

Zur Aktualisierung von Geodaten eines LBS unter Einbeziehung der Nutzer

Florian Sayda

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Caspary, Universität der Bundeswehr München
1. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. W. Reinhardt, Universität der Bundeswehr München
2. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. habil. M. Sester, Universität Hannover

Diese Dissertation wurde am 1. September 2006 bei der Universität der Bundeswehr München eingereicht.

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Dezember 2006

1	Ziel und Motivation der Arbeit	1
1.1	Erfassung und Aktualisierung von Daten durch Nutzer eines LBS	2
1.2	Anwendungsfall (PARAMOUNT)	4
2	Grundlagen und Stand der Forschung	9
2.1	Location Based Services	9
2.1.1	Definition und Grundlagen	10
2.1.2	Standarisierung	13
2.1.3	Client	21
2.1.4	Positionierungsverfahren	21
2.1.5	Anwendungsserver	34
2.1.6	Kommunikation	36
2.1.7	Datenbank und Daten	38
2.1.8	LBS Anwendungen	39
2.1.9	Zusammenfassung und Fazit	55
2.2	Vertrauen, Reputation und Vertrauenswürdigkeit	57
2.2.1	Sporas Algorithmus	62
2.3	Geometrische Verarbeitung von Polylinien	64
3	Erfassung und Aktualisierung von Wanderwegen	67
3.1	Voraussetzungen	67
3.2	Verfahrensablauf	68
3.2.1	Erfassung und Vorverarbeitung der Routen	69
3.2.2	Auswertung und Bewertung der Routen	70
3.2.3	Zusammenfassung	77
3.3	Verarbeitung der Geometrie	79
3.3.1	Bestimmung gleicher Teilstücke	79
3.3.2	Berechnung eines neuen (<i>resultierenden</i>) Abschnitts	85
3.3.3	Diskussion und Bewertung des geometrischen Algorithmus	88
3.4	Bewertung der Nutzer	90
3.4.1	Anwendung des Sporas Algorithmus	93
3.4.2	Diskussion der Bewertungsverfahren	95
4	Fallbeispiel	99
4.1	Eingangsparameter und Ausgangsdaten	99
4.2	Verarbeitung der Daten	101
4.2.1	Erster Durchlauf	101
4.2.2	Zweiter Durchlauf	106
4.2.3	Dritter Durchlauf	111

4.2.4	Vierter Durchlauf	115
5	Zusammenfassung	119
5.1	Verfahren allgemein	119
5.2	Ergebnisse des Anwendungsfalls	120
5.3	Einordnung der Ergebnisse	121
5.4	Ausblick	123
	Abkürzungsverzeichnis	125
	Literatur	127
	Anhang	137

1 Ziel und Motivation der Arbeit

Positionsbezogene Dienste, auch bekannt als Location Based Services (LBS), verwenden die momentane Position eines Nutzers, um auf diese angepasste Informationen zur Verfügung zu stellen. Das klassische Beispiel für eine derartige Anwendung ist die Suche „Wo befindet sich der/die/das nächste ... (z.B. Restaurant)?“. Neben diesem gibt es viele weitere Bereiche in denen Location Based Services eingesetzt werden. Eine Zusammenfassung dieser findet sich in Abschnitt 2.1.8 (Seite 39). Dort ist auch klar herausgestellt, dass derartige Anwendungen als Mehrwertdienste im Bereich Mobilfunk mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. So stellt jeder Mobilfunkanbieter schon heute seinen Kunden zahlreiche solcher Dienste zur Verfügung. In mehreren Studien, zum Beispiel [Lad02a] oder [DUR00], wird positionsbezogenen Diensten weiterhin ein starkes Wachstum innerhalb der nächste Jahre prognostiziert, auch wenn die um das Jahr 2000 vorhergesagt rasante Steigerung in diesem Bereich nicht erreicht werden konnte. In einer von Anderson [And02] durchgeführten Studie werden die Möglichkeiten, die digitale Informationen für globale mobile Dienste bieten untersucht und Vorschläge unterbreitet, wie dieser viel versprechende Markt stimuliert werden kann. Dort sind folgende sieben Faktoren als wesentlich zur Stimulation dieses Marktes ermittelt worden:

- Verfügbarkeit des erforderlichen Inhaltes
- Verfügbarkeit relevanter Applikationen
- Bewusstsein der Nutzer über die Vorteile/Nutzen des „mobilen Inhaltes“ (mobile content)
- Entwicklung einer gemeinsamen Grundlage, auf den mobilen Endgeräten genutzt wird (Spezifikationen/Komponenten)
- Entsprechende Gewinnverteilung zwischen den Beteiligten
- Stimulierung von Investitionen in alle benötigten Technologien
- Förderung der Interoperabilität

Die oben genannten Faktoren finden sich auch in den in [Spi04] genannten Gründen, die dort als Hemmnisse des wirtschaftlichen Erfolgs von LBS identifiziert werden, wieder. Während sowohl im Bereich der verfügbaren Hardware, aber auch beim Marketing der entsprechenden Dienste, Verbesserungspotential gesehen wird, werden auch die Inhalte der Dienste und somit die Daten auf denen diese basieren als wesentlicher Bestandteil angesehen. In einer Studie von Johnson [John01] wird festgestellt, dass die Datenerfassung und -aktualisierung bei weitem die höchsten Kosten beim Aufbau eines GIS verursacht. Da positionsbezogene Dienste starke Ähnlichkeit mit GIS aufweisen, kann das sicherlich direkt auf den Bereich LBS übertragen werden. Neben den Kosten für die erstmalige Datenerfassung entstehen im laufenden Betrieb eines LBS, ebenso wie bei einem GIS, weitere für die permanente Datenaktualisierung. Für den Betreiber eines LBS, der oft große Gebiete mit einer Fülle von Informationen abdecken muss, ist dies eine zeit- und kostenintensive Aufgabe. Da viele Inhalte auch zeitlichen Veränderungen unterworfen sind, ist es auch eine permanent durchzuführende jedoch unabdingbare Aufgabe, um die Nutzer stets mit aktuellen und zuverlässigen Informationen versorgen zu können. Viele der benötigten Daten können außerdem meist nur durch eine Vor-Ort-Begehung erfasst werden. Für Nutzer eines LBS ist es leichter vor Ort fehlende Daten oder Fehler in den an ihre momentane Position angepassten gelieferten Informationen festzustellen. Ziel dieser Arbeit ist es deshalb zu untersuchen wie die zahlreichen Nutzer eines LBS in die Erfassung und Aktualisierung der Datengrundlage eines LBS eingebunden werden können. Hierdurch soll eine Reduzierung des Aufwands für den LBS-Betreiber im Bereich der Datenerfassung und -aktualisierung erreicht werden.

Im folgenden Abschnitt wird zunächst die Grundidee des in dieser Arbeit untersuchten Verfahrens vorgestellt. Weiterhin wird in Abschnitt 1.2 auf einen Location Based Service für Bergwanderer eingegangen, auf den das in der vorliegenden Arbeit untersuchte Verfahren angewendet wird.

1.1 Erfassung und Aktualisierung von Daten durch Nutzer eines LBS

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, ist es sinnvoll, die Nutzer von positionsbezogenen Diensten in die Datenerfassung und -aktualisierung einzubinden. In diesem Abschnitt wird auf konzeptioneller Ebene untersucht, wie dies geschehen könnte. Ziel ist hierbei, Daten, die in der Datenbank des LBS, die im Folgenden als Kerndatenbank bezeichnet wird, fehlen oder fehlerhaft sind zu ergänzen bzw. zu korrigieren.

Ausgegangen wird hierbei von der Erfassung der Daten zu einem Objekt durch einen Nutzer vor Ort. Die Umschreibung „Daten zu einem Objekt“ wird hier als allgemeine Bezeichnung für jegliche Art von Informationen gebraucht, die ein Nutzer zu raumbezogenen Inhalten eines LBS erfassen kann. Sie umfasst sowohl Sachinformationen zu einem bereits in der Kerndatenbank existierenden Objekt mit Raumbezug als auch die Erfassung neuer Objekte mit Raumbezug. Letzterer Fall beschränkt sich nicht nur auf die Erfassung von punktförmigen Objekten sondern auch auf geometrisch komplexere Objekte. Hierbei ist zu beachten, dass je nach Art der zu erfassenden Daten unterschiedliche Verfahren Anwendung finden. Nachdem ein Nutzer die Daten, die aus seiner Sicht in der Kerndatenbank korrigiert oder hinzugefügt werden sollten, vor Ort erfasst hat, müssen diese an den Dienstanbieter übermittelt werden. Ob dies nun sofort geschieht oder zu einem späteren Zeitpunkt kann für die weitere Betrachtung momentan vernachlässigt werden. Zunächst wird betrachtet, wie die von einem Nutzer erfassten und übermittelten Daten weiterverarbeitet werden können.

Betrachtet man das Ziel des in dieser Arbeit vorgestellten Ansatzes – die Erfassung neuer oder die Korrektur vorhandener Daten in der Datenbank eines LBS – wäre eine Möglichkeit, die von den Nutzern übermittelten Daten zu den Objekten direkt in die Kerndatenbank zu übernehmen. Dieser Ansatz bietet den großen Vorteil, dass der Aufwand für den Dienstanbieter äußerst gering wäre. Notwendig sind hier lediglich automatische, semiautomatische oder manuelle Prozessabläufe, die ein konsistentes Einfügen der übermittelten Daten ermöglichen. Auf letzteren Punkt wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen, da die Verfahren, die hier zur Anwendung kommen, nicht Gegenstand dieser Arbeit sind. Das direkte Einfügen der von den Nutzern übermittelten Daten in die Kerndatenbank bringt jedoch folgende wesentlichen Nachteile mit sich:

- Der vom letzten Nutzer zu einem Objekt übermittelte Datensatz wird als aktuell und richtig in der Kerndatenbank geführt.
- Es können sehr leicht falsche Daten in die Kerndatenbank übernommen bzw. eingespielt werden

Klar zeigt sich, dass der oben vorgestellte Ansatz für einen Dienstanbieter aufgrund der Nachteile keine wirkliche Lösung darstellt. Zu leicht wäre es „böswilligen Nutzern“ oder etwa Konkurrenten möglich, die Kerndatenbank unbrauchbar zu machen und damit auch die darauf basierenden Dienste. Hieraus ergibt sich zwingend die Notwendigkeit, eine Überprüfung der von den Nutzern erfassten Daten vor dem Einfügen in die Kerndatenbank durchzuführen.

Eine Möglichkeit hierfür ist es, einen manuellen, halbautomatischen oder automatischen Vergleich jedes einzelnen von den Nutzern erfassten Datensatzes mit den Inhalten der Kerndatenbank und gegen bestimmte Plausibilitätsregeln durchzuführen. Die Plausibilitätsregeln können zum Beispiel direkt in der Datenbank, als so genannte Beschränkungen (engl. Constraints) verankert sein, aber auch bereits bei der Erfassung vor Ort geprüft werden. Ein

Konzept hierzu findet sich zum Beispiel in [Mäs05]. Hierdurch kann zum Beispiel sichergestellt werden, dass bestimmte Informationen innerhalb eines Wertebereiches liegen. Der unabhängige Vergleich der von einzelnen Nutzern gelieferten Daten mit den Inhalten der Kerndatenbank, ohne Berücksichtigung der von anderen Nutzern erfassten Daten, bringt jedoch keine wesentlichen Vorteile. Konflikte werden zwar aufgedeckt, können jedoch aufgrund fehlender Referenzdaten nicht sofort gelöst werden. Eine Möglichkeit zur Lösung der Konflikte wäre eine Recherche, um die richtigen Informationen durch eine unabhängige Quelle zu verifizieren. Dies kann je nach Art des zu lösenden Konflikts unterschiedlich hohen Aufwand bedeuten. Wird zum Beispiel ein Konflikt in Form von unterschiedlichen Telefonnummern festgestellt, lässt sich dieser in den meisten Fällen noch mit geringem Aufwand bereinigen. Bei anderen Daten, wie zum Beispiel einem fehlenden Gebäude oder kulturell wichtigen Objekt, kann der Aufwand, bis hin zur Notwendigkeit einer Vor-Ort-Begehung, erheblich höher sein. Dieser Ansatz würde den Dienstanbieter auf mögliche Fehler in der Kerndatenbank aus Sicht der Nutzer hinweisen. Berücksichtigt man aber, dass für den Betrieb eines LBS sehr umfangreiche Datenbestände notwendig sind, würde der Aufwand der notwendig ist um sicherzustellen, dass dies auch wirkliche Fehler sind und diese gegebenenfalls zu bereinigen, für den Dienstanbieter sehr hoch ausfallen. Wesentlicher Nachteil dieses Ansatzes ist außerdem, dass auch hier „Nutzer“ sehr einfach Fehler melden können um dem Dienstanbieter Schaden zum Beispiel in Form von hohem Aufwand zuzufügen.

Die in dieser Arbeit vorgeschlagene und untersuchte Vorgehensweise zur Einbindung der Nutzer eines LBS in die Datenerfassung und -aktualisierung versucht deshalb folgenden Grundgedanken zu nutzen:

Je mehr Nutzer die gleichen Daten zum selben Objekt liefern, desto wahrscheinlicher ist es, dass diese Daten als richtig in die Kerndatenbank übernommen werden können.

Durch Anwendung dieses Grundgedanken soll verhindert werden, dass nicht verifizierte Daten in die Kerndatenbank übernommen werden. Um diesen als Basis des in dieser Arbeit vorgeschlagenen Verfahrens anwenden zu können, wurde folgender zweigeteilter Ansatz gewählt. Der erste Teil umfasst die Erfassung der Daten zu einzelnen Objekten durch die Nutzer, sowie die Übermittlung und Speicherung dieser zur weiteren Verarbeitung. Der zweite Schritt beinhaltet die Auswertung der von vielen Nutzern gelieferten Daten zu einzelnen Objekten. Durch eine Vielzahl an verschiedenen Nutzern und den von diesen erfassten Daten zu Objekten stehen im zweiten Schritt viele Informationen aus unabhängigen Datenquellen zur Verfügung. Ziel des zweiten Schritts ist es *gleiche* Daten zu *denselben* Objekten zu finden, die von mehreren Nutzern erfasst wurden und diese als Referenzdaten zu nutzen. Die so von mehreren unabhängigen Datenquellen bestätigten Informationen bieten den Vorteil, dass sie eine höhere Vertrauenswürdigkeit gegenüber den Daten, die nur von einem einzigen Nutzer geliefert wurden, bieten. Der Begriff Vertrauenswürdigkeit ist in diesem Zusammenhang sicher keine absolute Messgröße und ist im Weiteren, wie auch in anderen Systemen in denen das Konzept der Vertrauenswürdigkeit Anwendung findet, eher als Indikator innerhalb eines Entscheidungsprozesses zu sehen. Die Konzepte der Vertrauenswürdigkeit, des Vertrauens und der Reputation in IT-Systemen werden in Abschnitt 2.2 eingehender beleuchtet. Das hier vorgestellte Verfahren wird speziell auf einen speziellen Anwendungsfall hin näher untersucht. Dieser ist innerhalb des im folgenden Abschnitt vorgestellten LBS angesiedelt und umfasst die Einbindung von Nutzern in die Erfassung von Wanderwegen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es ein auf dem vorher genannten Grundgedanken basierendes Verfahren zu untersuchen welches ermöglicht:

- Die Nutzer eines LBS in die Datenerfassung und –aktualisierung einzubinden.
- Einen Indikator für die Zuverlässigkeit der von den Nutzern gelieferten Daten zu erhalten, welcher zu Bestimmung derjenigen Datensätze verwendet werden kann, die zur Übernahme in die Kerndatenbank geeignet scheinen.
- Bei der Ermittlung des Indikators für die Vertrauenswürdigkeit der von den Nutzern gelieferten Daten die Quelle der Daten zu berücksichtigen.
- Für jeden einzelnen Nutzer eine Reputation zu modellieren, die einen Indikator für dessen Vertrauenswürdigkeit hinsichtlich der von ihm erfassten Daten liefert.
- Für den in dieser Arbeit behandelten Anwendungsfall der Wanderwege aus den von den Nutzern erfassten Daten im Rahmen der Messgenauigkeit als geometrisch gleich anzusehende Abschnitte abzuleiten.

