Citizens as sensors: the world of volunteered geography", available at: <http://www.springerlink.com/content/h013jk125081j628/fulltext.pdf> (accessed 29 January 2014).
- Google (2013), "Hochwasserkarte Dresden", available at: <https://maps.google.de/maps/ms?msa=0&msid=207517637844069836346.0004de4dda1c22c9e31d9&dg=feature> (accessed 5 April 2014).
- Götzl, M., Schwaiger, E., Sonderegger, G. and Süßenbacher, E. (2011), "Ökosystemleistungen und Landwirtschaft. Erstellung eines Inventars für Österreich", available at: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0355.pdf>.
- Haklay, M., Singleton, A. and Parker C. (2008), "Web Mapping 2.0: The Neogeography of the GeoWeb", *Geography Compass* 2/6.
- Hunziker, M. (2010), "Die Bedeutungen der Landschaft für den Menschen: objektive Eigenschaft der Landschaft oder individuelle Wahrnehmung des Menschen?", pp. 33–41.
- ISO - International Organization for Standardization (2005), *Geographic information — Quality principles: DIN EN ISO 19113:2005-05*.
- ISO - International Organization for Standardization (2014), *Geographic information — Data quality: DIN EN ISO 19157:2014-04*.
- Jansen, M. and Adams, T. (2010), *OpenLayers: Webentwicklung mit dynamischen Karten und Geodaten, professional reference*, Open Source Press, München.
- Joos, G. (2000), "Zur Qualität von objektstrukturierten Geodaten. Dissertation", in Universität der Bundeswehr München (Ed.), *Schriftenreihe des Studienganges Geodäsie und Geoinformation*.
- KLARSCHIFF-HRO (2014), "Klarschiff Hansestadt Rostock. Portal zur Bürgerbeteiligung", available at: <http://www.klarschiff-hro.de> (accessed 10 February 2014).
- Krause, J. (2004), *PHP 5: Grundlagen und Profiwissen ; Webserver-Programmierung unter Windows und Linux*, Hanser, München, Wien.
- Lane, N., Miluzzo, E., Lu, H., Peebles, D., Choudhury, T. and Campbell, A. (2010), "A survey of mobile phone sensing", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 48 No. 9, pp. 140–150.
- Lechner, M. (2011), "Nutzungspotentiale crowdsourcing-erhobener Geodaten auf verschiedenen Skalen", Dissertation, available at: <http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/8181/> (accessed 29 January 2014).
- Lenz, R. and Schukraft, A. (2005), "Leitfaden zur Datenqualität für Planungsbüros und Behörden", available at:

- <http://www.rtg.bv.tum.de/images/stories/downloads/projektarbeit/leitfden/leitfaden20zur20datenqualitt.pdf> (accessed 29 January 2014).
- Longley, P.A., Goodchild, Michael F., Coat, Maguire, David J., Coat and Rhind, David W., Coat (2005), *Geographical Information Systems and Science*, 2 ed, Wiley, England.
- Mendez, D. and Labrador, M.A. (2013), "On Sensor Data Verification for Participatory Sensing Systems", *Journal of Networks*, Vol. 8 No. 3.
- Mendez, D.C. (2012), "A Framework for Participatory Sensing Systems", Dissertation, Graduate School Theses and Dissertations, University of South Florida, 2012.
- Neuhold, T. (2014), "Stadt macht Wohnqualität im Netz abrufbar", available at: <http://derstandard.at/1334795877139/Salzburg-Stadt-macht-Wohnqualitaet-im-Netz-abrufbar> (accessed 29 January 2014).
- OpenLayers (2014), "OpenLayers Examples", available at: <http://openlayers.org/dev/examples/> (accessed 21 April 2014).
- O'Reilly, T. (2005), "What is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software".
- O'Reilly, T. (2006), "Web 2.0 Compact Definition: Trying Again", available at: <http://radar.oreilly.com/2006/12/web-20-compact-definition-tryi.html> (accessed 29 January 2014).
- OSM (2014), "Getting Involved. Was kann ich für OpenStreetMap tun?", available at: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Getting_Involved (accessed 25 April 2014).
- Ostrau, S., Brodowski, A., Claßen, A., Düsterdiek, B., Kamp, C., Huber, U., Ruge, K., Lwowski, H., Wanders, I., Treptow, J., Haußmann, M., Koneberg, S. and Frisch, U. (2013), "Einsatz von Geoinformationen in den Kommunen", available at: http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/einsatz_geoinformationen_in_kommune_n_studie_2013.pdf (accessed 24 April 2014).
- Postgis, "PostGIS References", available at: <http://postgis.net/docs/manual-1.3/ch06.html#id438225> (accessed 23 April 2014).
- Postgis (2014), "Introduction to PostGIS", available at: <http://workshops.boundlessgeo.com/postgis-intro/introduction.html>.
- PostgreSQL (2014), "PostgreSQL - About", available at: <http://www.postgresql.org/about/>.
- Ratti, C., Resch, B., Mittlboeck, M., Girardin, F. and Britter, R. (2009), "Live Geography -- Embedded Sensing for Standardised Urban Environmental Monitoring", in *International Journal on Advances in Systems and Measurement*, 2009 2.2/3, pp. 156–167.
- Reddy, S., Shilton, K. and Denisov, G. (2010), "Biketastic. Sensing and Mapping for Better Biking", available at: http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F221514829_Biketastic_sensing_and_mapping_for_better_biking%2Ffile%2F32bfe51197885dfed4.pdf&ei=vBVAU8LRHIKktAaJv4CICw&usg=AFQjCNHLXwmmWv4eya1yE5JVnGZgwXZ_4Q&bvm=bv.64367178,d.Yms (accessed 5 April 2014).
- Runder Tisch GIS e.V. (Ed.) (2013), *Leitfaden Mobiles GIS und standortbezogene Dienste: Version 1.1*, München.
- Schuster, W. (2013), "Nutzersensitives Participatory Sensing von Fußgängerbarrieren", in Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. and Zagel, B. (Eds.), *Angewandte Geoinformatik 2013: Beiträge zum 25. AGIT-Symposium Salzburg*, Wichmann, Berlin, Offenbach, pp. 462–471.
- Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH (2014), "Lexikon der Geographie. Datenanalyse", available at: <http://www.spektrum.de/lexikon/geographie/datenanalyse/1499> (accessed 14 April 2014).
- Spiegel-Online (2013), "Navigations-App "Waze". Google Maps integriert Verkehrsinfos von Autofahrern", available at: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/google-maps-integriert-verkehrsinfos-von-waze-a-917774.html> (accessed 12 April 2014).

- Springer Gabler Verlag (2014), "Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Web 2.0", available at: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/80667/web-2-0-v8.html> (accessed 29 January 2014).
- Steinmann, R. and Krek, A. (2005), "E-PARTIZIPATION IN RÄUMLICHEN PLANUNGSPROZESSEN UNTER EINSATZ VON GEOGRAPHISCHEN INFORMATIONSSYSTEMEN".
- Strobl, J., Blaschke, T. and Griesebner, G. (Eds.) (2012), *Angewandte Geoinformatik 2012: Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg*, Wichmann, Berlin, Offenbach.
- Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. and Zigel, B. (Eds.) (2013), *Angewandte Geoinformatik 2013: Beiträge zum 25. AGIT-Symposium Salzburg*, Wichmann, Berlin, Offenbach.
- Szott, R. (2006), "What is neogeography anyway?", available at: http://platial.typepad.com/news/2006/05/what_is_neogeog.html (accessed 30 April 2014).
- Technische Universität Darmstadt, "da-sense.de (Noisemap Desktop Variante)", available at: http://www.da-sense.de/?_lang=deDE# (accessed 27 April 2014).
- The jQuery Project (2012), "jQuery Mobile. A Touch-Optimized Web Framework for Smartphones & Tablets", available at: <http://demos.jquerymobile.com/1.0.1/> (accessed 20 April 2014).
- Trommler, K., Plieninger, T., Bieling, C., Gerdes, H., Ohnesorge, B., Schaich, H., Schleyer, C. & Wolff F. (2013), *Ökosystemleistungen: Landnutzung, Lebensqualität und marktbasierete Instrumente in land- und forstwirtschaftlich genutzten Kulturlandschaften*, Berlin-Brandenburgische Akad. der Wiss, Berlin.
- Turner, A. (2006), *Introduction to Neogeography*, O'Reilly Media, Farnham.
- Universität der Bundeswehr München (Ed.) (2000), *Schriftenreihe des Studienganges Geodäsie und Geoinformation*, Vol. 66.
- Yang, H., Zhang, J. and Roe, P. (2011), "Using Reputation Management in Participatory Sensing for Data Classification", *Procedia Computer Science*, Vol. 5, pp. 190–197.
- Zeile, P., Exner, J.-P., Höffken, S. and Streich, B. (2010), "Menschen als Messfühler – die Kombination von Geowebmethoden und Sensorik", in Schrenk Manfred, Popovich, V.V. and Zeile, P. (Eds.), *REAL CORP Proceedings/Tagungsband*, Wien, pp. 419–429.