1.2 Anwendungsfall (PARAMOUNT)

Die in den vorhergehenden Kapiteln vorgestellte generelle Vorgehensweise zur Einbindung von Nutzern eines LBS in die Erfassung und Aktualisierung der Datengrundlage wird im Weiteren an folgendem speziellen Anwendungsfall untersucht.

Für Location Based Services gibt es eine schier unerschöpfliche Anzahl an Ideen für Einsatz- und Verwendungsmöglichkeiten. Viele davon sind im Bereich der Anwendungen für Fußgänger angesiedelt. So wurden zum Beispiel in zwei von der EU geförderten Forschungsprojekten, VISPA und PARAMOUNT, die Möglichkeiten die positionsbezogene Dienste für Wanderer und Bergsteiger bieten untersucht und in Prototypen umgesetzt. Beim Aufbau eines derartigen Dienstes müssen insbesondere die speziellen Anforderungen der Nutzer als auch die Anforderungen, die sich aus dem Umfeld in dem die Dienste eingesetzt werden sollen, berücksichtigt werden. Die Funktionsweise eines LBS für Bergwanderer und Bergsteiger wird im Folgenden anhand des Forschungsprojektes PARAMOUNT erläutert.

Aus Nutzersicht muss ein solcher LBS verschiedene Kernfunktionalitäten bereitstellen. Innerhalb des Forschungsprojektes PARAMOUNT wurden diese durch Umfragen und Workshops mit potentiellen Nutzern identifiziert. Die Wichtigsten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Zugang zu Kartenmaterial und Darstellung der Position des Nutzers in einer Karte
2. Zugang zu verschiedensten Informationen, wie Wetter- oder Touristeninformationen
3. Routing und Führung des Nutzers entlang einer berechneten Route
4. Absetzen eines Notrufs

Ausgehend von diesen Kernfunktionalitäten wurden die wichtigsten Systemkomponenten definiert. Abbildung 1 zeigt die in PARAMOUNT eingesetzte Systemarchitektur, bestehend aus Client- und Serverseite mit den entsprechenden Kommunikationsschichten. Sie basiert auf Webservices, wie sie auch bei anderen Location Based Services oder im Bereich der LBS Standardisierung Anwendungen finden. Die drei Servicekategorien SAFETOUR, INFOTOUR und DATATOUR stellen verschiedene vom Client benötigte Dienste zur Verfügung. Darunter befinden sich verschiedene Datenbanken (SAR-DB, Geo-DB, DB DATATOUR), die den Services verschiedene Inhalte liefern.

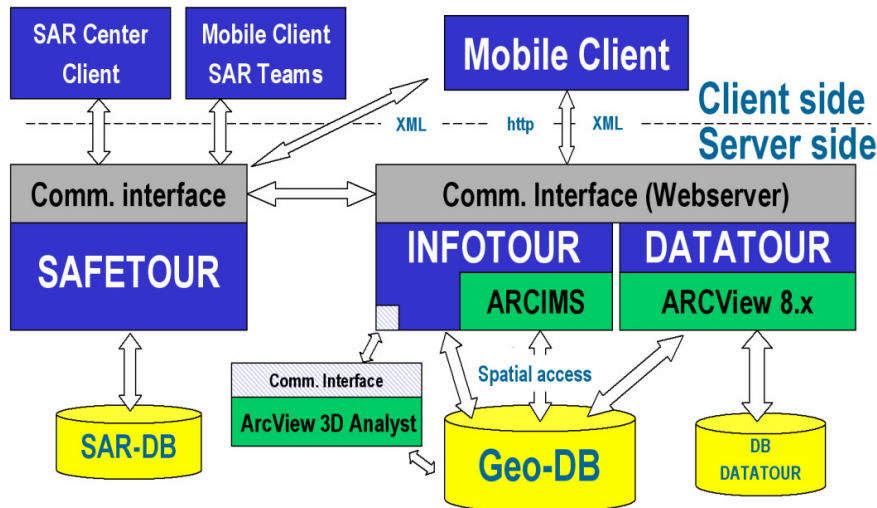


Abbildung 1: Systemarchitektur PARAMOUNT

In SAFETOUR werden alle Dienste zusammengefasst, die sich mit der Sicherheit des Wanderers befassen, zum Beispiel dem Empfang und dem Verwalten von Notrufen. INFOTOUR umfasst alle Dienste welche dem Nutzer Informationen bereitstellen. Hierzu gehören zum Beispiel Karten, Wetterinformationen aber auch der Routing-Dienst. DATATOUR stellt Dienste zur Einbindung der Nutzer in die Erfassung und Aktualisierung der Datengrundlage, ähnlich dem hier vorgestellten Verfahren, jedoch nicht im selben Umfang, zur Verfügung.

Tabelle 1 zeigt die in INFOTOUR verwendeten und in der Geo-DB vorgehaltenen Daten, gegliedert nach den verschiedenen Informationsarten.

Art der Information	Daten
Vektor	POIs (Points of Interest)
	Wegenetz
attributiv	zusätzliche Informationen, z.B. zu POIs
Raster	Topographische Karten
	Digitales Geländemodell
	Luftbilder

Tabelle 1: Datengrundlage für INFOTOUR

Im Weiteren wird speziell die Einbindung von Nutzern in die Erfassung und Aktualisierung des Wegenetzes untersucht. Für weitere Informationen zum Projekt PARAMOUNT sei deshalb auf die entsprechende Literatur verwiesen wie [Say02], [Gon03], [RSK03], [Rei03] oder [Say03].

Das Wegenetz hat in der hier kurz vorgestellten Anwendung eine zentrale Bedeutung. Ohne dieses wäre zum Beispiel keinerlei Routenberechnung und Führung des Nutzers entlang der Route möglich. Die Erfassung und Aktualisierung eines kompletten Wanderwegenetzes ist jedoch mit hohem Aufwand verbunden. Das hier vorgestellte Verfahren bietet somit einige Vorteile, die in diesem Anwendungsfall genutzt werden können. Abbildung 2 zeigt exemplarisch einen Teil des in PARAMOUNT verwendeten Wegenetzes in Form von Knoten und Kanten. In der Datenbank wird neben der Geometrie dieser Bestandteile auch die dazugehörige Topologie explizit abgelegt. Abbildung 3 zeigt den hierfür verwendeten Teil des relationalen PARAMOUNT-Datenmodells. Weitere Informationen zu einzelnen

Wegabschnitten, wie zum Beispiel Schwierigkeit oder Klassifizierung, werden in separaten Tabellen gespeichert.

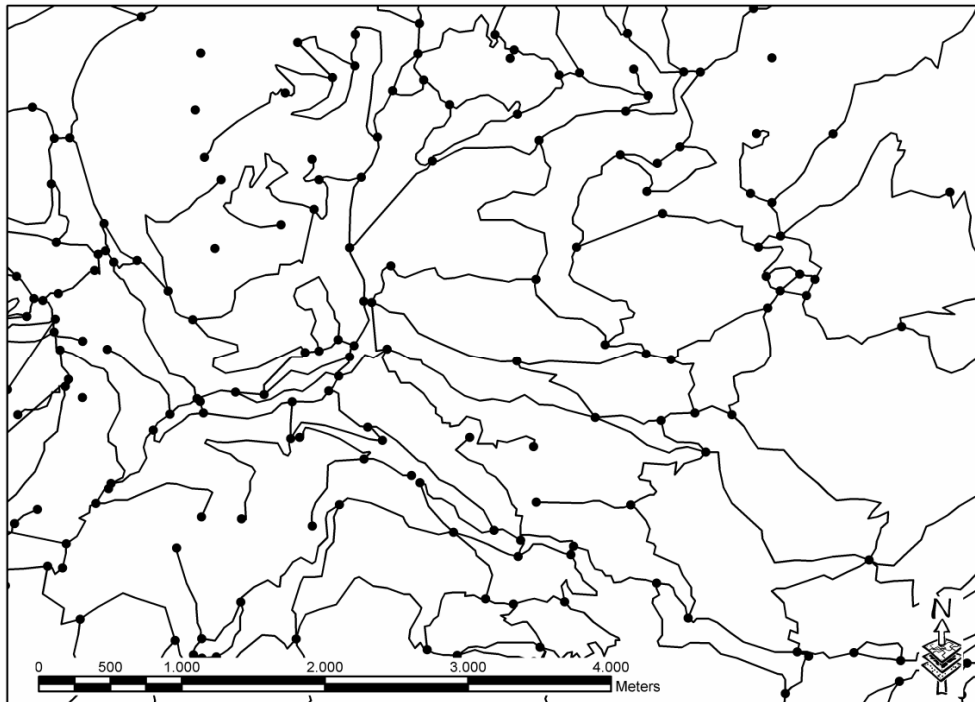


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Wegenetz mit Knoten und Kanten

Durch die Nutzung der expliziten Topologie kann eine Geschwindigkeitsoptimierung bei den verschiedenen Routenberechnungen erreicht werden. Als Gewicht der einzelnen Kanten kann zum Beispiel die Länge des Weges (Attribut *length* in der Tabelle *topology*) verwendet werden.

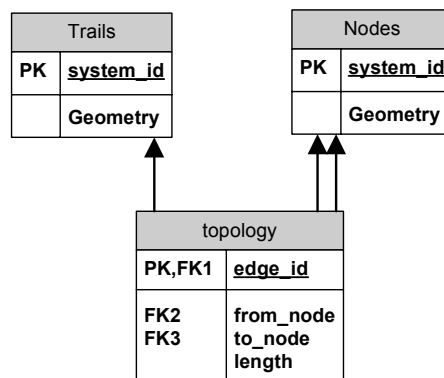


Abbildung 3: Relationales Datenmodell mit expliziter Topologie der Knoten und Kanten

In PARAMOUNT wurden als Grundlage aus der TK50 digitalisierte Wege verwendet. Während der Tests zeigte sich, dass die so erfasste Datengrundlage weder vollständig noch in allen Fällen richtig war. Abgesehen von Fehlern bei der Digitalisierung konnte dies in vielen Fällen auf folgende Ursachen zurückgeführt werden:

- Verdrängung und Generalisierung in der TK50
- Fehlende Wege in der TK50
- Interpretation bei der Digitalisierung

Dies machte sich besonders bei Wanderwegen, die nur von Fußgängern benutzbar sind bemerkbar. Ähnliches konnte auch in Wanderkarten beobachtet werden. Zurückzuführen ist dieses Phänomen einerseits auf die Aktualisierungszyklen dieser Karten, die sich im Bereich von bis zu 10 Jahren bewegen können. Andererseits werden diese Karten meistens aus Luftbildern erstellt, in denen schmale Wanderwege nur schwer oder zum Teil gar nicht erkannt werden können. Im Weiteren wird deshalb besonders die Anwendbarkeit des vorgeschlagenen Verfahrens auf die Erfassung und Aktualisierung von Wanderwegen untersucht.

Im Folgenden wird zunächst auf die Grundlagen der positionsbezogenen Dienste sowie Verfahren zur Modellierung von Vertrauenswürdigkeit in IT-Systemen, die in dem in dieser Arbeit vorgestellten Verfahren eine zentrale Rolle spielen, eingegangen. Die Übertragung des beschriebenen Verfahrens auf einen bestimmten Anwendungsfall, der Erfassung und Aktualisierung von Wanderwegen, wird in Kapitel 3 näher untersucht. Dort werden auch einzelne Teilaspekte näher beleuchtet. Praktische Ergebnisse für die Übertragung des vorgestellten Verfahrens auf den vorliegenden Anwendungsfall sind in Kapitel 4 zu finden. Abschließend wird in Kapitel 5 das vorgeschlagene Verfahren allgemein zusammengefasst und seine Übertragbarkeit auf den speziellen Anwendungsfall diskutiert.

2 Grundlagen und Stand der Forschung

Im Folgenden werden die Grundlagen sowie der Stand der Forschung zu den Themengebieten, die in dieser Arbeit berührt werden, zusammengefasst. Dies beinhaltet zum einen das gesamte Umfeld der positionsbezogenen Dienste zum anderen werden Ansätze zur Anwendung des Konzepts des Vertrauens, auch bekannt unter dem Stichwort Reputation oder Vertrauenswürdigkeit, in IT-Systemen erläutert. Abschließend werden in diesem Kapitel einige Begrifflichkeiten zusammengefasst und kurz erläutert wie sie in dieser Arbeit verwendet werden.

2.1 Location Based Services

Location Based Services (LBS) ist in den letzten Jahren eines der Schlagworte im Bereich des Mobilfunks. Klassische Beispiele für Anwendungen, die als Location Based Services bezeichnet werden, sind solche, die beispielsweise ihre Nutzer bei der Suche nach einem bestimmten Objekt in ihrer Umgebung unterstützen. Dies kann für einen Reisenden die Suche nach dem nächstgelegenen Hotel oder Tankstelle sein, aber auch die nächste an einem Wochenende geöffnete Apotheke.

Der Ursprung der positionsbezogenen Dienste findet sich nach [Spi04] bereits um 1970 und steht in Zusammenhang mit der militärischen Einführung des GPS (Global Positioning System). Seit der vereinfachten Nutzungsmöglichkeit von GPS 1980 wird diese Möglichkeit der Positionsbestimmung von vielen Anwendungen genutzt. Ein weiterer technologischer Sprung wurde gegen Ende der 90iger Jahre mit der weitgehenden Abdeckung durch Mobilfunknetze in Europa, Asien und den USA vollzogen. Dies stellte eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Verbreitung von LBS dar. Auch Entwicklungen im Bereich des Mobilfunks haben einen großen Einfluss auf die Verbreitung und Akzeptanz von positionsbezogenen Diensten. Hier sind besonders das bereits weit verbreitete GPRS, sowie das neuere, gerade in der Einführung befindliche, UMTS zu nennen. Bereits im Jahr 2000 kommt der „UMTS Report“ von Durlacher Research [DUR00] zum dem Schluss, dass GPRS einen wichtigen Schritt in Richtung IP basierter Dienste für mobile Nutzer darstellt. Dies ist zum einen auf die digitale paketorientierte Technologie und zum anderen durch die „always online“-Möglichkeit zurückzuführen. Der Nachteil der geringen Bandbreite von GPRS wird durch die Einführung von UMTS ausgeglichen. Folgende wesentliche Verbesserungen können durch die Einführung von Mobilfunknetzwerken der 3. Generation (3G) erreicht werden [DUR00]:

- Positionsbezogen
- Personalisiert
- Unverzögerlich, Sofort
- Verfügbar

In [DUR00] wird allgemein auf mobile Diensten eingegangen, jedoch zeigen schon die oben genannten Verbesserungen deutlich den Bezug zu LBS.

Auch im wissenschaftlichen Umfeld wurden die Herausforderungen und Problemstellungen im Bereich LBS frühzeitig erkannt und untersucht. So beschäftigen sich zahlreiche wissenschaftliche Veröffentlichungen mit diesem Bereich wie [Sar00], [Hoo00]. Neben allgemeinen Betrachtungen zu LBS finden sich auch Konzepte für konkrete Anwendungsbereiche, so werden zum Beispiel in [Rei01] und [Coro01] Location Based Services speziell für Fußgänger untersucht. Aber auch im Bereich B2B wurden frühzeitig Überlegungen zum Einsatz von LBS angestellt (siehe [Mau01], [Cha02]). Die Forschung im Bereich LBS ist jedoch keineswegs abgeschlossen, wie zum Beispiel die Untersuchungen in [Par06], die in dieser Arbeit zusammengefassten Forschungsprojekte sowie hier behandelte Problemstellung zeigen.

Da der Begriff der positionsbezogenen Dienste bzw. Location Based Services sehr weitläufig Verwendung findet, wird im Folgenden zunächst auf deren verschiedene Definitionen und die dazugehörigen Grundlagen, wie die allgemeine Architektur und verwendete Hardware, eingegangen. Danach werden die im Bereich LBS verwendeten Standards sowie die möglichen Positionierungsverfahren näher beleuchtet. Abschließend werden mögliche Bereiche, in denen positionsbezogene Dienste angewendet werden, allgemein und an Hand konkreter Beispiele aus Forschung und kommerziellem Einsatz zusammengefasst und diskutiert.

2.1.1 Definition und Grundlagen

Positionsbezogene Dienste und Location Based Services (LBS) werden im Zusammenhang mit verschiedensten Anwendungsbereichen und Anwendungen genannt. Im Folgenden sind einige Beispiele für Definitionen zu finden, wie positionsbezogene Dienste und LBS in einschlägiger Literatur definiert werden:

- „Location Services can be defined as services that integrate a mobile device's location or position with other information so as to provide added value to a user“, aus [Spi04], S.10
- „A Wireless-IP Service that uses geographic information to serve a mobile user. Any application service that exploits the position of a mobile terminal.“, aus [OGCOLS], S. 4
- “A location-based service (LBS) can be defined as an information service that exploits the ability of technology to know where it is, and to modify the information it presents accordingly. LBS technology is inherently distributed, mobile, and potentially ubiquitous. Its services can augment the information provided directly to observers through the normal human senses, by allowing them to access information in databases that represents what cannot be sensed, either because it is beyond the reach of the senses, or was true in the past; or might be true in the future. Its services can also allow data to be analyzed as they are collected, in a progressive construction of knowledge.”, aus [CSI01]
- „LBS-Anwendungen sollen den mobilen Menschen unterstützen. Ihre Umsetzung verbindet die Mobilfunktechnologie mit Internetdiensten und Geoinformationen. Mittels verschiedener Techniken (LDT) soll der Nutzer positioniert werden können und gezielt mit Informationen versorgt werden. Als Positionierungstechniken bieten sich neben GPS insbesondere auf der Zellenstruktur des Mobilfunks basierende Methoden an. Dies reicht von der einfachen Zellenzuordnung, die besonders im ländlichen Raum recht ungenau sein wird, bis zur Trilateration durch mindestens 3 Sender, die in Stadtbereichen bis unter 100m genau möglich ist. Für spezielle Ereignisse und Räumlichkeiten mag es auch gezielt eingerichtete Positionsgeber geben. Während die GPS-Positionierung durch ihre Genauigkeit bis in den Zentimeterbereich überzeugt, ist bei mobilfunkbasierten LBS die Erreichbarkeit auch in Gebäuden u. dgl. von Vorteil. Auf einem mobilen Gerät (Handy, PDA, Palmtop etc.) sollen Dienste offeriert werden, die personalisiert sein können und damit auf ein bestimmtes Nutzerprofil eingerichtet werden können. Wesentliche Anforderungen an derartige Dienste sind ihre Verfügbarkeit zu jeder Zeit an jedem Ort. Location-based services sind Bestandteil des M-Commerce“, aus [Geoi04]
- „location based service, position based service, standortbestimmter Dienst an einem wireless information device. Abhängig vom Standort wird dem Benutzer Information aus seiner Umgebung angeboten. Steht im Zusammenhang mit der Entwicklung leistungsfähiger Datenübertragungsstandards für den Mobilfunk, wie WAP, GPRS

und UMTS. Kartographische location based services stellen eine wichtige Anwendung der Telekartographie dar.“, aus [Boll02]

- „.... service whose return or other property is dependent on the location of the client requesting the service or of some other thing, object or person“, aus [ISO19133]

Bei der Zusammenstellung der oben genannten Definitionen für LBS wurden nur solche berücksichtigt, die aus produktunabhängigen Quellen stammen. An Hand dieser können als wichtigste Bestandteile eines LBS folgende bezeichnet werden:

- mobile Endgeräte: Alle Definitionen nennen explizit mobile Endgeräte als Bestandteil eines positionsbezogenen Dienstes.
- Position des Nutzers: Ein wesentlicher Bestandteil eines LBS ist die Verwendung der Position des mobilen Endgerätes bzw. des Nutzers. Hierbei kann die Positionierung sowohl automatisch erfolgen als auch interaktiv vom Nutzer bestimmt werden (siehe Abschnitt 2.1.4)
- Die bereitgestellte Information ist auf die Position angepasst.

Betrachtet man diese Kernstücke der LBS Definition, lässt dies teilweise noch einen sehr großen Spielraum zu, welche Anwendung als LBS bezeichnet werden kann. So stellt sich zum Beispiel die Frage, welche Endgeräte als mobil bezeichnet werden können. Je nach Anwendungsfall fällt diese Entscheidung sicher unterschiedlich aus. Auch einige der genannten Definitionen lassen, einzeln betrachtet, einen großen Spielraum hinsichtlich der Definition eines positionsbezogenen Dienstes zu. Einen ähnlichen Schluss zieht auch Ladstätter in [Lad02] bei der Betrachtung der Definition für einen LBS nach der ISO TC 211 (siehe vorherige Auflistung der Definitionsbeispiele) und schlussfolgert, dass somit auch Anwendungen wie Einsatzleitsysteme oder Flottenmanagement (Verfolgung und Dispatching von Fahrzeugen) zu den LBS gezählt werden können. Er definiert deshalb LBS als „... Ausweitung des Internets auf mobile Endgeräte unter gleichzeitiger Integration von GIS-Technologien ...“ [Lad02].

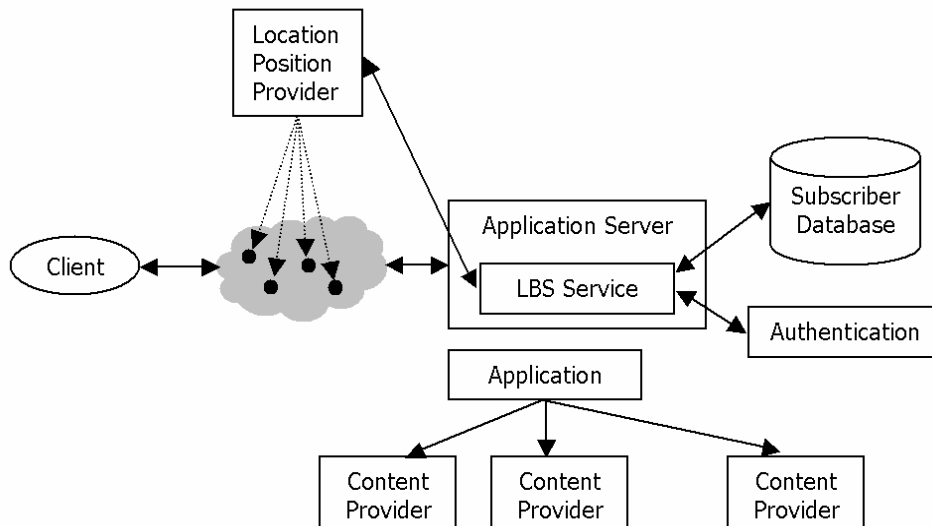


Abbildung 4: Generelle LBS Systemarchitektur (nach [Jac04] S. 95)

Um zu einer eindeutigeren Definition zu kommen, ist es deshalb sinnvoll die Systemkomponenten bzw. Systemarchitektur zusammen mit den Definitionen wie denen nach [Spi04], [OGCOLS], und [CSI01] zu betrachten. Abbildung 4 zeigt die generelle Systemarchitektur mit den zugehörigen Komponenten. Zusammen mit dem in Abbildung 5 dargestellten Ablauf einer OpenLS-Anfrage [OGCOLS] lassen sich die oben aufgestellten Bestandteile um folgende ergänzen:

2. Grundlagen und Stand der Forschung

- Kommunikation mit einem Server, der die Dienste bereitstellt.
- Verwenden einer drahtlosen Kommunikationsmethode: Obwohl sich dies auch aus der Verwendung mobiler Endgeräte ergibt, ist dieser Punkt explizit hervorzuheben.

Die zwei eben genannten Punkte bilden mit den drei bereits vorher zusammengestellten, die Grundlage der in der vorliegenden Arbeit verwendeten Definition eines LBS.

Abschließend sei hier noch auf einige Besonderheiten in einigen der vorher genannten Definitionen hingewiesen. So ist die Definition nach [Geoi04] die umfangreichste und weist ausdrücklich die Nutzer von LBS als „mobile Menschen“ aus. Verklausuliert lässt sich dies auch in der Definition nach [CSI01] „information provided directly to the observers through the normal human senses“ finden. Alle anderen Definitionen machen keine Aussage über den Nutzer, so dass hier auch ein LBS ohne Beteiligung von Menschen möglich wäre. Besonders zu beachten ist auch der Teil der Definition nach [CSI01] bei der ausdrücklich auf die Art der Information hingewiesen wird. So sind nach dieser die Informationen, die dem Nutzer bereitgestellt werden, ausdrücklich aus einer Datenbank zu entnehmen und müssen etwas widerspiegeln, das an sich nicht wahrnehmbar ist. Somit wären zum Beispiel vorgefertigte statische Webseiten bei Verwendung dieser Definition ausgeschlossen.

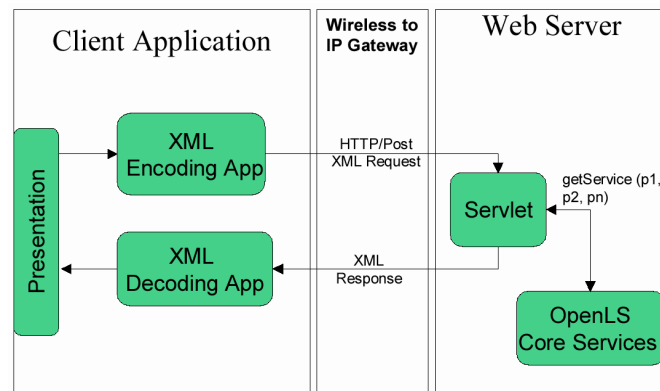


Abbildung 5: Ablaufdiagramm für OpenLS Request/Response (aus [OGCOLS], S. 10)

Aus der Definition sowie der allgemeinen Architektur eines LBS (siehe zum Beispiel Abbildung 4 und Abbildung 5) ergeben sich folgende fünf Kernkomponenten eines LBS:

- Client
- Positionierungskomponente
- Server mit den positionsbezogenen Diensten
- Drahtlose Kommunikation zwischen Server und Client
- Datenbank mit den benötigten Daten

Weiterhin kommen je nach Anwendungsfall des LBS noch eine Reihe weiterer Komponenten hinzu, wie zum Beispiel Nutzerverwaltung oder Abrechnungsverfahren. Da diese Komponenten aber stark vom Anwendungsfall abhängig sind, soll in dieser Arbeit nicht weiter auf diese eingegangen werden.

Abbildung 6 zeigt die Wertschöpfungskette für LBS, die sich aus der großen Anzahl an beteiligten Technologien und Komponenten ergibt.



Abbildung 6: LBS Wertschöpfungskette, nach [Lad02a], [DUR00]

Innerhalb der dargestellten Wertschöpfungskette können durchaus mehrer Teile von einem Anbieter übernommen werden. Dies wird in der Praxis auch angestrebt, wobei die Grenzen

zwischen den einzelnen Teilen nicht immer scharf definiert werden können. Weiterführende Betrachtungen zu den wirtschaftlichen Aspekten von positionsbezogenen Diensten sind in der Literatur an verschiedenen Stellen zu finden (siehe zum Beispiel [Lad02a], [DUR00], [And02], [Spi04]).

Das in der vorliegenden Arbeit behandelte Verfahren erstreckt sich über alle Bereiche eines positionsbezogenen Dienstes. Dies umfasst sowohl die mobilen Endgeräte, die von den Nutzern zur Datenerfassung verwendet werden, entsprechende Dienste zur Übermittlung und Weiterverarbeitung der Daten, sowie die Kerndatenbank, in die neue Daten übernommen werden sollen. Um ein reibungsloses Zusammenspiel all dieser Komponenten untereinander zu gewährleisten, müssen verschiedenste Normen und Standards berücksichtigt werden.

Im Folgenden werden deshalb die wichtigsten LBS Grundlagen, beginnend mit den Standardisierungsbestrebungen, näher erläutert. Danach werden die fünf Kernkomponenten der positionsbezogenen Dienste detaillierter beschrieben. Abschließend wird auf die Einsatzmöglichkeiten von LBS eingegangen. Exemplarischen werden Anwendungen aus dem kommerziellen Bereich wie auch aus dem Bereich der Forschung vorgestellt.

2.1.2 Standardisierung

Im Bereich der Location Based Services finden verschiedenste Standards Anwendung. Dies ist auf die große Anzahl an verwendeten Technologien und beteiligten Komponenten zurückzuführen. Viele sind jedoch meist nicht speziell für LBS entwickelt worden. Hierzu gehören zum Beispiel Technologien die im Bereich der Transportschichten (z.B. GSM, UMTS oder WLAN) angewendet werden. Diese sind in Kapitel 2.1.6 (Seite 36) kurz näher erläutert. Auch auf Protokollebene finden sich verschiedene Standards, zum Beispiel HTTP ([HTTP]), WAP ([WAP]) oder SOAP ([SOAP]), welche innerhalb von LBS Anwendung finden können. Abbildung 7 gibt einen Überblick der beteiligten Komponenten und einiger verwendeter Protokolle in Form der Infrastruktur eines LBS. Hier wird die Komplexität eines LBS deutlich, da zum Beispiel sowohl zwischen den beteiligten Komponenten ein Datenaustausch gewährleistet sein muss, als auch zusätzlich innerhalb dieser, wobei jeweils komponentenspezifische Standards eingesetzt werden.

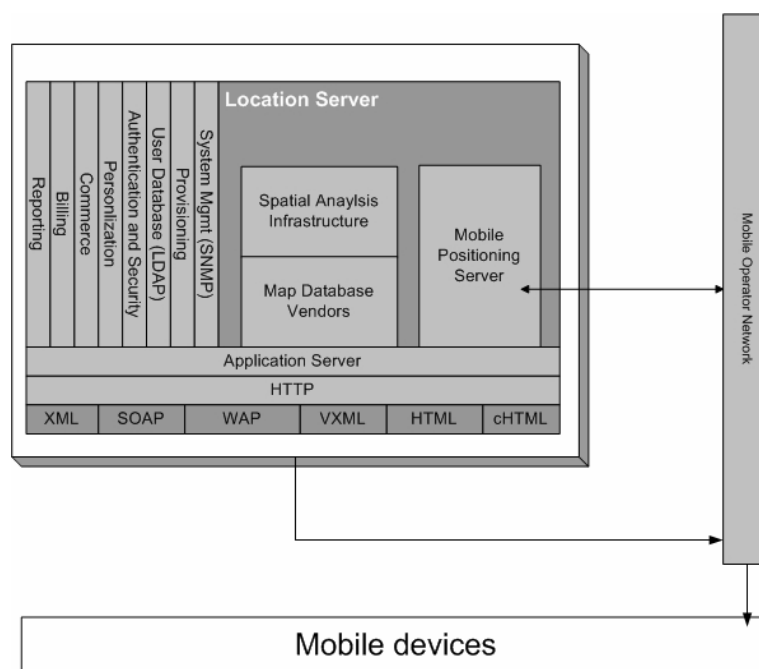


Abbildung 7: LBS Infrastruktur, nach [Jag03]

2. Grundlagen und Stand der Forschung

Im Folgenden werden drei Organisationen und deren Spezifikationen vorgestellt, welche sich direkt auf LBS beziehen. Hierbei handelt es sich um OGC, OMA und ISO. Diese drei können als die wichtigsten Entwickler und Herausgeber von Standards im Bereich LBS angesehen werden. Andere Spezifikationen, wie zum Beispiel die des W3C (World Wide Web Consortium, www.w3c.org) werden zwar im Bereich LBS verwendet, sind jedoch nicht ausschließlich hierfür entworfen worden. Weiterführende Informationen und Entwicklungen zu diesen Organisationen und Standards sind zum Beispiel in [MKe04] und auf den entsprechenden Internetseiten zu finden.