Anhang:

Anhang 1: index.html

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;charset=utf-8" />
    <title>Participatory Sensing MT ( OpenLayers-jQuery Mobile )</title>
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0, maximum-scale=1.0, user-scalable=0">
    <meta name="apple-mobile-web-app-capable" content="yes">
    <link rel="stylesheet" href="http://code.jquery.com/mobile/1.0/jquery.mobile-1.0.min.css">
    <script src="http://code.jquery.com/jquery-1.6.4.min.js"></script>
    <script src="http://code.jquery.com/mobile/1.0.1/jquery.mobile-1.0.1.min.js"></script>
    <link rel="stylesheet" href="./OpenLayers-2.13/theme/default/style.mobile.css" type="text/css">
    <link rel="stylesheet" href="style.mobile-jq.css" type="text/css">
    <script src="./OpenLayers-2.13/lib/OpenLayers.js?mobile"></script>
    <!-- In diese Datei uebernommen: -->
    <!-- <script src="mobile-base.js"></script> -->
    <!-- <script src="mobile-jq.js"></script> -->
    <script type="text/javascript">

//-----
// Uebernahme aus mobile-jq.js
//-----
// Start with the map page
window.location.replace(window.location.href.split("#")[0] + "#mappage");

// "height of content"
function fixContentHeight() {
  var footer = $("div[data-role='footer']:visible"),
      content = $("div[data-role='content']:visible:visible"),
      viewHeight = $(window).height(),
      contentHeight = viewHeight - footer.outerHeight();
  if ((content.outerHeight() + footer.outerHeight()) !== viewHeight) {
    contentHeight -= (content.outerHeight() - content.height() + 1);
    content.height(contentHeight);
  }
}

if (window.map && window.map instanceof OpenLayers.Map) {
  map.updateSize();
} else {
  // Map initialisieren
  init(function(feature) {
    selectedFeature = feature;
    $.mobile.changePage("#popup", "pop");
  });
  initLayerList();
}
}

// Buttons initialisieren, Verweis direkt von den Menues aus dem "body"-Block
//Navigation
$("#plus").live('click', function(){
  map.zoomIn();
});

$("#minus").live('click', function(){
  map.zoomOut();
});

//Locate
```

```
$("#locate").live('click',function(){
    var control = map.getControlsBy("id", "locate-control")[0];
    if (control.active) {
        control.getCurrentLocation();
    } else {
        control.activate();
    }
});

    // Locate vor der Standortbewertung
$("##standortbew").live('click', function (){
    if (confirm ('Hiermit können sie den aktuellen Standort bestimmen und bewerten. Fortfahren?'))
        {{var control = map.getControlsBy("id", "standortbew_control")[0];
    if (control.active) {
        control.getCurrentLocation();
    } else {
        control.activate();
    }}
});

//fix the content height AFTER jQuery Mobile has rendered the map page
$("##mappage").live('pageshow',function (){
    fixContentHeight();
});
$(window).bind("orientationchange resize pageshow", fixContentHeight);

// Menüseitenaufrufe
$("##hinweispage").live('pageshow',function(event, ui){
});

$("##legendepage").live('pageshow',function(event, ui){
});

    // Fuer die Layerauswahl
function initLayerList() {
    $("##layerspage").page();
    $('<li>', {
        "data-role": "list-divider",
        text: "Base Layers"
    })
    .appendTo('#layerslist');
    var baseLayers = map.getLayersBy("isBaseLayer", true);
    $.each(baseLayers, function() {
        addLayerToList(this);
    });
    $('<li>', {
        "data-role": "list-divider",
        text: "Overlay Layers"
    })
    .appendTo('#layerslist');
    var overlayLayers = map.getLayersBy("isBaseLayer", false);
    $.each(overlayLayers, function() {
        addLayerToList(this);
    });
    $('#layerslist').listview('refresh');
    map.events.register("addlayer", this, function(e) {
        addLayerToList(e.layer);
    });
}

function addLayerToList(layer) {
    var item = $('<li>', {
        "data-icon": "check",
```

```
"class": layer.visibility ? "checked" : ""
})
.append($('<a />', {
  text: layer.name
})
.click(function() {
  $.mobile.changePage('#mappage');
  if (layer.isBaseLayer) {
    layer.map.setBaseLayer(layer);
  } else {
    layer.setVisibility(!layer.getVisibility());
  }
})
)
.appendTo('#layerslist');
layer.events.on({
  'visibilitychanged': function() {
    $(item).toggleClass('checked');
  }
});
}
//----- Ende Uebernahme aus mobile-jq.js
//-----

//-----
// Anfang Uebernahme aus mobile-base.js
//-----
var map;
var refreshStrategy = new OpenLayers.Strategy.Refresh ({ force: true });
var init = function (onSelectFeatureFunction) {
  // Layer zur Standortanzeige
  var vector = new OpenLayers.Layer.Vector("Layer Standortanzeige",
  { isBaseLayer: false,
    visibility: true,
    displayInLayerSwitcher: false
  }
  );

  // OSM WMS grau Terrestris und OSM
  var wms_osm_grey = new OpenLayers.Layer.WMS( "WMS OSM_grey",
    "http://ows.terrestris.de/osm-gray/service?",
    {layers: "OSM-WMS",
      isBaselayer:true,
      projection:new OpenLayers.Projection("EPSG:4326")}
    ,{attribution: "© terrestris GmbH & Co KG, Data © OpenStreetMap"}
    );

  // Bewertungsgebiete Wohngebiete wms
  var Bewertungsgebiete_bew2 = new OpenLayers.Layer.WMS( "Wohngebiete: Lebensqualität",
    "http://gis-x.de:8080/geoserver/MT/wms?", {layers: "bewertungsgebiete_bew2",
      isBaselayer:false,
      visibility: true,
      strategies: [ refreshStrategy ],
      projection:new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
      transparent: "true",
      format: "image/png"
    }
    //,{attribution: "© GIS-X, Data © OpenStreetMap"}

  ,
  {isBaseLayer: false},
  {opacity: 0.1, singleTile: true}
}
```



```
);

// Bewertungsgebiete Landschaften wms
var Bewertungsgebiete_bew3 = new OpenLayers.Layer.WMS( "Landschaften: Spiritualität",
  "http://gis-x.de:8080/geoserver/MT/wms?", {layers: "bewertungsgebiete_bew3",
    strategies: [ refreshStrategy ],
  projection:new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
  transparent: "true",
  format: "image/png"
  }
  //,{attribution: "© GIS-X"}

  ,
  {isBaseLayer: false,
    visibility: true
  },
  {opacity: 0.1, singleTile: true}
);

// Bewertungsgebiete todo wms
var Bewertungsgebiete_todo = new OpenLayers.Layer.WMS( "Bewertung: Verbesserungen",
  "http://gis-x.de:8080/geoserver/MT/wms?", {layers: "bewertungsgebiete_todo",
  isBaselayer:false,
  visibility: false,
    displayInLayerSwitcher: false,
    strategies: [ refreshStrategy ],
  projection:new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
  transparent: "true",
  format: "image/png"
  }
  //,{attribution: "© GIS-X"}