Abbildung 8 gibt einen Überblick der im Bereich Standardisierung für LBS tätigen Organisationen der entsprechenden Standards sowie Organisationen und deren Standards die im Bereich LBS Verwendung finden.

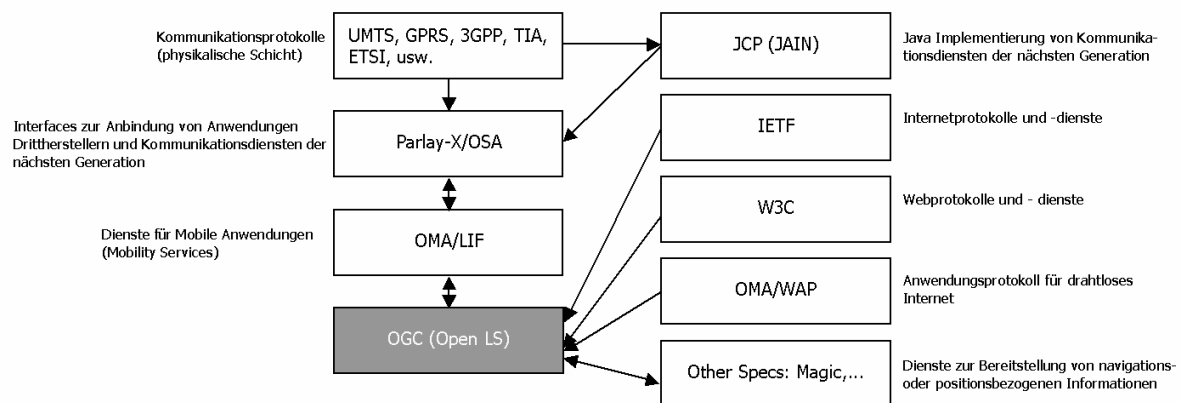


Abbildung 8: Standards im Bereich LBS, nach [OGCOLS]

2.1.2.1 Open Geospatial Consortium (OGC – www.opengis.org)

Das Open Geospatial Consortium ist eine internationale non-profit Standardisierungsorganisation, die sich aus freiwilligen Mitgliedern zusammensetzt. Innerhalb dieser Organisation wird die Entwicklung von Standards für Geodaten und Location Based Services betrieben. Gegründet 1994 setzt sich OGC mittlerweile (Stand 2005) aus über 270 Mitgliedern zusammen, zu denen Unternehmen, Behörden und Universitäten zählen.

Im Bereich LBS hat OGC den so genannten GeoMobility Server entwickelt. Bei diesem handelt es sich um eine Spezifikation offener Schnittstellen für eine LBS Middleware. Dieser Standard ist im Dokument „Open GIS Location Services (OpenLS): Core Services“ [OGCOLS] zusammengefasst und ist die einzige Spezifikation von OGC, die sich explizit mit LBS beschäftigt. Es wird jedoch auf zahlreiche andere Spezifikationen des OGC und W3C (www.w3.org) Bezug genommen oder diese direkt verwendet. Hierzu gehören zum Beispiel die „OpenGIS Simple Feature Specifications for SQL“ [OGCSFS], „Geography Markup Language (GML)“ [OGCGML] oder verschiedene Spezifikationen zu XML (zum Beispiel [W3CXL05], [W3CXS05]).

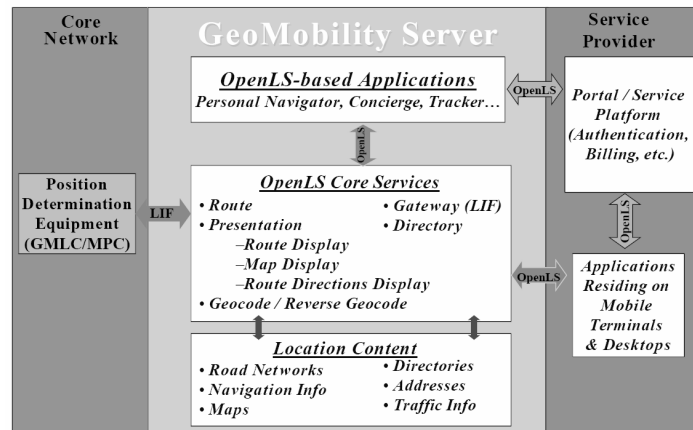


Abbildung 9: Der GeoMobility Server in der OpenLS Spezifikation von OGC, aus [OGCOLS]

Die OpenLS Spezifikation [OGCOLS] wurde im Juni 2003 offiziell verabschiedet. Die momentan verfügbare Spezifikation ist vom 16. Januar 2004 und beschreibt folgende fünf Hauptkomponenten der OpenLS Core Services des GeoMobility Servers:

1. Directory Service
2. Gateway Service
3. Location Utility Service (Geocoder/Reverse Geocoder)
4. Presentation Service
5. Route Server

Abbildung 9 zeigt die Einbettung der fünf Hauptkomponenten im GeoMobility Server. Diese fassen die in einem LBS benötigten Dienste zusammen und werden in der OpenLS Spezifikation [OGCOLS] definiert. Für jeden dieser Dienste sind enthalten:

- Anforderungen, sowohl allgemeiner Natur als auch Anforderungen an die Anfrage sowie die Antwort
- Anwendungsfälle
- Definition der Parameter für Anfrage und Antwort
- Beispiele für Anfragen und Antworten

2.1.2.2 Open Mobile Alliance (OMA – www.openmobilealliance.org)

Die Open Mobile Alliance zählt mehr als 300 Mitglieder, unter ihnen Mobilfunknetzbetreiber, Geräte- und Netzwerkkomponentenhersteller, IT-Unternehmen und Anbieter von Daten, die als Inhalte solcher Dienste Verwendung finden. Ziel der Open Mobile Alliance (OMA) ist es, die Akzeptanz mobiler Datendienste durch die Nutzer zu fördern. Um dies zu erreichen, werden Komponenten für marktorientierte mobile Dienste spezifiziert, welche Interoperabilität über Geräte, geografische Regionen, Anbieter, Betreiber und Netzwerke hinweg gewährleisten. In der OMA fanden sich Mitte 2002 die folgenden Organisationen unter einem Dach zusammen:

- WAP Forum
- Location Interoperability Forum (LIF)
- SyncML Initiative
- MMS-IOP (Multimedia Messaging Interoperability Process)
- Wireless Village
- Mobile Gaming Interoperability Forum (MGIF)
- Mobile Wireless Internet Forum (MWIF)

Tabelle 2 zeigt die von der OMA herausgegebenen technischen Spezifikationen mit den aktuellen Versionsnummern. Diese befinden sich in einem der folgenden unterschiedlichen Status:

2. Grundlagen und Stand der Forschung

- Candidate Enabler (Phase 1): Eine technische Spezifikation, die in Produkte und Anwendungen implementiert werden kann und bezüglich der Interoperabilität getestet werden kann.
- Approved Enabler (Phase 2): Eine technische Spezifikation der Phase 1, welche die Interoperabilitätstests erfolgreich durchlaufen hat
- Phase 3: Bestätigte Interoperabilität des OMA Interoperability Release (end-to-end test reports, verifying end-to-end interoperability)

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich sind momentan (Stand 10/2005) noch keine technischen Spezifikationen in der Phase 3 verfügbar.

Enablers		
List of Enablers	OMA Phase 1: Candidate Enabler Releases	OMA Phase 2: Approved Enabler Releases
OMA Billing Framework	V1.0	
OMA Browsing	V2.3 V2.2 V2.1	
Browser Protocol Stack	V2.1	
OMA Client Provisioning	V1.1	
OMA Data Synchronization	V1.2	V1.1.2
OMA Device Management	V1.2	V1.1.2
OMA Digital Rights Management	V2.0	V1.0
OMA DNS	V1.0	
OMA Download		V1.0
OMA Email Notification	V1.0	
OMA External Functionality Interface	V1.1	
OMA Games Services	V1.0	
OMA Instant Messaging and Presence Service		V1.2 V1.1
IMS in OMA		V1.0
OMA Mobile Location Protocol	V3.1	
OMA Mobile Location Service	V1.0	
OMA Multimedia Messaging Service	V1.3	V1.1 V1.2
OMA Online Certificate Status Protocol Mobile Profile	V1.0	
On-Board Key Generation	V1.0	
OMA Online Certificate Status Protocol Mobile Profile	V1.0	
OMA Presence Simple	V1.0	
OMA Push to talk Over Cellular	V1.0	
OMA Secure User Plane for Location	V1.0	
OMA SyncML Common Specification	V1.2	V1.1.2
OMA Standard Transcoding Interface	V1.0	
OMA User Agent Profile	V2.0 V1.1	
OMA vObject Minimum Interoperability Profile	V1.0	
OMA Web Services		V1.0
OMA Wireless Public Key Infrastructure	V1.0	
XDM-OMA XML Document Management Version 1.0	V1.0	

Tabelle 2: Technische Spezifikationen der Open Mobile Alliance (OMA),
Stand Oktober 2005, Quelle [OMARP]

Neben den oben genannten Spezifikationen, stellt die OMA noch zahlreiche Dokumente mit Anforderungen (requirement documents) [OMARP] zu speziellen Markt- und Nutzeranforderungen für bestimmte Bereiche zur Verfügung. Diese rund 30 Dokumente haben einen

normativen Charakter und decken Gebiete sowohl anwendungsspezifischer (z.B. Anforderungen an Dienste für Spiele), als auch technischer Natur (z.B. Anforderungen an SVG ([SVG]) im Umfeld mobiler Anwendungen) ab.

Besonders erwähnt sei an dieser Stelle die, auch in Tabelle 2 enthaltene, Spezifikation „Mobile Location Protocol (MLP)“ [OMAML], die auf die „Mobile Location Protocol“-Spezifikation des ehemaligen L.I.F. (Location Interoperability Forum, siehe [LIF02]) zurückgeht. Dies ist eine Spezifikation der OMA, die ein Protokoll für den Abruf von Positionen mobiler Nutzer (zum Beispiel Mobiltelefone, PDA,...) bereitstellt. Sie dient als Protokoll zur Kommunikation zwischen einem Location Position Provider (Location Server) und dem Applikationsserver mit dem Location Based Service (siehe auch Abbildung 10).

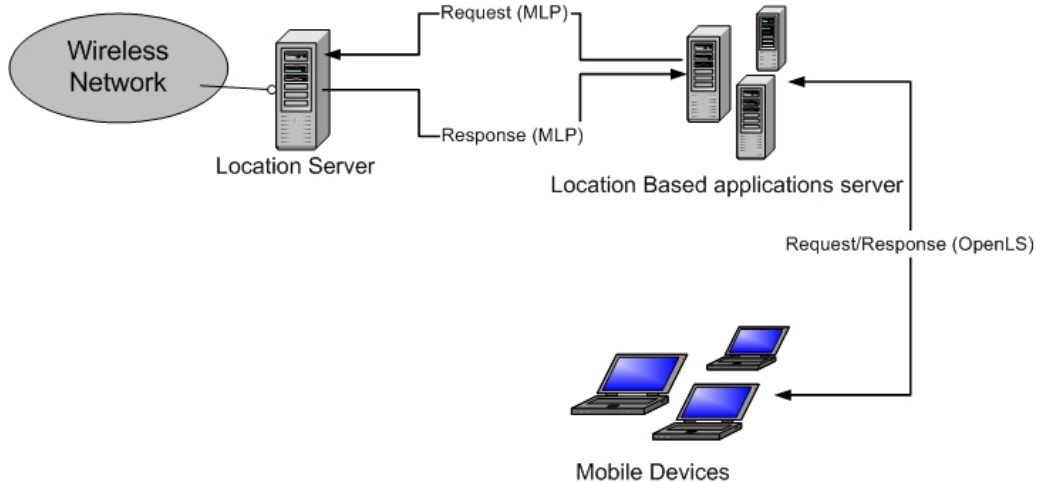


Abbildung 10: Mobile Location Protocol (MLP) in der LBS Architektur, nach [OMAML]

Im MLP wird zwischen der Transportschicht, der Basisschicht und der Serviceschicht unterschieden. Als Transportschicht werden zum Beispiel HTTP oder SOAP eingesetzt. Die Inhalte der Basis- und der Serviceschicht werden auf der Transportschicht in XML übertragen. Die Basisschicht enthält alle gemeinsamen Bestandteile der Dienste aus der Serviceschicht. Diese bestehen aus einer Reihe von DTDs mit den in Tabelle 3 zusammengefassten Inhalten.

Element der Basisschicht
Identify Element Definitions
Function Element Definitions
Location Element Definitions
Shape Element Definitions
Quality of Position Element Definitions
GSM Network Parameters Element Definitions
Context Element Definitions

Tabelle 3: Bestandteile der Basisschicht innerhalb des MLP

Im MLP werden verschiedene Klassen der Positionsdienste (location services) unterschieden (siehe Tabelle 4). Diese Dienste sind Bestandteil der Serviceschicht. Für jeden „location server“ kann frei gewählt werden, welche davon zu implementieren sind.

Dienste	Beschreibung
Standard Location Immediate Service	Standard Dienst zur Abfrage einer einzelnen Position
Emergency Location Immediate Service	Dienst zur Abfrage einer Position eines mobilen Nutzers, der einen Notruf abgesetzt hat.
Standard Location Reporting Service	Dienst zur Übermittlung der Position eines mobilen Teilnehmers an eine LBS-Applikation (initiiert vom mobilen Teilnehmer)
Emergency Location Reporting Service	Dienst zur Übermittlung der Position und zugehörigen Daten eines Notrufes an eine Notfall-Applikation (initiiert vom drahtlosen Netzwerk, z.B. Mobilfunknetzwerk)
Triggered Location Reporting Service	Dienst zur Übermittlung der Position eines mobilen Teilnehmers innerhalb bestimmter Zeitintervalle oder auf Grund eines bestimmten Ereignisses

Tabelle 4: Dienst des Mobile Location Protocols (MLP), nach [OMAMLPL]

Die in Tabelle 4 genannten Dienste setzen sich aus so genannten Nachrichten (messages) zusammen, wobei jede Nachricht aus Anfrage, Antwort und Bericht oder einer beliebigen Kombination der drei besteht. Tabelle 5 zeigt die einzelnen den verschiedenen Diensten zugeordneten Nachrichten (messages). Neben den Spezifikationen der Nachrichten und dazugehörigen Beispielen, enthält das MLP noch die Spezifikationen und Beispiele der Elemente der Basisschicht, der Fehlermeldungen sowie Erläuterungen zu den in der Spezifikation verwendeten Elementen.

Dienste	Nachrichten (messages)
Standard Location Immediate Service	<ul style="list-style-type: none"> • Standard Location Immediate Request • Standard Location Immediate Answer • Standard Location Immediate Report
Emergency Location Immediate Service	<ul style="list-style-type: none"> • Emergency Location Immediate Request • Emergency Location Immediate Answer
Standard Location Reporting Service	<ul style="list-style-type: none"> • Standard Location Report
Emergency Location Reporting Service	<ul style="list-style-type: none"> • Emergency Location Report
Triggered Location Reporting Service	<ul style="list-style-type: none"> • Triggered Location Reporting Request • Triggered Location Reporting Response • Triggered Location Report • Triggered Location Reporting Stop Request • Triggered Location Reporting Stop Answer

Tabelle 5: Nachrichten (messages) der Dienste der MLP Serviceschicht, nach [OMAMLPL]

2.1.2.3 International Organisation for Standardization (ISO-www.iso.org)

Auch im Rahmen der ISO wird auf internationaler Ebene an Standards, die explizit für den Bereich Location Based Services vorgesehen sind, gearbeitet. Durchgeführt werden diese Arbeiten vom Technical Committee (TC) 211 der International Organisation for Standardization (ISO) [ISOTC211] im Rahmen seiner Zuständigkeit für Standards im Bereich digitaler geographischer Informationsverarbeitung. Seit 1997 besteht eine verstärkte

Zusammenarbeit zwischen dem Open Geospatial Consortium (OGC) und dem ISO/TC 211, basierend auf einer 1994 geschlossenen so genannten Class A Liaison. Hierdurch soll eine Harmonisierung der Spezifikationen erreicht werden. Die vom ISO/TC 211 erarbeiteten über 25 Standards sind in der Reihe der ISO Normen 191xx sowie in der ISO Norm 6709 aus dem Jahr 1983 erschienen. Im Folgenden werden die drei Themen aus dem Bereich LBS, für die das ISO/TC 211 Standards verabschiedet hat oder verabschieden will, erläutert. Innerhalb des ISO/TC 211 werden diese von der Working Group 8 *Location based services* bearbeitet.

Die ISO 19132 - *Geographic Information - Location based services - Reference model* ([CD19132]) befindet sich momentan (Oktober 2005) im Stand eines Committee Draft (CD). Ziel dieses sich in der Diskussion befindenden Standards ist die Definition eines Referenzmodells und konzeptionellen Rahmens für Location Based Services. Das dort enthaltene Referenzmodell umfasst drei Pakete (LBS_Participants, Message Data Type, LBS_Services), die jeweils weitere Unterpakete und Klassen enthalten. So wird zum Beispiel das Paket LBS_Services in fünf weitere Unterpakete (Basic_Services, System Management, Information Services, Geomatics Services, Digital Rights Management) unterteilt. Für die dort enthaltenen Klassen wird in der ISO 19132 sowohl In- als auch Output festgelegt. Im Paket Message Data Type werden die in der Norm verwendeten abstrakten Datentypen spezifiziert. Weiterhin werden in der ISO 19132 grundlegende Architekturen zu LBS und Services erläutert sowie der Bezug zu und die Verwendung von anderen Standards, wie zum Beispiel der ISO 19133 - *Geographic Information - Location based services - Tracking and navigation* ([ISO19133]), dargestellt. Abschließend werden eine Reihe von Anwendungsszenarien für das vorgeschlagene Referenzmodell vorgestellt.

Die ISO Norm 19133 ([ISO19133]) ist der erste veröffentlichte internationale Standard des ISO/TC 211 für den Bereich Location Based Services. In ihm werden Klassen für Datentypen und die zugehörigen Methoden, die für die Implementierung von Tracking- und Navigationsdiensten benötigt werden, festgelegt. In der ISO Norm 19133 wird dies für folgende vier Pakete festgelegt:

- Tracking Service
- Navigation Service
- Address
- Network Model

Die oben genannten Pakete werden teilweise noch in weitere Unterpakete geteilt, bevor die Klassen und zugehörigen Methoden spezifiziert werden. Diese gesamte Modellierung findet, wie in den vom ISO/TC 211 herausgegebenen Normen üblich, in UML statt. Abschließend wird ein Paket kurz erläutert, welches beschreibt, wie die Implementierung von Features nach den Festlegungen der ISO 19109 *Geographic Information - Rules for application schema* ([ISO19109]) in den in der ISO 19133 spezifizierten Paketen erfolgt.

Die ISO Norm 19134 - *Geographic Information - Location based services - Multimodal routing and navigation* ([DIS19134]) hat momentan (Oktober 2005) den Status eines Draft International Standards (DIS). In ihm werden Klassen für Datentypen und die zugehörigen Methoden, die für die Implementierung von multimodalen positionsbezogenen Diensten für Routing und Navigation benötigt werden, festgelegt. Hierzu wird das in der ISO 19133 festgelegte Gesamtpaket um folgende fünf Pakete ergänzt:

- Multimodal Network
- Multimodal Routing
- Multimodal Constraint and Advisory
- Multimodal Navigation Services
- Multimodal Cost Function

Die drei im vorherigen erläuterten ISO Normen befassen sich aus zwei verschiedenen Perspektiven mit der Standardisierung von LBS. Während zum einen durch die ISO 19132 ein konzeptioneller Rahmen vorgegeben wird, befassen sich die ISO 19133 und die ISO 19134 mit der Modellierung von Klassen für eine bestimmte Kategorie von Diensten. Aktuelle Informationen sowie die einzelnen Normen finden sich unter www.iso211.org.

2.1.3 Client

Generell setzt sich der Client eines LBS aus Hard- und Software zusammen. Speziell die Software ist sehr stark anwendungsabhängig. Je nach Dienst und verwendeter Hardware kommen verschiedenste Softwaretechnologien, von der thin Client-Lösung mittels Browserplugins oder SMS (Short Messaging Service) bis hin zu speziellen standalone Anwendungen, zum Einsatz.

Im Bereich der Hardware für LBS ist zu beachten, dass nach der in dieser Arbeit verwendeten Definition mobile Endgeräte verwendet werden sollen. Sieht man von Spezialanwendungen der LBS ab und wird der Massenmarkt als Zielgruppe für positionsbezogene Dienste angestrebt, bietet sich der Einsatz von kommerziell verfügbaren, eventuell bereits weit verbreiteten, Produkten an. Zu diesen gehören im weitesten Sinne Produkte der folgenden Kategorien:

- Mobiltelefone
- Personal Digital Assistent (PDA)
- Smartphones, eine Kombination von PDA und Mobiltelefon
- TabletPCs
- Laptops

Da die Entwicklung im Bereich der mobilen Endgeräte sehr rasch fortschreitet, wird an dieser Stelle nicht auf die aktuellsten Produkte einzelner Hersteller eingegangen. Die beiden gängigsten Betriebssysteme im Bereich der PDAs sind momentan PALM OS und die auf Windows CE basierenden (z.B. Windows Mobile 5.0 oder Windows PocketPC, ...). In Roth [Rot02] sind die wichtigsten Eigenschaften und Anwendungen dieser Betriebssysteme näher erläutert. Dort sind auch weiterführende Informationen zu verschiedenen Kategorien der mobilen Endgeräte zu finden.

Je nach Art der Anwendung und Fähigkeiten der verwendeten mobilen Endgeräte kann es sich als notwendig erweisen, diese noch um zusätzliche Komponenten zu erweitern. So gibt es zum Beispiel einige LBS Anwendungen, die eine Positionierung mittels GPS durchführen. Manche Dienste nutzen hierzu direkt in das Mobiltelefon integrierte GPS Empfänger, wie die Dienste des österreichischen Mobilfunkanbieters „3“ (www.drei.at). Andere verwenden hingegen herkömmliche Mobiltelefone die mit einer externen GPS Komponente erweitert werden. So wird zum Beispiel beim Produkt TomTom Mobile (www.tomtom.com) ein Bluetooth GPS-Empfänger verwendet.

Die Verwendung mobiler Hardware in Location Based Services bringt einige Besonderheiten mit sich (siehe [Har00]), die es zu berücksichtigen gilt. Zu diesen gehören zum Beispiel die Laufzeit oder die Displaygröße die zur Visualisierung dynamisch generierter Inhalte zur Verfügung steht (siehe [Burg05], [Brun02]).

2.1.4 Positionierungsverfahren

Die Position des Nutzers spielt für die Dienste eines LBS, wie schon im Name enthalten (*Location Based Service*), eine zentrale Rolle. Diese kann mittels unterschiedlicher Positionierungsverfahren bestimmt werden, die je nach Art der Anwendung und dem technische Aufwand, der betrieben werden soll, Vor- bzw. Nachteile aufweisen. Zu beachten

ist, dass die Position in einem Referenzsystem, welches der Dienst des LBS interpretieren kann, ermittelt wird oder in ein solches transformiert werden kann. Eine Möglichkeit ist, die Position des Nutzers direkt mittels Koordinaten zu beschreiben. Koordinaten sind im Kern der Dienste meist die Grundlage jeglicher Berechnung, auch in dem klassischen Beispiel – „wo befindet sich der/die/das nächste ...?“

Eine andere Möglichkeit ist aber auch die Verwendung von Adressen zur Positionsbeschreibung. Mittels Geokodierung bzw. Adressmatching können diese in Koordinaten umgesetzt werden. Im Folgenden werden die einzelnen Verfahren in vier Gruppen eingeteilt, kurz erläutert und in Hinblick auf ihre Relevanz für diese Arbeit näher betrachtet.

2.1.4.1 Interaktive Positionsbestimmung durch den Nutzer

Diese Art der Positionsbestimmung bezieht den Nutzer aktiv mit ein. Sie kann in einem Schritt oder in einem iterativen Verfahren erfolgen. Voraussetzung hier ist, dass der Nutzer seine Position in einem Referenzsystem beschreiben kann, welches der LBS versteht, bzw. mittels Geokodierung in Koordinaten umsetzen kann. Hierzu kann der Dienst beim Nutzer zum Beispiel nach Ort, Strasse, Hausnummer oder Ort, Kreuzung zwischen zwei Strassen abfragen, um so dessen Position zu erhalten. Ein Beispiel für einen sehr einfachen LBS wäre die Nutzung eines online Routenplaners mittels eines mobilen Endgerätes, z.B. einem PDA (Personal Digital Assistant). Hier würde die Positionsermittlung durch Eingabe des Startpunktes des Nutzers erfolgen (siehe Abbildung 11).

Die interaktive Positionsbestimmung findet auch häufig bei SMS Diensten Anwendung. Für das in dieser Arbeit vorgestellte Verfahren ist die interaktive Positionsbestimmung nur sehr bedingt geeignet. Der Nutzer müsste um eine vergangene Route aufzuzeichnen zum einen sehr häufig interaktiv seine Position eingeben. Zum anderen fehlt für die Beschreibung der Position im Falle der Wanderwege häufig eine geeignete Referenz, wie zum Beispiel Straßennamen und Hausnummern.

The screenshot displays the Falk-Online Routenplaner interface with the following sections:

- Start:** Input fields for PLZ, Ort*, Str., Nr., and Land* (set to Deutschland).
- Über:** A link for "Zwischenstopp einfügen".
- Ziel:** Input fields for PLZ, Ort*, Str., Nr., and Land* (set to Deutschland), with "Löschen" and "Route berechnen" buttons.
- Zeitplanung:** "Abfahrt" dropdown, "um" dropdown, "Uhr" dropdown, and "0" input.
- Optimiert nach:** Radio buttons for "schnellste Strecke" (selected) and "kürzeste Strecke".
- Fahrzeug und Fahrer:** Radio buttons for "PKW schnell", "PKW mittel" (selected), and "PKW langsam", with "Löschen" and "Route berechnen" buttons.

Abbildung 11: Beispiel für die interaktive Positionseingabe (Teil des Falk-Online Routenplaners, www.falk-online.de)

2.1.4.2 Positionierung mittels Mobilfunk

Im Bereich des Mobilfunks gibt es seit Jahren Bestrebungen die Infrastruktur und Technologien der Mobilfunknetze zu nutzen, um die Position eines Mobiltelefons zu bestimmen. Die Intention hierfür hat im Wesentlichen zwei Ursprünge. Zum einen wird angestrebt eine hinreichend genaue Lokalisierung von Notrufgesprächen durchführen zu können. Zum anderen kann durch die Möglichkeit der Positionsbestimmung eines Mobilfunkgerätes den Nutzern eine Reihe von Location Based Services (LBS) angeboten werden. Zahlreiche Studien und Prognosen ([Del03], [MAP02], [NOK01]) zeigen, dass die Mobilfunkbetreiber in diesen Mehrwertdiensten einen der Wachstumsmärkte sehen. In [Wun03] wird ein Überblick zur Wirtschaftlichkeit eines LBS, dessen Einsatzmöglichkeiten sowie den Beteiligten der Wertschöpfungskette gegeben. Weiterhin wird auf die momentan bestehenden Hemmnisse im Bereich der positionsbezogenen Dienste eingegangen. Auch hier kommt der Autor zu dem Schluss, dass LBS ein Markt mit einem viel versprechenden Potential ist. Die Initiative zur Verbesserung der Lokalisierung von Notrufgesprächen wird auch von politischer Seite forciert. In Europa geschieht dies durch die europäischen Telekommunikationsbehörde (ETSI European Telecommunications Standards Institute). In den USA stellt die U.S. FCC (Federal Communication Commission) ähnliche Forderungen an die Mobilfunkbetreiber. [CGA02] befasst sich umfangreich mit der Thematik, wie dies innerhalb Europas umgesetzt werden kann. Unter anderem werden die existierenden Technologien auf dem Gebiet der Positionierung mittels Mobilfunk und deren Möglichkeit sowie Verbesserungsmaßnahmen diskutiert. Nähere Informationen zu den technischen Grundlagen, dem Aufbau und der Infrastruktur von Mobilfunknetzen findet sich zum Beispiel in [Rot02] und [Wal02].

Zur Bestimmung der Position eines Mobilfunkgerätes unter Verwendung der Infrastruktur und Technik eines Mobilfunknetzes gibt es einige gängige Verfahren, von denen sich einige noch im experimentellen Stadium befinden. Die Grundlage für all diese Verfahren ist im Wesentlichen der zellulare Aufbau von Mobilfunknetzen. Abbildung 12 zeigt eine vereinfachte Darstellung von Mobilfunkzellen mit den dazugehörigen Basisstationen.

Zu beachten ist hier, dass die Funkzellen in der Realität keine solche regelmäßige Struktur und Funkabdeckung aufweisen, da die Zellenform von folgenden Faktoren beeinflusst wird:

- Topographie und künstlichen Hindernissen, wie zum Beispiel Gebäuden
- Der zu erwartenden Nutzung der Zelle. In Ballungsräumen sind auf Grund höherer Auslastung die Zellen kleiner als im ländlichen Raum.

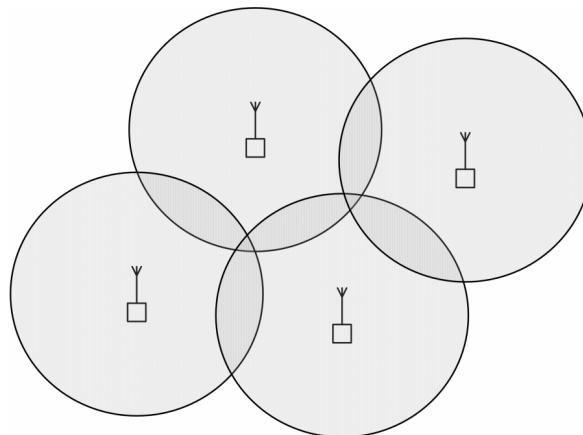


Abbildung 12: Vereinfachte Darstellung von Mobilfunkzellen

Auf Grund der oben genannten Einflüsse auf die Zellgrößen und Ausbreitung ergeben sich in der Realität Zellausdehnungen von wenigen 100 Metern bis hin zu mehreren Kilometern.

2. Grundlagen und Stand der Forschung

Die Entfernungen können nach [Rot02] zum Beispiel im E-Netz bis zu 8 km und im D-Netz sogar bis zu 35 km betragen.