  ,
  {isBaseLayer: false,
    visibility: false
  },
  {opacity: 0.1, singleTile: true}
);

// Wohlfuehlorte wms
var wohlfuehlorte = new OpenLayers.Layer.WMS( "Wohlfuehlorte",
  "http://gis-x.de:8080/geoserver/MT/wms?", {layers: "sensetable",
  projection:new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
  transparent: "true"},
  {isBaseLayer: false},
  {opacity: 0.8, singleTile: false}
);

// -----
// Block geolocate, Standort bestimmen
// -----

var geolocate = new OpenLayers.Control.Geolocate({
  id: 'locate-control',
  geolocationOptions: {
    enableHighAccuracy: false,
    maximumAge: 0,
    timeout: 7000
  }
});

var style = {
  fillOpacity: 0.1,
  fillColor: '#000',
```

```
strokeColor: '#f00',
strokeOpacity: 0.6
};

geolocate.events.register("locationupdated", this, function(e) {
vector.removeAllFeatures();
var point2 = new OpenLayers.LonLat ( e.point.x, e.point.y) //
vector.addFeatures([
new OpenLayers.Feature.Vector(
e.point,
{
graphicName: 'cross',
strokeColor: '#f00',
strokeWidth: 2,
fillOpacity: 0,
pointRadius: 10
}
),
new OpenLayers.Feature.Vector(
OpenLayers.Geometry.Polygon.createRegularPolygon(
new OpenLayers.Geometry.Point(e.point.x, e.point.y),
e.position.coords.accuracy / 2,
50,
0
),
{
style
}
)
]);
map.setCenter( new OpenLayers.LonLat(point2) // Center of the map
, 16// Zoom level
);
});

geolocate.events.register ( "locationfailed", this, function(){
alert('Keine Standortangaben vorhanden');
vector.removeAllFeatures();
});

// -----
// Block locateStandortbew , Standortbewertung : Controls und Events
//           //           - Mit Verweis auf Bewertungsfunktionen und AJAX
// -----

// Aufruf aus standortbew Block
// Control muss in der Map aktiviert werden
var locateStandortbew = new OpenLayers.Control.Geolocate({
id: 'standortbew_control',
geolocationOptions: {
enableHighAccuracy: true,
maximumAge: 0,
timeout: 7000
}
});

// event locationfailed zu locateStandortbew
locateStandortbew.events.register ( "locationfailed", this, function(){
alert ('Keine Standortangaben vorhanden - Bitte später bei GPS Empfang erneut versuchen.');
```

```
});
```

```
// event locationupdated zu locateStandortbew
```

```
locateStandortbew.events.register ( "locationupdated", this, function(e) {
    point2 = new OpenLayers.LonLat ( e.point.x, e.point.y) //
    map.setCenter( new OpenLayers.LonLat(point2) // Center of the map
    , 18// Zoom level
    );
    if (e.position.coords.accuracy < 25){
        var gen = e.position.coords.accuracy;
        $.ajax({
            type: "POST",
            url: "MT_php2.php",
            data: { x: e.point.x, y: e.point.y, gen : gen} ,
            success: function ( data ) {
                //alert( "Ergebnis_php2: " + data );
                var data1 = data.split(" ");
                id = data1[2];
                nutzung = data1[3];
                geom_long = data1[4];
                geom_lat = data1[5];
                genauigkeit = data1[6];
                // Zur Funktion bewertung springen:
                bewertung(id,nutzung,geom_long,geom_lat,genauigkeit);
            },
            dataType: "text"
        });
    }
}
else if (e.position.coords.accuracy < 50){
    var gen = e.position.coords.accuracy;
    vector.addFeatures([
        new OpenLayers.Feature.Vector(
            e.point,{},
            {
                graphicName: 'cross',
                strokeColor: '#f00',
                strokeWidth: 2,
                fillOpacity: 0,
                pointRadius: 10
            }
        ),
        new OpenLayers.Feature.Vector(
            OpenLayers.Geometry.Polygon.createRegularPolygon(
                new OpenLayers.Geometry.Point(e.point.x, e.point.y),
                e.position.coords.accuracy / 2,
                50,
                0
            ),{},
            style
        )
    ]);
    if (confirm ('Die Genauigkeitsangabe Ihrer Positionsbestimmung beträgt nur ' + gen +
        ' Meter. Möchten sie dennoch fortfahren wählen Sie bitte ok. Ansonsten brechen Sie bitte ab' +
        ' und versuchen es später noch einmal')){
        //e.point.x = 7.033;
        //e.point.y = 51.802;
        $.ajax({
            type: "POST",
            url: "MT_php2.php",
            data: { x: e.point.x, y: e.point.y, gen : gen} ,
            success: function ( data ) {
                //alert( "Ergebnis_php2: " + data );
                var data1 = data.split(" ");
                id = data1[2];
                nutzung = data1[3];
                geom_long = data1[4];
```

```
        geom_lat = data1[5];
                                genauigkeit = data1[6];
        // Zur Funktion bewertung springen:
        bewertung(id,nutzung,geom_long,geom_lat,genauigkeit);
    },
    dataType: "text"
});
}
}
else {
    var gen = e.position.coords.accuracy;
    alert ('Die Genauigkeitsangabe Ihrer Positionsbestimmung beträgt nur ' + gen +
        ' Meter. Bitte versuchen Sie es später noch einmal.');
```

```
    }
};

//-----
// Openlayers Map Einstellungen
//-----

map = new OpenLayers.Map({
    div: "map",
    theme: null,
    projection: new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
    displayProjection: new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
    units: "m",
    numZoomLevels: 25,
    controls: [
        new OpenLayers.Control.Attribution,
            new OpenLayers.Control.MousePosition(),
        new OpenLayers.Control.TouchNavigation({
            dragPanOptions: {
                interval: 100,
                enableKinetic: true
            }
        }),
        geolocate,
            locateStandortbew
    ],
    layers: [
        wms_osm_grey,
        Bewertungsgebiete_bew2,
        Bewertungsgebiete_bew3,
        Bewertungsgebiete_todo,
        wohlfuehlorte,
        vector
    ]
});
// Set Center      WMS WGS 84
map.setCenter( new OpenLayers.LonLat(7.21486,51.4823) // Center of the map
    , 12// Zoom level
);
};
// Ende Uebernahme aus mobile-base.js
//-----

// -----
// Funktionen
// -----

function bewertung(id,nutzung,geom_long,geom_lat,genauigkeit) {
    if (nutzung == 0) {
        bew_menue1 ();
    }
}
```

```

}
  else if (nutzung == 1) {
    bew_menu2();
  }
else {
  bew_menu3 ();
  }
}

function bew_menu1 () {
eingabepopup = new OpenLayers.Popup.FramedCloud ("Eingabe", lonlat = map.getCenter(), null,
  '<div><button type="button" onclick="abbruch()">X</button></div>' +
  '<p>Bitte bewerten sie ihren Standort ' +
  'anhand der folgenden Fragen:<br></p>'+
  '<p>Wie beurteilen sie die Lebens- und Wohnqualität des Stadtviertels:<br><select id="id_bew2">'+
  '<option value="0">Bitte auswählen</option>' +
  '<option value="1">Sehr niedrige Qualität</option>' +
  '<option value="2">Niedrige Qualität</option>' +
  '<option value="3">Mittlere Qualität</option>' +
  '<option value="4">Hohe Qualität</option>' +
  '<option value="5">Sehr hohe Qualität</option>' +
  '</select></p>' +
  '<p>Welche Verbesserungen schlagen Sie vor:<br><select id="id_todo">'+
  '<option value="0">Bitte auswählen</option>' +
  '<option value="1">Besserer Lärmschutz</option>' +
  '<option value="2">Bessere Infrastruktur</option>' +
  '<option value="3">Mehr Sauberkeit</option>' +
  '<option value="4">Mehr Kultureinrichtungen</option>' +
  '<option value="5">Verbesserung der Atmosphäre</option>' +
  '<option value="6">Mehr Sicherheit</option>' +
  '<option value="7">Keine Verbesserungen notwendig</option>' +
  '</select></p>' +
  '<p>Bitte bewerten Sie Ihren Standort auf folgender Skala als Wohlfühlstandort?<br><select id="id_bew1">'+
  '<option value="0">Bitte auswählen</option>' +
  '<option value="1">1 Sehr Schlecht</option>' +
  '<option value="2">2</option>' +
  '<option value="3">3</option>' +
  '<option value="4">4</option>' +
  '<option value="5">5</option>' +
  '<option value="6">6</option>' +
  '<option value="7">7</option>' +
  '<option value="8">8</option>' +
  '<option value="9">9</option>' +
  '<option value="10">10 Sehr gut</option>' +
  '</select></p>' +
  '<div><button type="button" onclick="speichern_1()">SPEICHERN</button></div>',
  null, true );
  map.removePopup(eingabepopup);
  map.addPopup(eingabepopup);
};

function bew_menu2 () {
eingabepopup = new OpenLayers.Popup.FramedCloud ("Eingabe", lonlat = map.getCenter(), null,
  '<div><button type="button" onclick="abbruch()">X</button></div>' +
  '<p>Bitte bewerten sie ihren Standort<br>' +
  'anhand der folgenden Fragen:<br></p>'+
  '<p>Wie beurteilen sie die Spiritualität der Landschaft:<br><select id="id_bew2">'+
  '<option value="0">Bitte auswählen</option>' +
  '<option value="1">Sehr niedrige Spiritualität</option>' +
  '<option value="2">Niedrige Spiritualität</option>' +
  '<option value="3">Mittlere Spiritualität</option>' +
  '<option value="4">Hohe Spiritualität</option>' +
  '<option value="5">Sehr hohe Spiritualität</option>' +

```

```

'</select></p>' +
'<p>Welche Verbesserungen schlagen Sie vor:<br><select id="id_todo">'+
  '<option value="0">Bitte auswählen</option>' +
  '<option value="1">Besserer Lärmschutz</option>' +
  '<option value="2">Bessere Infrastruktur</option>' +
  '<option value="3">Mehr Sauberkeit</option>' +
  '<option value="4">Mehr Kultureinrichtungen</option>' +
  '<option value="5">Verbesserung der Atmosphäre</option>' +
  '<option value="6">Mehr Sicherheit</option>' +
  '<option value="7">Keine Verbesserungen notwendig</option>' +
'</select></p>' +
'<p>Bitte bewerten Sie Ihren Standort auf folgender Skala als Wohlfühlstandort??<br><select id="id_bew1">'+
  '<option value="0">Bitte auswählen</option>' +
  '<option value="1">1 Sehr Schlecht</option>' +
  '<option value="2">2</option>' +
  '<option value="3">3</option>' +
  '<option value="4">4</option>' +
  '<option value="5">5</option>' +
  '<option value="6">6</option>' +
  '<option value="7">7</option>' +
  '<option value="8">8</option>' +
  '<option value="9">9</option>' +
  '<option value="10">10 Sehr gut</option>' +
'</select></p>' +
'<div><button type="button" onclick="speichern_1()">SPEICHERN</button></div><br>',
null, true );
map.removePopup(eingabepopup);
map.addPopup(eingabepopup);
};

function bew_menu3 () {
  eingabepopup = new OpenLayers.Popup.FramedCloud ("Eingabe", lonlat = map.getCenter(), null,
  '<div><button type="button" onclick="abbruch()">X</button></div>' +
  '<p>Sie befinden sich außerhalb Bochums und damit außerhalb der Bewertungsgebiete.<br><br>' +
  'Sie können aber Ihren Standort anhand der folgenden Frage bewerten:<br></p>'+
  '<p>Bitte bewerten Sie Ihren Standort auf folgender Skala als Wohlfühlstandort?<br><br><select
id="id_bew1">'+
  '<option value="0">Bitte auswählen</option>' +
  '<option value="1">1 Sehr Schlecht</option>' +
  '<option value="2">2</option>' +
  '<option value="3">3</option>' +
  '<option value="4">4</option>' +
  '<option value="5">5</option>' +
  '<option value="6">6</option>' +
  '<option value="7">7</option>' +
  '<option value="8">8</option>' +
  '<option value="9">9</option>' +
  '<option value="10">10 Sehr gut</option>' +
'</select></p>' +
'<div><button type="button" onclick="speichern_3()">SPEICHERN</button></div><br>',
null, true );
  map.removePopup(eingabepopup);
  map.addPopup(eingabepopup);
};

function speichern_1(){
  var var_bew1 = document.getElementById('id_bew1').value;
  var var_bew2 = document.getElementById('id_bew2').value;
  var var_todo = document.getElementById('id_todo').value;
  $.ajax({
    type: "POST",
    url: "MT_Speichern.php",
    data: { id : id , bew1: var_bew1 , bew2 : var_bew2, todo : var_todo,

```

```
        geom_long : geom_long , geom_lat: geom_lat, genauigkeit : genauigkeit} ,
    success: function ( data ) {
        alert( "Ergebnis: " + data );
    },
    dataType: "text"
});
map.removePopup(eingabepopup);
refreshStrategy.activate();
};

function speichern_3(){
    var var_bew1 = document.getElementById('id_bew1').value;
    //Bewertung nur von bew1, die anderen Werte werden fuer MT_Speichern.php gesetzt
    var id = -1;
    var var_bew2 = 0;
    var var_todo = 0;
    $.ajax({
        type: "POST",
        url: "MT_Speichern.php",
        data: { id : id , bew1: var_bew1 , bew2 : var_bew2, todo : var_todo,
                geom_long : geom_long , geom_lat: geom_lat, genauigkeit : genauigkeit} ,
        success: function ( data ) {
            alert( "Ergebnis: " + data );
        },
        dataType: "text"
    });
    map.removePopup(eingabepopup);
    refreshStrategy.activate();
};

    function abbruch(){
        map.removePopup(eingabepopup);
    };

</script>
</head>

<body>
<h1 id="title">Participatory Sensing "Sense the City" (Prototyp Master Thesis)</h1>
<div id="tags">
    Participatory Sensing, Master Thesis, Sense the City, Prototyp
</div>
<p id="shortdesc">
    OpenLayers and jQuery Mobile in a participatory sensing prototype
</p>

<div data-role="page" id="mappage">
<div data-role="content">
    <div id="map"></div>
</div>

<div data-role="footer">
<a href="#layerspage" data-icon="layer" data-role="button">Layer</a>
<a href="#" id="standortbew" data-icon="star" data-role="button">Sense</a>
<a href="#legende" data-role="button" data-icon="grid" data-role="button">Legende</a>
<a href="#hinweispage" id="hinweispage" data-icon="info" data-role="button">Info</a>
</div>

<div id="navigation" data-role="controlgroup" data-type="vertical">
<a href="#" data-role="button" data-icon="plus" id="plus"
    data-iconpos="notext"></a>
<a href="#" data-role="button" data-icon="minus" id="minus"
    data-iconpos="notext"></a>
```

```
<a href="#" data-role="button" data-icon="gear" id="locate"
  data-iconpos="notext"></a>
</div>
</div>