Nach [Ret02] können die Positionierungsverfahren in folgende drei Kategorien, basierend auf dem Ort, an dem die Berechnung der Position durchgeführt wird, eingeteilt werden:

- Netzwerkbasierte Positionsbestimmung
- Mobilfunkgerätbasierte Positionsbestimmung
- Hybride Positionsbestimmung

Folgende Verfahren sind zur Positionsbestimmung innerhalb von Mobilfunknetzen, die auf dem GSM Standard basieren, anwendbar und sind in der weiterführenden Literatur ([Bal00], [Ing01], [Ret02], [Hei00], [Hei01]) detailliert beschrieben:

- Bestimmung über die Angabe der Mobilfunkzelle (CellID)
- Messung der Signalstärke in der Mobilfunkzelle
- Messung des Einfallswinkels (Angle of Arrival - AoA)
- Laufzeitmessung des Signals (Time of Arrival - ToA)
- Hyperbelschnittverfahren
- Nutzung der Multipath-Signalmuster (Multipath-Fingerprint Verfahren)
- Assisted GPS (AGPS)

Diese Verfahren unterliegen einer Reihe von möglichen Fehlerquellen (siehe [Ret02]). Zusammenfassend haben folgende Parameter Einfluss auf die Positionierungsgenauigkeit:

- Frequenz
- Eigenschaften des Ausbreitungsmediums, z.B. Wetter, Umweltbedingungen (frequenzabhängige Dämpfung der direkten Strahlung, d.h. Absorption oder Streuung)
- Bewegung der Mobilstation
- Störung der Amplitude (Fading und Schwund) durch natürliche und künstliche Hindernisse, Streuung, Reflektion und Mehrwegeausbreitung

Neben den oben genannten Parametern ergeben sich je nach Positionierungsverfahren die folgenden weiteren Einflussfaktoren (vgl. [Bal00], [Ing01], [Ret02]):

- Signal/Rauschverhältnis
- Dichte und Verteilung der Basisstationen
- Größe der Mobilfunkzellen, Abstand der Antennen
- Antennenhöhe der Basisstation
- Geometrische Lage der Mobilstation in Bezug zu den Basisstationen
- Mittlere Leistungsverstärkung der Antenne in Richtung des sendenden Telefons
- Netzauslastung und Anzahl der möglichen Nutzer

Tabelle 6 zeigt die Fehlereinflüsse auf die Distanzmessungen bei mobilfunkbasierten Positionsbestimmungsverfahren. Zu diesen gehören ToA-Verfahren (Laufzeitmessung) und das Hyperbelschnittverfahren (Laufzeitdifferenzmessung).

2.1.4.2.1 Fehlerquellen	2.1.4.2.2 Mobilfunknetz	
	GSM	UMTS
Messrauschen	270 m	18 m
Multipath	0 – 250 m	0 – 17 m
Ausbreitungsverzögerung in der Troposphäre	0,3 – 3 m	0,3 – 3 m
Synchronisationsfehler zwischen Netzwerk/Telefon	3 – 6 m	3 – 6 m
Oszillatorfehler	7,5 m	7,5 m
Gesamtfehler (1 σ)	270 – 380 m	20 – 27 m

Tabelle 6: Wesentliche Fehlereinflüsse auf die Distanzmessung bei der Positionierung im Mobilfunknetz (nach [Hei00])

Ein Verfahren welches nicht direkt auf Mobilfunknetzen zur Positionierung aufsetzt, jedoch diese zwingende voraussetzt, ist AGPS. Diese Abkürzung steht für Assisted GPS (AGPS) und beschreibt ein Verfahren welches auf GPS-Messungen basiert und zur Positionsbestimmung zusätzliche Informationen, die mittels Mobilfunktechnologie übertragen werden, verwendet. In [Dju01] findet sich eine genauere Beschreibung dieses Verfahrens. Die Hauptkomponenten bei AGPS sind ein Mobilfunkgerät mit einem kostengünstigen GPS-Empfänger, ein GPS-Server mit einem GPS-Referenzempfänger und eine Mobilfunkinfrastruktur. Als Vorteile für AGPS werden genannt:

- verbesserte Genauigkeit, Verfügbarkeit und Abdeckung
- sehr kurze Zeit bis zur ersten Positionslösung (time to first fix- TTFF)
- Karten und Datenbanken verbessern die Positionsgenauigkeit im Falle vom Mobilfunknetzwerk durchgeführten Berechnung (serverseitig)
- Geringer Stromverbrauch
- Geringe Kosten auf Seiten der Mobiltelefonhersteller
- Möglichkeit der Positionierung kann sowohl vom Nutzer (z.B. aus Datenschutzgründen) als auch vom Netzbetreiber (z.B. Einschränkung des Service auf bestimmte Nutzergruppe) beeinflusst werden.
- Optimierte Datenübertragung durch Nutzung verteilter Daten und mobilfunknetzwerkbasierter Berechnungen

Eine erhebliche Steigerung der Positionsgenauigkeit ist mittels dieses Verfahrens vor allem durch die Verwendung eines GPS-Referenzempfängers zu erwarten, so dass im optimalen Fall Genauigkeiten im Bereich der DGPS-Verfahren (siehe Abbildung 14) erreicht werden können. Nach [Dju01] sind die erreichbaren Genauigkeiten im Bereich 50 Meter für Nutzer in Gebäuden und 15 Meter im Freien. Wesentlich ist auch, besonders in Notfällen, die Reduzierung des TTFF von einigen Minuten auf eine Sekunde oder weniger. Erste Geräte, die diese Technologie implementiert haben, sind bereits auf dem Markt.

Wichtig für das in dieser Arbeit vorgestellte Verfahren zur Aktualisierung von Geodaten unter Einbeziehung der Nutzer eines LBS sind die erreichbaren Genauigkeiten der einzelnen Verfahren. Ein Überblick über die Verfügbarkeit und die Genauigkeiten dieser Verfahren ist in Abbildung 13 gegeben. Klar zeigt sich, dass sich die Genauigkeiten der einzelnen Verfahren teils um das 10fache ja sogar das 100 fache unterscheiden können. Zu beachten ist auch, dass für den in dieser Arbeit vorgestellten Ansatz Positionsgenauigkeiten im Bereich

2. Grundlagen und Stand der Forschung

von 100 Metern oder sogar darüber nicht nutzbar sind. Die in dieser Arbeit angestrebten Ergebnisse setzen eine höhere Positionierungsgenauigkeit voraus.

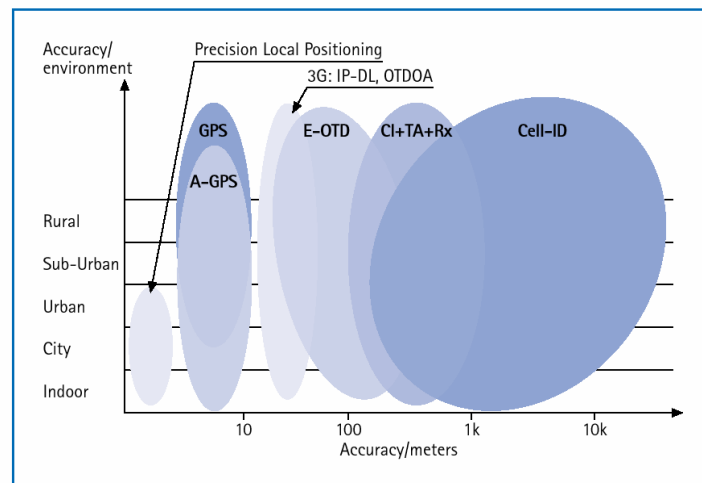


Abbildung 13: Abdeckung und Genauigkeit der wichtigsten Positionierungsverfahren (aus [NOK01])

Die in Tabelle 7 dargestellten erreichbaren Genauigkeiten unterscheiden sich nach dem Positionierungsverfahren und dem Gebiet, in dem sich das Mobilfunkgerät, dessen Position bestimmt wird, befindet. Für die in dieser Arbeit vorgestellte Anwendung ist besonders der ländliche Bereich interessant, da die meisten Wanderaktivitäten in diesem stattfinden. In alpinen Regionen muss davon ausgegangen werden, dass auf Grund der weiträumigen Verteilung der Basisstationen nur in wenigen Fällen die optimale Konfiguration und somit die schlechteste Positionierungsgenauigkeit erreicht wird. Somit ist das genaueste für den hier vorgestellten Anwendungsbereich verfügbare Verfahren das Cell ID+TA Verfahren. Es erreicht im ländlichen Raum eine Genauigkeit von 550m-35km (siehe Tabelle 7). Auch ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Verfahren jederzeit anwendbar sind. So benötigt zum Beispiel das Hyperbelschnittverfahren drei Basisstationen die vom Mobilfunkgerät gleichzeitig empfangen werden. Sind diese nicht vorhanden kann das Verfahren nicht angewendet werden.

Methode	Ländliches Gebiet	Vorstadt-bereich	Stadtgebiet	Anmerkungen
Cell ID	1-35 km	1 – 10 km	150 m – 1km	Angabe der Koordinaten der Basisstation der Zelle
Cell ID + TA	550 m –35 km	550 m- 10 km	150 m – 1 km	Bestimmung der Entfernung zur Basisstation bei Abständen > 50 m
E-OTD	50 – 300 m	50 – 150 m	50 – 150 m	3 Basisstationen notwendig

Tabelle 7: 2D Postionierungsgenauigkeiten im GSM-Netz (nach [Hig01])

Zu beachten ist, dass der Focus in den bisherigen Ausführungen auf der 2D Positionierung liegt. Nach [CGA02] sind alle Verfahren nur bedingt zur 3D Positionsbestimmung geeignet. Verfahren, welche die Mobilfunkzelle (Cell-ID) zur Positionsbestimmung verwenden, ermöglichen keine zuverlässige 3D Positionierung. Nach [Ret02] wird eine Bestimmung der 3D Position erst unter Verwendung einer vierten Basisstation beim Hyperbelschnittverfahren möglich. Da für den in dieser Arbeit untersuchten Anwendungsfall 2D Daten verwendet werden, ist eine weiter Vertiefung der 3D Positionierung mittels Mobilfunktechnologien an dieser Stelle nicht notwendig. Es sei hier auf die weiterführende Literatur ([CGA02], [Hig01], [Ret02]) verwiesen.

Der bereits in der Einführung begriffene Mobilfunkstandard UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) wird folgende drei Positionierungsverfahren unterstützen (nach [ETSI]):

- Bestimmung über die Angabe der Mobilfunkzelle (CellID)
- OTDOA-IPDL (Observed Time Difference Of Arrival – Idle Period DownLink)
- Network Assisted GPS

Diese Verfahren ähneln stark den Verfahren im GSM-Netz, versprechen jedoch unter anderem durch die geringere Zellegröße eine höhere Zuverlässigkeit und Genauigkeit.

2.1.4.3 Satellitennavigation

Eine weitere Möglichkeit zur Positionsbestimmung innerhalb eines LBS bieten die verschiedenen Satellitennavigationssysteme. Das bekannteste und am weitesten verbreitete ist das amerikanische Global Positioning System (GPS). Angewendet wird es in sehr vielen zivilen und militärischen Bereichen. Besonders im Konsumerbereich, d.h. der Nutzung durch Privatpersonen zum Beispiel in der Autonavigation, beim Wandern und Segeln, hat GPS in den letzten Jahren einen enormen Aufschwung erlebt. In Abbildung 14 sind die mit den verschiedenen GPS-Positionierungsverfahren erreichbaren Genauigkeiten dargestellt.

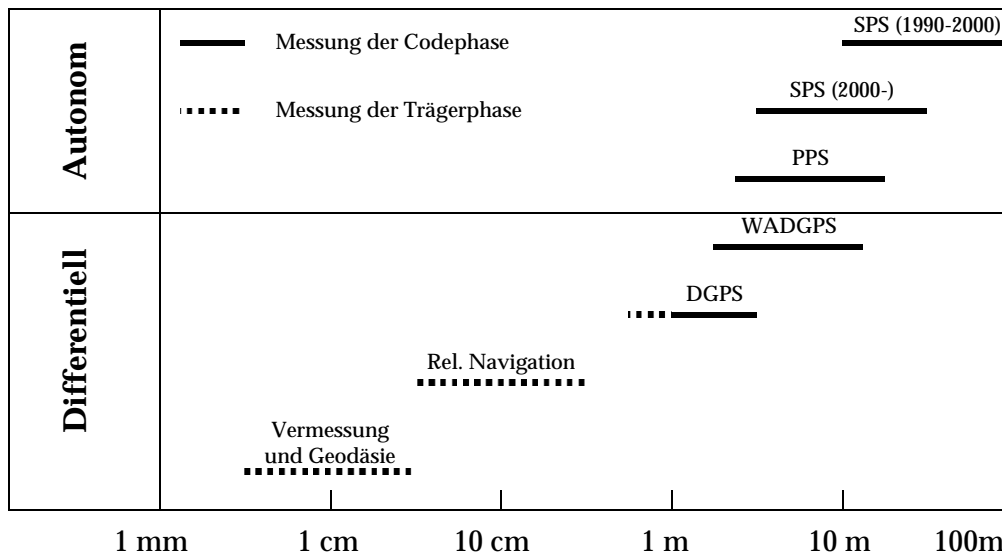


Abbildung 14: Positionierungsgenauigkeiten der verschiedenen GPS-Verfahren (nach [Mis01] S. 49)

Je höher die angestrebte Positionierungsgenauigkeit ist, desto komplexere und dementsprechend kostenintensivere Hardware wird benötigt. Im Low-Cost Bereich finden die Verfahren basierend auf den Codephasenmessungen Anwendung. Standardmäßig wird hier das Standard Positioning Service (SPS) Verfahren verwendet, während der Precise Positioning Service (PPS) ausschließlich den militärischen Anwendungen mit entsprechender Berechtigung vorbehalten ist. Die Möglichkeit der DGPS-Unterstützung, d.h. der Übermittlung von einer Referenzstation ermittelten Korrekturdaten, finden im privaten Bereich eher selten Anwendung. Diese Verfahren werden im kommerziellen Low-Cost Bereich zur Steigerung der Genauigkeit eingesetzt (siehe zum Beispiel [Pla03]). Ähnlich den DGPS Verfahren ist EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) ein satellitengestütztes System, welches Korrekturdaten für die Satellitennavigationssysteme GPS und Galileo aussendet. Diese Daten erlauben den Nutzern eine Verbesserung der Positionsgenauigkeit um ca. 5 m vertikal und ca. 2m horizontal. EGNOS erfüllt durch Steigerungsmöglichkeit, sowie einer Verbesserung der Integrität und Verfügbarkeit die strengen Anforderungen für landende Luftfahrzeuge (siehe [EGN02]). Das EGNOS Kerngebiet umfasst ganz Europa sowie Teile Nordafrikas. EGNOS ging Anfang 2006 vom

Test- in den Routinebetrieb über. Neben der Möglichkeit EGNOS Korrekturdaten direkt via Satellit zu empfangen, wird SiSNet speziell für mobile Nutzer die Korrekturdaten auch über das Internet zur Verfügung stellen. So sollen diese Daten auch Nutzern, die zum Beispiel auf Grund von Abschattungen durch Häuserschluchten diese nicht via Satellit empfangen können, zugänglich gemacht werden. Weiterführende Information hierzu finden sich in der Literatur zum Beispiel in[EGN02a].

Untersuchungen zeigen ([Cas02], [Mis01]), dass durch GPS Low-Cost Empfänger mit den Codephasenmessungen (SPS-Verfahren) mit abgeschaltetem SA (Selective Availability) Genauigkeiten im Bereich von 5-10 Meter erzielt werden. Tabelle 8 zeigt die Fehlereinflüsse auf die Codephasenmessung mit abgeschaltetem SA, die ausschlaggebend für die erreichbare Positionsgenauigkeit sind.