<div data-role="page" id="legende">
<div data-role="header">
  <div data-role="content" >
    <h1>Legende</h1>
    <h3>Bewertungsgebiete Wohngebiete:<br><br>
      </h3>
    <p></p>
    <h3>Bewertungsgebiete Landschaften:<br><br>
      </h3>
    <p></p>
    <h3>Bewertungsgebiete Verbesserungsvorschläge:<br><br>
      </h3>
    <p></p>
    <h3>Wohlfühlorte als Heatmap:<br><br>
      </h3>
    <p></p>
  </div>
</div>
</div>
</div>
<div data-role="page" id="hinweis">
<div data-role="header">
  <div data-role="content" >
    <h1>Sense the City</h1>
    <h3>Dies ist eine Prototyp Anwendung für eine Participatory Sensing Anwendung.
      Die Web-App ermöglicht die sensorbasierte Erfassung von Standortinformationen
      auf einem mobilen Endgerät.<br><br>
      </h3>
    <h2>Navigation: </h2>
    <h4> 
    und Touch-Gestensteuerung<br></h4>
    <h2>Standort anzeigen:  <br></h2>
    <h2>Sense / Standort bewerten:<br></h2>
    Hiermit können sie ihren aktuellen Standort nach vorgegebenen Kriterien bewerten.<br><br>
    Für Grünflächen (Parks und Landschaften) prototypentechnisch nach Kriterien zur Bewertung
    von Ökosystemleistungen :<br><br>
    - Spritualität <br><br>
    Für Siedlungsflächen prototypentechnisch die Bewertung nach der Lebensqualität:<br><br>
    - Lebensqualität und Wohnqualität<br><br>
    Für alle Gebiete Verbesserungsvorschläge und die Eintragung von Wohlfühlorten:<br><br>
    - Standortverbesserungen<br>
    - Wohlfühlorte<br><br>
  </div>
</div>
</div>
</div>
<div data-role="page" id="layers">
<div data-role="header">
  <h1>Layers</h1>
</div>
<div data-role="content">
  <ul data-role="listview" data-inset="true" data-theme="d" data-dividertHEME="c" id="layerslist">
  </ul>
</div>
</div>
</div>
</body>
</html>
```


Anhang 2: MT_php2.php

```
<?php
// Verbindung zur Datenbank
include("../include/php_connect_mt.inc");

// Rückgabe mit echo Funktion und als text/html
header('Content-Type: text/html; charset=UTF-8');

$long = floatval($_POST['x']);
$lat = floatval($_POST['y']);
$genauigkeit = floatval($_POST['gen']);

if ($pgsql_conn) {
    // Aktionen, wenn Datenverbindung besteht
    // Point bilden
    $pg_geom = "ST_GeomFromText ( 'POINT ( $long $lat )', 4326 )";
    // Polygon selektieren
    $sql = "SELECT gid, nutzung FROM bewertungsgebiete WHERE ST_Within ( $pg_geom, geom)";
    $result2 = pg_query($pgsql_conn, $sql);

    if ( $result2 == "false" ) {
        echo "Fehler 1: Bitte Nachricht an den Administrator";
        exit;
    }
    else {
        if ($sarr[0] == 0 or $sarr[0] == 1) {
            // Variable ist gesetzt und beinhaltet Werte

            // Werte aus dem Array bestimmen
            $sarr = pg_fetch_array($result2, 0, PGSQL_NUM);
            $ergebnis = " Werte " . $sarr[0] . " " . $sarr[1] ;
            echo $ergebnis;
            $koord_gen = " " . $long . " " . $lat . " " . $genauigkeit ;
            echo $koord_gen;
        }
        else {
            $sid = -1;
            $nutzung = 3;
            $ergebnis = " Werte " . $sid . " " . $nutzung ;
            echo $ergebnis;
            $koord_gen = " " . $long . " " . $lat . " " . $genauigkeit ;
            echo $koord_gen;
        }
    }
}
else {
    $result_else = "Fehler 2: Bitte Nachricht an den Administrator";
    echo $result_else;
    exit;
}
exit;
?>
```

Anhang 3: MT_speichern.php

```
<?php
// Verbindung zur Datenbank
include("../include/php_connect_mt.inc");

header('Content-Type: text/html; charset=UTF-8');

//Variablenebergabe
$Sid = intval ($_POST['id']);
$bew1 = floatval ($_POST['bew1']);
$bew2 = floatval ($_POST['bew2']);
$todo = floatval ($_POST['todo']);
$long = floatval ($_POST['geom_long']);
$lat = floatval ($_POST['geom_lat']);
$genauigkeit = floatval ($_POST['genauigkeit']);

if ( $bew1 == 0 and $bew2 == 0 and $todo == 0 ) {
    //Keine Bewertungen vorhanden
    echo ("Sie haben keine Bewertungen vorgenommen. Es erfolgt keine Speicherung.");
}
else if ($pgsql_conn) {
    // Aktionen, wenn Datenverbindung besteht
    // Daten in Postgis Tabelle sensetable speichern, Neue Objekte mit Originalwerten (Insert)
    $pg_geom = "ST_GeomFromText ( 'POINT ( $long $lat )', 4326 )";
    $sql = "INSERT INTO sensetable ( bew1, bew2, todo , geom, genauigkeit, datum) VALUES
        ( $bew1, $bew2 , $todo, $pg_geom , $genauigkeit, CURRENT_TIMESTAMP)";
    $result2 = pg_query($pgsql_conn, $sql);
    if ( $result2 == "false" ) {
        echo " Speichern fehlerhaft. Bitte wenden sie sich an den Administrator.";
        exit;
    }
    else {
        //echo "Speichern 1 erfolgreich";
    }

    if ($Sid > 0) {
        // Daten zur Berechnung aus Postgis Tabelle auslesen
        $sql = "SELECT bew2_wert1, bew2_wert2, bew2_wert3, bew2_wert4, bew2_wert5, bew2_anz,
            todo_wert1, todo_wert2, todo_wert3, todo_wert4, todo_wert5, todo_wert6, todo_wert7, todo_wert7, todo_wert7, todo_wert7, todo_wert7, todo_wert7
        FROM bewertungsgebiete WHERE gid = $id ";
        $result3 = pg_query($pgsql_conn, $sql);
        if ( $result3 == "false" ) {
            echo " Abfrage fehlerhaft. Bitte wenden sie sich an den Administrator.";
            exit;
        }
        else {
            //echo "Abfrage erfolgreich";
        }

        //Variablenbenennung (Keine leeren Attribute in der Datenbank vorhanden, alle 0 oder hoeher)
        $arr = pg_fetch_array($result3, 0, PGSQL_NUM);
        $bew2_wert1 = $arr[0];
        $bew2_wert2 = $arr[1];
        $bew2_wert3 = $arr[2];
        $bew2_wert4 = $arr[3];
        $bew2_wert5 = $arr[4];
        $bew2_anz = $arr[5];
        $todo_wert1 = $arr[6];
        $todo_wert2 = $arr[7];
        $todo_wert3 = $arr[8];
        $todo_wert4 = $arr[9];
        $todo_wert5 = $arr[10];
    }
}
}
```

```

$todo_wert6 = $arr[11];
$todo_wert7 = $arr[12];
$todo_anz= $arr[13];

//$ergebnis2 = " Werte Ergebnis4 " . $bew2_wert1 . " " . $bew2_wert2 . " " . $bew2_anz . " " .
$todo_wert4 . " " . $todo_anz;
//echo $ergebnis2;
}

//echo (" Bew2 - $bew2 -");
//echo (" todo- $todo -");

// Attribute "Lebensqualitaet" und "Spiritualitaet" im Attribut bew2...
if ($bew2 == 0){
    // Keine neuen Werte für bew2, keine neue Speicherung
}
else {
    // Neuen Wert hinzufuegen
    if ($bew2 == 1) {
        $bew2_wert1 = $bew2_wert1 + 1;
    }
    if ($bew2 == 2) {
        $bew2_wert2 = $bew2_wert2 + 1;
    }
    if ($bew2 == 3) {
        $bew2_wert3 = $bew2_wert3 + 1;
    }
    if ($bew2 == 4) {
        $bew2_wert4 = $bew2_wert4 + 1;
    }
    if ($bew2 == 5) {
        $bew2_wert5 = $bew2_wert5 + 1;
    }
    $bew2_anz = $bew2_anz + 1;

    if ($bew2_anz == 1){
        // $bew2 ist gleich der Post-Uebergabe, Standardabweichung = 0
        $bew2_s = 0;
    }
    else {
        //Mittelwert
        $bew2 = ($bew2_wert1 * 1 + $bew2_wert2 * 2 + $bew2_wert3 * 3 + $bew2_wert4 * 4 + $bew2_wert5
* 5) /
        ($bew2_wert1 + $bew2_wert2 + $bew2_wert3 + $bew2_wert4 + $bew2_wert5);
        //Standardabweichung
        $bew2_s = sqrt (((pow(1-$bew2,2) * $bew2_wert1) + (pow(2-$bew2,2) * $bew2_wert2) + (pow(3-
$bew2,2) * $bew2_wert3)
+ (pow(4-$bew2,2) * $bew2_wert4) + (pow(5-$bew2,2) * $bew2_wert5))/
        ($bew2_wert1 + $bew2_wert2 + $bew2_wert3 + $bew2_wert4 +
$bew2_wert5));
    }
    // Daten in Postgis Tabelle bewertungsgebiete speichern, Polygone Update)
    $sql = "UPDATE bewertungsgebiete SET bew2 = $bew2 , bew2_wert1 = $bew2_wert1, bew2_wert2 =
$bew2_wert2,
    bew2_wert3 = $bew2_wert3, bew2_wert4 = $bew2_wert4 , bew2_wert5 = $bew2_wert5, bew2_anz =
$bew2_anz,
        bew2_s = $bew2_s, datumerf = current_timestamp
        WHERE gid = $id ";