Fehlereinfluss	SPS (rms)
Empfängeruhrenfehler	2 m
Ephemeriden	2 m
Ionosphärenfehler	2-10 m
Troposphärenfehler	2,5 m
Multipath	0,5-1 m
Empfängerrauschen	0,5 m
Gesamt	4,5 – 10,7 m

Tabelle 8: Fehlereinflüsse auf Codephasenmessung (SPS) mit abgeschaltetem SA (nach [Mis01])

Durch entsprechende Abschattungen, besonders in urbanen Gebieten, kann es zu einer deutlichen Verschlechterung der Positionsgenauigkeiten oder zu keiner Positionslösung kommen. Da das hier vorgestellte Verfahren jedoch für Wanderwege entwickelt und getestet wurde, wird die Problematik der Positionsbestimmung in urbaner Umgebung mittels GPS hier nicht weiter betrachtet und auf die weiterführende Literatur [Mis01] verwiesen.

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle noch das russische Satellitennavigationssystem GLONASS (Global Navigation Satellite System) erwähnt. Dieses ist auf 21 Satelliten ausgelegt von denen im Moment nur 9 (Stand 24.04.2004) verfügbar sind. Der aktuelle Status kann jeweils unter [GLO] abgefragt werden. Die Positionierungsgenauigkeit ist nach [GLO] horizontal 57-70 Meter. Auf dem Massenmarkt konnten sich die Low-Cost GLONASS nicht durchsetzen, was wohl auch an der im Vergleich zu GPS schlechteren Performanz und höheren Ausfallrate des Systems liegt.

Das neue noch im aufbaubefindliche europäische Satellitennavigationssystem Galileo soll ab 2008 verfügbar sein. Galileo wird unabhängig von GPS betrieben, ist jedoch kompatibel und interoperabel zu den bestehenden Satellitennavigationssystemen GPS und GLONASS. Innerhalb Galileos werden folgende vier Navigationsdienste verfügbar sein:

- Open Service (OS)
- Commercial Service (CS)
- Safety-of-Life Service (SoL)
- Public Regulated Service (PRS)

Der Navigationsdienst Open Service ist frei zugänglich und zielt somit auf den Massenmarkt und seine Anwendung in einem breiten Spektrum. Alle anderen Navigationsdienste sind nur einer autorisierten Nutzergruppe zugänglich und bieten dieser bestimmte Vorteile. Der Zugang kann zum Beispiel wie bei den CS-Dienst kostenpflichtig sein, aber auch wie bei dem PRS-Dienst von staatlichen Stellen kontrolliert sein. Die erreichbaren Genauigkeiten innerhalb Galileos sind für den OS-Dienst in Tabelle 9 zusammengefasst. Alle anderen Navigationsdienste erreichen mindestens die gleichen Positionierungsgenauigkeiten.

	Einfrequenz-Empfänger	Zweifrequenz-Empfänger
Verfügbarkeit (global)	99,5%	99,5%
Horizontale Positionierungsgenauigkeit	15 m	4 m
Vertikale Positionierungsgenauigkeit	35 m	8 m

Tabelle 9: Positionierungsgenauigkeiten Galileo (nach [Web03])

2.1.4.4 Andere Positionierungsverfahren

Neben den bereits erläuterten Möglichkeiten, die momentan am häufigsten im Bereich LBS Anwendung finden, gibt es noch eine Anzahl weiterer Verfahren zur Positionsbestimmung. Diese sind nicht, wie auch die bereits genannten, explizit für LBS entwickelt worden, können jedoch je nach Art der Anwendung eines LBS als Positionierungsverfahren in Betracht kommen. Viele davon sind auf Grund der Notwendigkeit, zusätzliche Sensoren zu installieren, eher zur Verwendung in Gebäuden vorgesehen. Diese können nach [Kol04] in folgende Hauptkategorien eingeordnet werden:

- Triangulation, durch Laufzeitmessungen oder Richtung des an der Basisstation eingehenden Signals.
- Umgebungsanalyse durch die Verwendung von Objekten als Referenzpunkte, zum Beispiel Feldmessungen an verschiedenen Positionen.
- Nachbarschaftsbeziehungen, zum Beispiel über physischen Kontakt zu einem Drucksensor.

Die Kategorisierung erfolgt nach der Art der Positionsbestimmung. In [Ait03] fasst der Autor Ortungssysteme für mobile Endgeräte zusammen. Kategorisiert werden die Systeme nach den Übertragungsmedien, die für solche Systeme herangezogen werden.

Eine große Gruppe stellen die RF (engl. Radio Frequency) basierten Verfahren dar. Diese beruhen grundsätzlich auf Messung von Laufzeiten, Laufzeitdifferenzen und/oder Signalstärken. In diese Kategorie gehören auch GPS und die meisten Verfahren wie sie bei der Positionierung mittels Mobilfunk (siehe Kapitel 2.1.4.2) angewendet werden. Ein Überblick über die möglichen RF basierten Technologien wird in Abschnitt 2.1.6 (Seite 36) gegeben. Im Folgenden wird speziell auf die sich rasch verbreitende Technologie zur RF basierten Datenübertragung mittels drahtloser Netzwerke (Wireless Local Area Network - WLAN) eingegangen. Als Übertragungsstandard hat sich hier der 802.11 Standards des IEEE (www.ieee.org) mit seinen verschiedenen Ausprägungen etabliert. Die wichtigsten Unterschiede der einzelnen 802.11 Standards sind die unterschiedlichen Übertragungsraten und der benutzte Frequenzbereich (siehe Tabelle 10).

Bezeichnung	Frequenz	maximale Übertragungsrate
IEEE 802.11a	5 GHz Band	54 Mbps
IEEE 802.11b	2,4 GHz Band	11 Mbps
IEEE 802.11g	2,4 GHz Band	54 Mbps

Tabelle 10: Tabelle der gängigsten IEEE 802.11 Standards
(Quelle: www.ieee.org)

Die erhebliche Verbreitung dieser Technologie lässt sich im Wesentlichen auf die Steigerung der Übertragungsrate zurückführen. Mit 54 Mbps ist der Unterschied zu denen der verkabelten Netzwerken (100Mbps, bzw. 1Gbps) erheblich verkleinert worden und somit in Kombination mit dem Vorteil es mobil ohne Kabel verwenden zu können für sehr viele Anwendungen eine gute Alternative geworden. So gibt es Initiativen, die es den Nutzern jederzeit an jedem Ort mobil ermöglichen, unter Verwendung von WLAN auf verschiedene Anwendungen, wie zum Beispiel Internet oder Email, zuzugreifen. Neben einer starken

Verbreitung des WLAN in Unternehmen nimmt auch die Möglichkeit WLAN an öffentlichen Plätzen zu nutzen immer mehr zu. Die hierfür benötigten so genannten Hotspots (Basisstationen, engl. Access points) finden immer mehr Verbreitung. So bieten zum Beispiel die Deutsche Bahn, aber auch Flughäfen in den entsprechenden Lounges Zugang zum Internet mittels WLAN an. Die Positionierung kann hier wie auch in anderen Funknetzen mittels unterschiedlicher Verfahren erfolgen. In [Dor02] werden die drei Verfahren näher vorgestellt, die im Folgenden kurz zusammengefasst werden.

Wie auch im Mobilfunkbereich, kann mit WLAN eine zellbasierte Ortung durchgeführt werden. Je nach Zellgröße ist die mit diesem Verfahren erreichbare Genauigkeit im Bereich 30-300m anzusiedeln. Unter Berücksichtigung der Signalstärke kann eine Verbesserung auf bis zu 20 Meter erreicht werden. Zu beachten ist jedoch, dass die Signalstärke stark von äußeren Einflüssen wie zum Beispiel Hindernissen (Wände, Personen, ...) abhängig ist. Diese werden in den Formeln zur Berechnung des Abstandes zu einer Sendestation nicht berücksichtigt und können so zu einer Verfälschung der Ergebnisse (siehe hierzu [Hal02], [Dor02]) führen.

Mittels Triangulierung ist eine bessere Positionsbestimmung innerhalb eines WLAN möglich, sofern eine hohe Dichte an Basisstationen vorhanden ist. Um eine Triangulation durchführen zu können müssen jedoch mindestens 3 Accesspoints gleichzeitig zur Verfügung stehen. Jedoch sind im WLAN hardwarebedingt keine Laufzeitmessungen möglich (siehe [Dor02]). Deshalb wird auch hier auf Messung der Signalstärke zurückgegriffen. Dies bringt jedoch die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Einschränkungen mit sich (fehleranfällige Berechnung des Abstandes aus der Signalstärke).

Ein weiteres Positionierungsverfahren im Bereich WLAN ist die tabellenorientierte Ortung, welche auf Verfahren der Mustererkennung basiert. Innerhalb der drei vorgestellten Verfahren ist dies das aufwendigste, jedoch liefert es auch die besten Ergebnisse. Auch bei diesem Verfahren ist eine hohe Dichte an Basisstationen notwendig. An ausgesuchten Punkten werden vorab Messungen der Signalstärke zu den einzelnen Accesspoints durchgeführt und diese gespeichert. Bei der Positionsbestimmung zu einem späteren Zeitpunkt wird eine Signalstärkemessung durchgeführt und die drei stärksten Accesspoints ermittelt. Diese Messung wird mit den vorher durchgeführten Bestimmungen der Signalstärken an verschiedenen Positionen verglichen, um so die wahrscheinlichsten zu ermitteln. Hierzu wird die euklidische Distanz als Distanzmaß verwendet um die möglichen Positionen bewerten und vergleichen zu können. Mit diesem Verfahren sind Genauigkeiten im Bereich von 10 m erreichbar.

Bluetooth ist eine RF basierte Technologie zur drahtlosen Verbindung von mobilen Geräten. Die Bluetooth SIG (Special Interest Group – www.bluetooth.com) wurde 1998 gegründet. Die Mitglieder sind zum Beispiel Agere, Ericsson, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Nokia and Toshiba sowie Tausende weiter Mitglieder. Bei Bluetooth handelt sich um eine Spezifikation zur drahtlosen low-cost Verbindung mit kurzer Reichweite. Je nach Standard beträgt die Reichweite 10 bzw. 100 Meter. Ähnlich wie bei WLAN gibt es Bestrebungen diese Technologien zur Positionsbestimmung der mobilen Geräte zu verwenden. Auf Grund der geringen Reichweite von Bluetooth gehen die meisten Bestrebungen dahin ein Positionierung mittels Bluetooth in Gebäuden in einer zu GPS vergleichbaren Genauigkeit zu erreichen. Die Verfahren sind hier ähnlich zu den bei WLAN verwendeten. Die genaueren basieren meist auf der Berechnung einer Distanz auf Grund der gemessenen Signalstärke und einer Triangulation. In [Tha03] wird das folgende sehr populäre Modell, welches die Beziehung zwischen Signalstärke und Distanz beschreibt, verwendet.

$$P(d) = P(d_0) - 10\gamma \log\left(\frac{d}{d_0}\right)$$

Gleichung 1: Zusammenhang zwischen Distanz und Signalstärke

wobei $P(d)$ die Signalstärke bei einem Abstand d und $P(d_0)$ die Signalstärke bei einem Abstand d_0 ist. Der Parameter γ stellt den so genannten „path loss exponent“, der äußere Einflüsse wie Signalabschwächung, Lufttemperatur und ähnliche berücksichtigt. Andere Ansätze zur Berechnung des Abstandes werden zum Beispiel in [Fel] beschrieben. Die erreichten Genauigkeiten bewegen sich im Bereich 3 bis 5 Meter, wobei bei diesen Verfahren ähnliche Restriktionen wie bei den WLAN Verfahren – hohe Dichte der Sender, gleichzeitiger Empfang von mindestens 3 Sendern- gelten. Neben der genauen Bestimmung der Position der mobilen Endgeräte mittels Bluetooth kann diese Technologie auch eingesetzt werden, um positionsabhängige Information direkt im Abdeckungsbereich des Senders zu übermitteln.

Ultraschallbasierte Verfahren beruhen ebenfalls auf Laufzeitmessungen. Sie haben gegenüber RF basierten Systemen aber den Vorteil, dass die Zeitmessungen auf Grund der geringeren Geschwindigkeit der Schallwellen technisch einfacher zu handhaben sind. Ein auf Ultraschall basierendes System ist zum Beispiel Active Bats (siehe [Hig01]).

Andere Verfahren setzen Magnete ein und sind am besten für kleine und kontrollierte Umgebungen geeignet. Auch werden auf Infrarot (IR) basierende Verfahren verwendet. Diese nutzen meist so genannte Badges die ihre ID abstrahlen. Diese Signale werden von festinstallierten Empfängern ausgewertet, die so Position des sendenden Badge ermitteln können.

In Tabelle 11 sind einige dieser Verfahren mit der jeweiligen Technik, den erreichbaren Genauigkeiten und Limitierungen zusammengefasst. Aus dieser Reihe ist noch das Projekt *Easy Living* der Vision Group von Microsoft Research zu erwähnen. Hier erfolgt die Positionierung in Räumen mittels Stereofarbkameras. Weiter Informationen hierzu sind [MSR] zu finden.

Technologie	Technik	Erkennung	Genauigkeit	Limitierung
Active Badges	IR	X	1 - 5 m	Störungen des IR durch Sonnenlicht oder fluoreszierendes Licht
Active Bats	Ultraschall	X	9 cm	Deckensensoren benötigt
Motion Star	magnetisch	X	1 mm	Anbindung an Kontrolleinheit notwendig, präzise Installation
VHF Omni directional Ranging	RF		1° radial	30-140 nautische Meilen, Sichtverbindung
Cricket	RF		4X4 ft. Quadrate	Kein zentrales Management, Berechnung auf Empfänger
MSR RADAR	RF (802.11)	X	3 - 4,3 m	Accesspoints benötigt
PinPoint 3D-iD	RF	X	1 - 3 m	Proprietäres 802.11 Interface
Verschüttetensuchgerät (Lawinen)	RF		Verschieden, 60-80 m Reichweite	Kurze Reichweite, ungewollte Signalabschwächung
Easy Living	Visuell	X	Verschieden	Ubiquitous öffentlich zugängliche Kamera
SmartFloor	Drucksensoren	X	Je nach Abstand der Drucksensoren	Erkennung für große Anzahl an Nutzern nicht möglich
Automatic ID systems		X	Wahrnehmungsbereich des Sensors (z.B. RFID <1m)	Position des Sensors muss bekannt sein
Wireless Andrew	RF (802.11)	X	Zellgröße, in Gebäuden ~100 m, im Freien bis 1000 m	Accesspoints benötigt, Geometrie der RF Zellen
E911	RF	X	150 - 300 m	Mobilfunkempfang benötigt
SpotON	RF	X	zellgrößenabhängig	Signalstärkemessung ungenauer als Laufzeitmessung

Tabelle 11: Positionierungsverfahren für begrenzte Bereiche (nach [Hig01])

Abschließend soll an dieser Stelle noch ein Verfahren erwähnt werden, welches sich auf barcodeähnliche Verfahren stützt um positionsbezogene Informationen zu übermitteln. *Semacode* (www.semacode.org) verwendet Datamatrixcode (Beispiel siehe Abbildung 15) um URLs zu verschlüsseln. Diese werden an bestimmten Orten angebracht, wo sie vom Nutzer gelesen, durch entsprechende Software interpretiert und diejenige Webseite angezeigt wird,

die Informationen oder Dienste zur momentanen Position des Nutzers bereitstellt. Das Verfahren kann zum Beispiel mit einem Java-fähigen Mobiltelefon mit integrierter Digitalkamera angewendet werden.

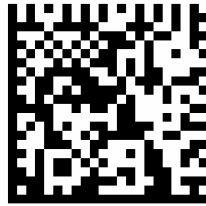


Abbildung 15: URL in Semacode- Datamatrixcode, dargestellt
www.agis.unibw-muenchen.de in Semacode

Mögliche Anwendungen für diese Technologie sind laut *Semacode* folgende Bereiche:

- Informationen im städtischen Bereich, z.B. Informationen zu öffentlichen Verkehrsmitteln, Stadtplan (Wo befindet sich der Nutzer?), ...
- Vor Ort Verkauf: z.B. Tickets über Plakate mit Semacode
- multilingualer Museumsführer
- Visitenkarten, Konferenzschilder
- Taxiruf zur momentanen Position

Neben den aufgeführten Positionierungsverfahren gibt es noch einige weitere. So zum Beispiel der Geo-Routing-Ansatz [NAV97] oder der Multicasting-Ansatz [Imi96] aus dem Bereich Mobile Computing. Diese konnten sich jedoch nicht durchsetzen und spielen unter anderem auf Grund der zu erwartenden schlechten Positionierungsgenauigkeit für den in dieser Arbeit betrachteten LBS keine Rolle.