    $result5 = pg_query($pgsql_conn, $sql);
    if ( $result5 == "false" ) {
        echo " Speicherung fehlerhaft. Bitte wenden sie sich an den Administrator.";
        exit;
    }
}

```

```
}
    else {
        //echo "Speicherung 2 erfolgreich";
    }
}

// Attribute "Verbesserungen" im Attribut todo...
if ($todo == 0) {
    // Keine neuen Werte für todo, keine neue Speicherung
}
else {
    // Neuen Wert hinzufuegen
    if ($todo == 1) {$todo_wert1 = $todo_wert1 + 1; };
    if ($todo == 2) {$todo_wert2 = $todo_wert2 + 1; };
    if ($todo == 3) {$todo_wert3 = $todo_wert3 + 1; };
    if ($todo == 4) {$todo_wert4 = $todo_wert4 + 1; };
    if ($todo == 5) {$todo_wert5 = $todo_wert5 + 1; };
    if ($todo == 6) {$todo_wert6 = $todo_wert6 + 1; };
    if ($todo == 7) {$todo_wert7 = $todo_wert7 + 1; };
    $todo_anz = $todo_anz + 1;

    if ($todo_anz == 1){
        //Bisher keine Bewertungen, Keine Berechnungen notwendig, todo und todo_wert-n sind
gesetzt
        $todo_p = 100;
    }
    else{
        // Todo Attribut mit den meisten Antworten bestimmen (neue Daten sind hinzugefügt)
        $arr_todo = array($todo_wert1, $todo_wert2, $todo_wert3, $todo_wert4, $todo_wert5, $todo_wert6,
        $todo_wert7);
        $nr = null;
        foreach ($arr_todo as $folge=>$wert) {
            if ($nr===null || $wert>$arr_todo[$nr]) {
                $nr = $folge;
            }
        }

        // Die am meisten gegebene Antwort ist ein Wert hoeher als die Nummer im Array (Array-
Anfang ist 0)
        $todo = $nr + 1;

        //Prozent Anzahl bestimmen
        $todo_p = (100 * ( $arr_todo[$nr] /
        ($todo_wert1 + $todo_wert2 + $todo_wert3 + $todo_wert4 + $todo_wert5 + $todo_wert6 +
        $todo_wert7)));
        echo $todo_p;
    }
    // Daten in Postgis Tabelle bewertungsgebiete speichern - nur todo Attribute, Polygone Update
    $sql = "UPDATE bewertungsgebiete SET todo = $todo, todo_wert1 = $todo_wert1, todo_wert2 = $todo_wert2,
        todo_wert3 = $todo_wert3, todo_wert4 = $todo_wert4, todo_wert5 = $todo_wert5,
        todo_wert6 = $todo_wert6,
        todo_wert7 = $todo_wert7, todo_anz = $todo_anz, todo_p = $todo_p, datumerf =
        current_timestamp
        WHERE gid = $id ";

    $result4 = pg_query($pgsql_conn, $sql);
    if ( $result4 == "false") {
        echo " Speicherung fehlerhaft. Bitte wenden sie sich an den Administrator.";
        exit;
    }
    else {
        //echo "Speicherung 3 erfolgreich";
    }
    echo $result4;
}
```

```
    }
    echo "Speichern erfolgreich";
}
else {
    $result1a = "Verbindung fehlerhaft";
    echo $result1a;
    exit;
}
exit;
?>
```

Anhang 4: SLD Code, Bewertungsgebiete Landschaften

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<StyledLayerDescriptor version="1.0.0" xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld http://schemas.opengis.net/sld/1.0.0/StyledLayerDescriptor.xsd">
<NamedLayer>
  <Name>Visualisierung Bewertungsgebiete Landschaften</Name>
  <UserStyle>
    <Name>Klassifizierung nach Attribut</Name>
    <Title>Klassifizierung nach Attribut bew2</Title>
    <Abstract>Klassifizierung nach Attribut bew2</Abstract>
    <FeatureTypeStyle>
      <Rule>
        <Name>SehrNiedrigStroke</Name>
        <Title>Sehr Niedrige Bewertung (unsicher)</Title>
        <ogc:Filter>
          <ogc:And>
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyIsLessThan>
              <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>1.5</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsLessThan>
          <ogc:Or>
            <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
              <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
            <ogc:PropertyIsNull>
              <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
            </ogc:PropertyIsNull>
            <ogc:PropertyIsLessThan>
              <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsLessThan>
            <ogc:PropertyIsNull>
              <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
            </ogc:PropertyIsNull>
          </ogc:Or>
        </ogc:And>
      </ogc:Filter>
      <PolygonSymbolizer>
        <Fill>
          <GraphicFill>
            <Graphic>
              <Mark>
                <WellKnownName>shape://times</WellKnownName>
                <Stroke>
                  <CssParameter name="stroke">#FF0000</CssParameter>
                  <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
                </Stroke>
              </Mark>
              <Size>8</Size>
            </Graphic>
          </GraphicFill>
        </Fill>
      </PolygonSymbolizer>
    </Rule>
  </UserStyle>
  <Rule>
    <Name>SehrNiedrigFill</Name>
```

```
<Title>Sehr Niedrige Bewertung</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    </ogc:And>
  </ogc:Filter>
  <PolygonSymbolizer>
    <Fill>
      <CssParameter name="fill">#FF0000</CssParameter>
      <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
    </Fill>
  </PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>NiedrigStroke</Name>
  <Title>Niedrige Bewertung (unsicher)</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>2.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:Or>
        <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
          <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyIsNull>
          <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
        </ogc:PropertyIsNull>
        <ogc:PropertyIsLessThan>
          <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyIsNull>
          <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
        </ogc:PropertyIsNull>
      </ogc:Or>
    </ogc:And>
  </ogc:Filter>
```

```
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <GraphicFill>
      <Graphic>
        <Mark>
          <WellKnownName>shape://times</WellKnownName>
          <Stroke>
            <CssParameter name="stroke">#FF6600</CssParameter>
            <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
          </Stroke>
        </Mark>
        <Size>8</Size>
      </Graphic>
    </GraphicFill>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>NiedrigFill</Name>
  <Title>Niedrige Bewertung</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>2.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsGreaterThan>
        <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThan>
    </ogc:And>
  </ogc:Filter>
  <PolygonSymbolizer>
    <Fill>
      <CssParameter name="fill">#FF6600</CssParameter>
      <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
    </Fill>
  </PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>MittelStroke</Name>
  <Title>Neutrale Bewertung (unsicher)</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>2.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    </ogc:And>
  </ogc:Filter>
  <PolygonSymbolizer>
    <Stroke>
      <CssParameter name="stroke">#FF6600</CssParameter>
      <CssParameter name="stroke-width">2</CssParameter>
    </Stroke>
  </PolygonSymbolizer>
</Rule>
```



```
</ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
<ogc:PropertyIsLessThan>
  <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
  <ogc:Literal>3.5</ogc:Literal>
</ogc:PropertyIsLessThan>
<ogc:Or>
  <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
    <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
  </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
  <ogc:PropertyIsNull>
    <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
  </ogc:PropertyIsNull>
  <ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
    <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
  </ogc:PropertyIsLessThan>
  <ogc:PropertyIsNull>
    <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
  </ogc:PropertyIsNull>
</ogc:Or>
</ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <GraphicFill>
      <Graphic>
        <Mark>
          <WellKnownName>shape://times</WellKnownName>
          <Stroke>
            <CssParameter name="stroke">#99FF33</CssParameter>
            <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
          </Stroke>
        </Mark>
        <Size>8</Size>
      </Graphic>
    </GraphicFill>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>MittelFill</Name>
  <Title>Neutrale Bewertung</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>2.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>3.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
```

```
<ogc:Literal>20</ogc:Literal>
</ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
</ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <CssParameter name="fill">#99FF33</CssParameter>
    <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>HochStroke</Name>
  <Title>Hohe Bewertung (unsicher)</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>3.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>4.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
    </ogc:Or>
    <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    <ogc:PropertyIsNull>
      <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
    </ogc:PropertyIsNull>
    <ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyIsNull>
      <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
    </ogc:PropertyIsNull>
  </ogc:Or>
</ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <GraphicFill>
      <Graphic>
        <Mark>
          <WellKnownName>shape://times</WellKnownName>
          <Stroke>
            <CssParameter name="stroke">#33CC33</CssParameter>
            <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
          </Stroke>
        </Mark>
        <Size>8</Size>
      </Graphic>
    </GraphicFill>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
```

```
<Rule>
<Name>HochFill</Name>
<Title>Hohe Bewertung</Title>
<ogc:Filter>
  <ogc:And>
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
    <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>3.5</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    <ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>4.5</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
  </ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <CssParameter name="fill">#33CC33</CssParameter>
    <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
<Name>SehrHochStroke</Name>
<Title>Sehr Hohe Bewertung (unsicher)</Title>
<ogc:Filter>
  <ogc:And>
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
    <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>4.5</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
  </ogc:And>
  <ogc:Or>
    <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    <ogc:PropertyIsNull>
      <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
    </ogc:PropertyIsNull>
    <ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyIsNull>
      <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
    </ogc:PropertyIsNull>
  </ogc:Or>
</ogc:Filter>
</Rule>
```

```
</ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <GraphicFill>
      <Graphic>
        <Mark>
          <WellKnownName>shape://times</WellKnownName>
          <Stroke>
            <CssParameter name="stroke">#003300</CssParameter>
            <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
          </Stroke>
        </Mark>
        <Size>8</Size>
      </Graphic>
    </GraphicFill>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>SehrHochFill</Name>
  <Title>Sehr Hohe Bewertung</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>4.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    </ogc:And>
  </ogc:Filter>
  <PolygonSymbolizer>
    <Fill>
      <CssParameter name="fill">#003300</CssParameter>
      <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
    </Fill>
  </PolygonSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>
```

Anhang 5: SLD Code, Bewertungsgebiete Wohnen

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<StyledLayerDescriptor version="1.0.0" xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld http://schemas.opengis.net/sld/1.0.0/StyledLayerDescriptor.xsd">
<NamedLayer>
  <Name>Visualisierung Bewertungsgebiete Wohngebiete</Name>
  <UserStyle>
    <Name>Klassifizierung nach Attribut</Name>
    <Title>Klassifizierung nach Attribut bew2</Title>
    <Abstract>Klassifizierung nach Attribut bew2</Abstract>
    <FeatureTypeStyle>
      <Rule>
        <Name>SehrNiedrigStroke</Name>
        <Title>Sehr Niedrige Bewertung (unsicher)</Title>
        <ogc:Filter>
          <ogc:And>
            <ogc:PropertyIsEqualTo>
              <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:PropertyIsLessThan>
              <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>1.5</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsLessThan>
          <ogc:Or>
            <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
              <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
            <ogc:PropertyIsNull>
              <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
            </ogc:PropertyIsNull>
            <ogc:PropertyIsLessThan>
              <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
              <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
            </ogc:PropertyIsLessThan>
            <ogc:PropertyIsNull>
              <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
            </ogc:PropertyIsNull>
          </ogc:Or>
        </ogc:And>
      </ogc:Filter>
      <PolygonSymbolizer>
        <Fill>
          <GraphicFill>
            <Graphic>
              <Mark>
                <WellKnownName>shape://times</WellKnownName>
                <Stroke>
                  <CssParameter name="stroke">#990066</CssParameter>
                  <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
                </Stroke>
              </Mark>
              <Size>8</Size>
            </Graphic>
          </GraphicFill>
        </Fill>
      </PolygonSymbolizer>
    </Rule>
    <Rule>
      <Name>SehrNiedrigFill</Name>
```

```
<Title>Sehr Niedrige Bewertung</Title>
<ogc:Filter>
  <ogc:And>
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
    <ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>1.5</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
  </ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <CssParameter name="fill">#990066</CssParameter>
    <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>NiedrigStroke</Name>
  <Title>Niedrige Bewertung (unsicher)</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>2.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:Or>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsNull>
        <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
      </ogc:PropertyIsNull>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsNull>
        <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
      </ogc:PropertyIsNull>
    </ogc:Or>
  </ogc:And>
</ogc:Filter>
```

```
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <GraphicFill>
      <Graphic>
        <Mark>
          <WellKnownName>shape://times</WellKnownName>
          <Stroke>
            <CssParameter name="stroke">#FF33CC</CssParameter>
            <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
          </Stroke>
        </Mark>
        <Size>8</Size>
      </Graphic>
    </GraphicFill>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>NiedrigFill</Name>
  <Title>Niedrige Bewertung</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>1.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>2.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsGreaterThan>
        <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThan>
    </ogc:And>
  </ogc:Filter>
  <PolygonSymbolizer>
    <Fill>
      <CssParameter name="fill">#FF33CC</CssParameter>
      <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
    </Fill>
  </PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>MittelStroke</Name>
  <Title>Neutrale Bewertung (unsicher)</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>2.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    </ogc:And>
  </ogc:Filter>
  <PolygonSymbolizer>
    <Stroke>
      <CssParameter name="stroke">#FF33CC</CssParameter>
      <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
    </Stroke>
  </PolygonSymbolizer>
</Rule>
```

```
</ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
<ogc:PropertyIsLessThan>
  <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
  <ogc:Literal>3.5</ogc:Literal>
</ogc:PropertyIsLessThan>
<ogc:Or>
  <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
    <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
  </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
  <ogc:PropertyIsNull>
    <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
  </ogc:PropertyIsNull>
  <ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
    <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
  </ogc:PropertyIsLessThan>
  <ogc:PropertyIsNull>
    <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
  </ogc:PropertyIsNull>
</ogc:Or>
</ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <GraphicFill>
      <Graphic>
        <Mark>
          <WellKnownName>shape://times</WellKnownName>
          <Stroke>
            <CssParameter name="stroke">#00CCCC</CssParameter>
            <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
          </Stroke>
        </Mark>
        <Size>8</Size>
      </Graphic>
    </GraphicFill>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>MittelFill</Name>
  <Title>Neutrale Bewertung</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>2.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>3.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
```



```
<ogc:Literal>20</ogc:Literal>
</ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
</ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <CssParameter name="fill">#00CCCC</CssParameter>
    <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>HochStroke</Name>
  <Title>Hohe Bewertung (unsicher)</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>3.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>4.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
    </ogc:Or>
    <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    <ogc:PropertyIsNull>
      <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
    </ogc:PropertyIsNull>
    <ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyIsNull>
      <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
    </ogc:PropertyIsNull>
  </ogc:Or>
</ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <GraphicFill>
      <Graphic>
        <Mark>
          <WellKnownName>shape://times</WellKnownName>
          <Stroke>
            <CssParameter name="stroke">#3399FF</CssParameter>
            <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
          </Stroke>
        </Mark>
        <Size>8</Size>
      </Graphic>
    </GraphicFill>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
```

```
<Rule>
<Name>HochFill</Name>
<Title>Hohe Bewertung</Title>
<ogc:Filter>
  <ogc:And>
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
    <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>3.5</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    <ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>4.5</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
  </ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <CssParameter name="fill"#3399FF</CssParameter>
    <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
<Name>SehrHochStroke</Name>
<Title>Sehr Hohe Bewertung (unsicher)</Title>
<ogc:Filter>
  <ogc:And>
    <ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsEqualTo>
    <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
      <ogc:Literal>4.5</ogc:Literal>
    </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
  </ogc:Or>
  <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
    <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
  </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
  <ogc:PropertyIsNull>
    <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
  </ogc:PropertyIsNull>
  <ogc:PropertyIsLessThan>
    <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
    <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
  </ogc:PropertyIsLessThan>
  <ogc:PropertyIsNull>
    <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
  </ogc:PropertyIsNull>
</ogc:Or>
```

```
</ogc:And>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <GraphicFill>
      <Graphic>
        <Mark>
          <WellKnownName>shape://times</WellKnownName>
          <Stroke>
            <CssParameter name="stroke">#0033CC</CssParameter>
            <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
          </Stroke>
        </Mark>
      <Size>8</Size>
    </Graphic>
  </GraphicFill>
</Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>SehrHochFill</Name>
  <Title>Sehr Hohe Bewertung</Title>
  <ogc:Filter>
    <ogc:And>
      <ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyName>nutzung</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsEqualTo>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>4.5</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
      <ogc:PropertyIsLessThan>
        <ogc:PropertyName>bew2_s</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>0.7</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsLessThan>
      <ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
        <ogc:PropertyName>bew2_anz</ogc:PropertyName>
        <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
      </ogc:PropertyIsGreaterThanOrEqualTo>
    </ogc:And>
  </ogc:Filter>
  <PolygonSymbolizer>
    <Fill>
      <CssParameter name="fill">#0033CC</CssParameter>
      <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
    </Fill>
  </PolygonSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>
```

Anhang 6: SLD Code, Bewertungsgebiete Verbesserungen

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<StyledLayerDescriptor version="1.0.0"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld StyledLayerDescriptor.xsd"
  xmlns="http://www.opengis.net/sld"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <NamedLayer>
    <Name>bewertungsgebiete</Name>
    <UserStyle>
      <Title>BEW Todo</Title>
      <Abstract>BEW Todo</Abstract>
  </NamedLayer>
  <FeatureTypeStyle>
    <Rule>
      <Name>Lärmschutz</Name>
      <Title>Lärmschutz</Title>
      <ogc:Filter>
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>todo</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
      </ogc:Filter>
      <PolygonSymbolizer>
        <Fill>
          <CssParameter name="fill">#009900</CssParameter>
          <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
        </Fill>
      </PolygonSymbolizer>
    </Rule>
    <Rule>
      <Name>Infrastruktur</Name>
      <Title>Infrastruktur</Title>
      <ogc:Filter>
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>todo</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>2</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
      </ogc:Filter>
      <PolygonSymbolizer>
        <Fill>
          <CssParameter name="fill">#FF9966</CssParameter>
          <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
        </Fill>
      </PolygonSymbolizer>
    </Rule>
    <Rule>
      <Name>Sauberkeit</Name>
      <Title>Sauberkeit</Title>
      <ogc:Filter>
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>todo</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>3</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
      </ogc:Filter>
      <PolygonSymbolizer>
        <Fill>
          <CssParameter name="fill">#00CCFF</CssParameter>
          <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
        </Fill>
      </PolygonSymbolizer>
    </Rule>
  </FeatureTypeStyle>
</StyledLayerDescriptor>
```

```
<Rule>
<Name>Kultureinrichtungen</Name>
<Title>Kultureinrichtungen</Title>
<ogc:Filter>
  <ogc:PropertyIsEqualTo>
    <ogc:PropertyName>todo</ogc:PropertyName>
    <ogc:Literal>4</ogc:Literal>
  </ogc:PropertyIsEqualTo>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <CssParameter name="fill">#FF8000</CssParameter>
    <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
<Name>Atmosphäre</Name>
<Title>Atmosphäre</Title>
<ogc:Filter>
  <ogc:PropertyIsEqualTo>
    <ogc:PropertyName>todo</ogc:PropertyName>
    <ogc:Literal>5</ogc:Literal>
  </ogc:PropertyIsEqualTo>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <CssParameter name="fill">#FF33FF</CssParameter>
    <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
<Name>Sicherheit</Name>
<Title>Sicherheit</Title>
<ogc:Filter>
  <ogc:PropertyIsEqualTo>
    <ogc:PropertyName>todo</ogc:PropertyName>
    <ogc:Literal>6</ogc:Literal>
  </ogc:PropertyIsEqualTo>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <CssParameter name="fill">#FE2E64</CssParameter>
    <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
<Name>Keine Verbesserungen</Name>
<Title>Keine Verbesserungen</Title>
<ogc:Filter>
  <ogc:PropertyIsEqualTo>
    <ogc:PropertyName>todo</ogc:PropertyName>
    <ogc:Literal>6</ogc:Literal>
  </ogc:PropertyIsEqualTo>
</ogc:Filter>
<PolygonSymbolizer>
  <Fill>
    <CssParameter name="fill">#F4FA58</CssParameter>
    <CssParameter name="fill-opacity">0.5</CssParameter>
  </Fill>
</PolygonSymbolizer>
```

```
</Rule>  
</FeatureTypeStyle>  
  </UserStyle>  
</NamedLayer>  
</StyledLayerDescriptor>
```

Anhang 7: SLD Code, Heatmap

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<StyledLayerDescriptor version="1.0.0"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld StyledLayerDescriptor.xsd"
  xmlns="http://www.opengis.net/sld"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <NamedLayer>
    <Name>Heatmap</Name>
    <UserStyle>
      <Title>Heatmap</Title>
      <Abstract>A heatmap surface showing population density</Abstract>
      <FeatureTypeStyle>
        <Transformation>
          <ogc:Function name="gs:Heatmap">
            <ogc:Function name="parameter">
              <ogc:Literal>data</ogc:Literal>
            </ogc:Function>
            <ogc:Function name="parameter">
              <ogc:Literal>weightAttr</ogc:Literal>
              <ogc:Literal>bew1</ogc:Literal>
            </ogc:Function>
            <ogc:Function name="parameter">
              <ogc:Literal>radiusPixels</ogc:Literal>
              <ogc:Function name="env">
                <ogc:Literal>radius</ogc:Literal>
                <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
              </ogc:Function>
            </ogc:Function>
            <ogc:Function name="parameter">
              <ogc:Literal>pixelsPerCell</ogc:Literal>
              <ogc:Literal>4</ogc:Literal>
            </ogc:Function>
            <ogc:Function name="parameter">
              <ogc:Literal>outputBBOX</ogc:Literal>
              <ogc:Function name="env">
                <ogc:Literal>wms_bbox</ogc:Literal>
              </ogc:Function>
            </ogc:Function>
            <ogc:Function name="parameter">
              <ogc:Literal>outputWidth</ogc:Literal>
              <ogc:Function name="env">
                <ogc:Literal>wms_width</ogc:Literal>
              </ogc:Function>
            </ogc:Function>
            <ogc:Function name="parameter">
              <ogc:Literal>outputHeight</ogc:Literal>
              <ogc:Function name="env">
                <ogc:Literal>wms_height</ogc:Literal>
              </ogc:Function>
            </ogc:Function>
          </ogc:Function>
        </Transformation>
        <Rule>
          <RasterSymbolizer>
            <!-- specify geometry attribute to pass validation -->
            <Geometry>
              <ogc:PropertyName>the_geom</ogc:PropertyName></Geometry>
            <Opacity>0.6</Opacity>
            <ColorMap type="ramp" >
              <ColorMapEntry color="#FFFFFF" quantity="0" label="nodata"
```

```
    opacity="0"/>
    <ColorMapEntry color="#FFFFFF" quantity="0.2" label="nodata"
      opacity="0"/>
    <ColorMapEntry color="#4444FF" quantity=".4" label="values"/>
    <ColorMapEntry color="#FF0000" quantity=".6" label="values" />
    <ColorMapEntry color="#FFFF00" quantity="1.0" label="values" />
  </ColorMap>
</RasterSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>
```