2.1.4.5 Zusammenfassung und Fazit

Wie bei jeder Datenerfassung ist auch in der hier beschriebenen Anwendung dem Fehler in der Positionierung besonderes Augenmerk zu schenken. Betrachtet man die in diesem Kapitel vorgestellten Verfahren zur Positionsbestimmung, zeigt sich, dass Satellitenortungsverfahren als einzige für den in dieser Arbeit behandelten Anwendungsfall in Betracht kommen. Von diesen ist momentan nur GPS, zu einem späteren Zeitpunkt aber sicherlich auch das noch im Aufbau befindliche europäische Satellitennavigationssystem Galileo, geeignet. Die Positionierungsverfahren aus dem Bereich Mobilfunk liefern alle keine hinreichende Genauigkeit, speziell in dem angestrebten Einsatzgebiet (alpine Regionen). Dies gilt auch für das AGPS-Verfahren, welches keine autonome Navigation ohne Mobilfunknetz vorsieht. Gerade dies ist jedoch eine Grundvoraussetzung, um auch eine Navigation und Datenerfassung betreiben zu können, falls sich der Nutzer gerade in einem Loch des Mobilfunknetzes befindet. Die Positionierungsverfahren unter Verwendung von so genannten Tags liefern zwar meist eine ausreichende Positionierungsgenauigkeit, jedoch sind alle für die Anwendung in überschaubaren Gebieten ausgelegt. Eine Abdeckung größerer Gebiete, wie es für den beschriebenen Anwendungsfall notwendig wäre, würde meist schon an den Kosten für die Installation, aber häufig auch an der technischen Realisierbarkeit, scheitern. Gleiches gilt für die RF basierten Verfahren wie WLAN und Bluetooth. Einige der vorgestellten Verfahren verwenden eine zentrale Positionsbestimmung (zum Beispiel in einem sogenannten LSC- Location Service Center). Bei diesem Ansatz ist zu beachten, dass mit zunehmender Anzahl an Clients der Rechenaufwand an diesen zentralen Stellen ansteigt. Dies ist nicht der Fall, sobald die zur Positionsbestimmung durchzuführenden Berechnungen auf den Clients durchgeführt werden.

Ausschlaggebend für die Auswahl eines Positionierungsverfahrens sind zum einen die Positionierungsgenauigkeit im „optimalen“ Fall, zum anderen aber auch das Auftreten grober Fehler wie sie zum Beispiel bei GPS durch eine unzureichende Anzahl von sichtbaren Satelliten oder die Mehrwegeausbreitung entstehen können. Für das hier vorgestellte Verfahren wird vorausgesetzt, dass die groben Fehler aus den Daten entfernt wurden. In [Gei02] sind Möglichkeiten aufgezeigt, wie eine Bereinigung dieser durchgeführt werden kann. So werden zum Beispiel die Originaldaten verwendet, um die Geschwindigkeit zwischen zwei Punkten zu berechnen. Sind diese größer als die mittlere Gehgeschwindigkeit eines Wanderers, ist ein Fehler in der Positionierung zu vermuten. Diese Punkte können dann in der weiteren Verarbeitung nicht betrachtet werden. Nach Bereinigung dieser groben Fehler wird die Datenmenge reduziert. Dies kann zum Beispiel durch Anwendung des Douglas-Peucker-Algorithmus ([Gei02]) geschehen, wobei der Schwellwert hier nicht größer als die vom Positionierungsverfahren zu erwartende Genauigkeit gewählt werden sollte.

2.1.5 Anwendungsserver

Auf dem Anwendungsserver werden alle innerhalb eines LBS benötigten Dienste bereitgestellt. Wie aus Abbildung 16 ersichtlich, umfasst dieser nicht nur die positionsbezogenen Dienste (Positioning Logic/Services), sondern zum Beispiel auch Dienste zur Authentifizierung der Nutzer (Authentication Logic/Server) oder Abrechnungsdienste (Billing Logic/Service).

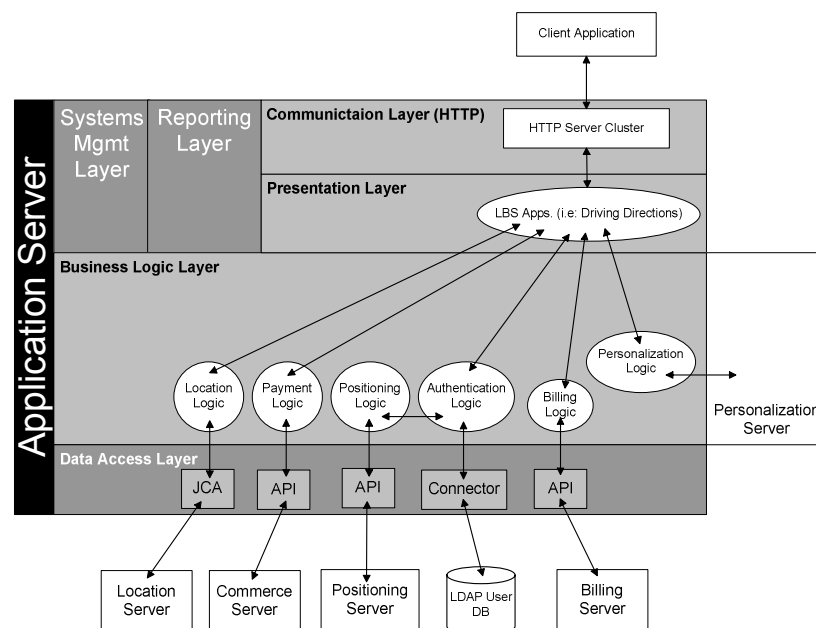


Abbildung 16: Einfache Architektur für LBS Anwendungsserver, aus [Jag03]

Werden Anwendungen auf Basis einer Serverstruktur zur Verfügung gestellt, ergeben sich eine Reihe von Vorteilen ([Jag03]), wie zum Beispiel einfache Erweiterbarkeit, direkter Zugriff auf die Businesslogik oder die einfachere Integration verschiedener Komponenten und Technologien.

Durch die Konzentration des größten Teils der Logik auf dem Server können weiterhin folgende Systemeigenschaften einfach integriert werden:

- Schutz von geistigem Eigentum, zum Beispiel der Datengrundlage
- Wiederverwendung von Komponenten
- Einfacheres Management bei einer großen Anzahl an Nutzern
- Kommunikationssicherheit durch die Verwendung von sicheren Internetprotokollen
- Höhere Performanz durch Skalierbarkeit

Durch die verschiedenen Anwendungsbereiche für Location Based Services (siehe Kapitel 2.1.8) ergeben sich nach [Jac04] folgende Anforderungen an die Server, bzw. die Middleware und damit an die Dienste eines LBS:

- Berücksichtigung der Mobilität des Nutzers
- Umgang mit einer sich ständig verändernden Topologie der zugrunde liegenden Netzwerke.
- Umgang mit Millionen von Informationen und Millionen von Nutzern
- Handhabung von einer großen Anzahl an Informationslieferanten
- Gleichzeitige Verbreitung von Information für Tausende von Nutzern
- Umgang mit den sich permanent ändernden Interessen der Nutzer
- Verarbeitung von Informationen in verschiedensten Formaten, von Blobs mit thematischem Bezug über Attributwerte bis hin zu Daten in HTML oder XML, aber auch verschiedenste multimediale Datenformate.
- Unterstützung und Handhabung verschiedenster heterogener Übertragungsarten (zum Beispiel Email, Internet, SMS, WAP, I-Mode, ...) und Übertragungstechnologien (wie UDP, TCP/IP, SMTP, ...), siehe zum Beispiel [Rot02]
- Sicherstellung der Informationsübermittlung durch hohe Verfügbarkeit
- Bereitstellung von Funktionen zur Profilverwaltung für die Nutzer
- Bereitstellen von Sicherheitsmechanismen, wie Authentifizierung, sichere Datenübertragung, ...
- Unterstützung von Mechanismen zum Schutz der Privatsphäre. Neben den gängigen Informationen ist im Bereich der LBS noch gesondert die Positionsinformation der Nutzer zu berücksichtigen.

Je nach Art der Anwendung kann die Bedeutung dieser Anforderungen variieren. Einige der hier Genannten sind auch als Anforderungen im Publish/Subscribe Paradigma Ansatz, wie er in [Cug02], [Pod02] und [Fie03] beschrieben ist, zu finden. Diese sind aber auch generell für LBS gültig. Das publish/subscribe Paradigma versucht sicherzustellen, dass Informationen zeitgerecht an interessierte Nutzer weitergegeben werden. Hierzu wird ein Interaktionsmodell verwendet, in dem Bereitsteller (Publisher) Informationen im System veröffentlichen und Nutzern diese Informationen (Subscriber) beziehen. Das System stellt vorrangig die Vermittlung der Information sicher.

Um die Entwicklung und den Betrieb von positionsbezogenen Diensten zu erleichtern werden verschiedenste Plattformen und Lösungen angeboten. So beschreibt Jagoe in [Jag03] exemplarisch den Einsatz der Java-Technologie im Bereich LBS. Mehrere dieser Plattformen, wie zum Beispiel WAP (Wireless Application Protocol) oder i-Mode, sind in Roth [Rot02] näher erläutert. Neben zahlreichen spezialisierten Unternehmen oder klassischen Softwareherstellern haben auch die meisten GIS Hersteller Software/Dienste für LBS Plattformen in ihrer Produktpalette. Die Kernkompetenz letzterer findet zum größten Teil im Bereich des Presentation Layers (siehe Abbildung 16) Anwendung. Die dort zur Verfügung stehenden Dienste verfügen über eine eigene Architektur mit entsprechenden Datenbanken. Hierzu gehören zum Beispiel Routing- oder Kartendienste, ähnlich den weit verbreiteten Mapservern.

2.1.6 Kommunikation

Die drahtlose Kommunikation zwischen Server und Client ist ein wichtiger Bestandteil eines LBS, da durch sie dem mobilen Nutzer die positionsbezogenen Dienste zu jeder Zeit und an jedem Ort zur Verfügung gestellt werden können. Im Folgenden werden die Möglichkeiten die physikalische Schicht zur drahtlosen Datenübertragung für LBS zusammengefasst. Alle darüber liegenden Schichten fallen in den Bereich der Standardisierung und sind in Abschnitt 2.1.2 beschrieben.

Als physikalische Übertragungsschicht bei LBS kommen insbesondere die auf Mobilfunk basierenden Verfahren GPRS (General Packet Radio Service) sowie UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) zur Anwendung. Während GPRS eine Datenübertragung mit bis zu 53,6kbit/s ermöglicht, erlaubt UMTS Datenraten von bis zu 2Mbit/s. Der für UMTS angegebene Maximalwert ist theoretischer Natur, in der Praxis wird nach Walker et al. [Wal02] eine maximale Datenrate von ca. 570 kbit/s erreicht. Mobilfunk basierte Verfahren bieten den Vorteil, dass sie einfach zugänglich und nahezu flächendeckend verfügbar sind. Weiterhin sind die zur Nutzung benötigten Endgeräte günstig zu erwerben, weit verbreitet, in zahlreichen Ausführungen verfügbar und mit verschiedensten Funktionalitäten ausgestattet. Es können aber auch andere drahtlose Übertragungstechniken, wie zum Beispiel WLAN (Wireless Local Area Network- IEEE 802.11), HIPERLAN, Wireless ATM, Bluetooth oder HomeRF genutzt werden. Das meistgenutzte und am weitesten verbreitete WLAN-Verfahren stellt zwei verschiedene Betriebsmodi zur Verfügung. Der *Infrastruktur-Modus* dient zur Anbindung an fest installierte Basisstationen, um eine Verbindung zu einem bestehenden drahtlosen oder drahtgebundenen Netzwerk herzustellen. Der *Ad-hoc-Modus* dient zur Vernetzung einzelner meist mobiler Rechner untereinander ohne die Einbindung in ein feststehendes Netzwerk. Hierbei werden Geräte, die sich in Kommunikationsreichweite befinden, zu einem so genannten ad-hoc-Netzwerk zusammengeschlossen. In der Regel können hier nur Rechner Daten miteinander austauschen, die auch eine direkte Verbindung zueinander haben. Neuere Entwicklungen gehen dazu über auch in den ad-hoc-Netzwerken Routing von Daten, ähnlich zu dem in stationären Netzwerken, unter Berücksichtigung der variablen Netzgeometrie der ad-hoc Netzwerke durchzuführen (siehe zum Beispiel [Bol04]). Der große Vorteil dieses Verfahrens besteht in der Möglichkeit, ein Netzwerk ohne externe Infrastruktur aufzubauen. Abbildung 17a zeigt den Aufbau eines stationären Netzes in dem die Verbindungen zwischen den einzelnen Knoten fest vorgegeben sind. In Abbildung 17b sind die Knoten mittels eines ad-hoc Netzwerks verbunden, indem jeder Knoten mit jedem anderen in Reichweite kommunizieren kann, um hierdurch andere nicht in Reichweite befindliche Knoten zu erreichen. Zu beachten ist, dass sich in ad-hoc Netzwerken die Kommunikationswege ständig verändern, da die Knoten sich unabhängig voneinander bewegen können.

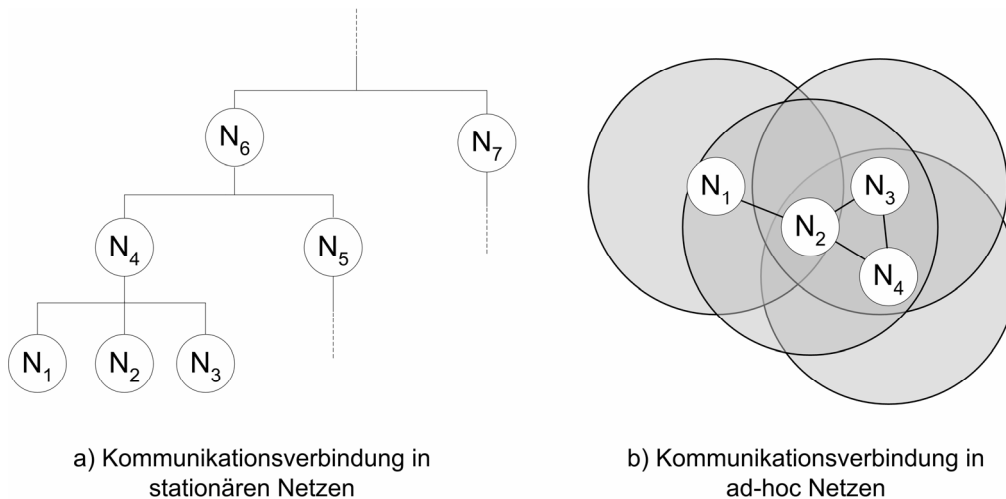


Abbildung 17: Kommunikationsverbindung in Netzen, nach [Rot02]

Die rasche Verbreitung dieser Technologie, die im Frequenzband von 2,4 GHz oder 5 GHz arbeitet, lässt sich zum größten Teil auf die möglichen hohen Übertragungsraten zurückführen (siehe Tabelle 12). Die jeweils aktuellen Entwicklungen und Standards in diesem Bereich sind zum Beispiel unter www.ieee.org zu finden.

IEEE Standard	Übertragungsrate	Frequenzband
802.11	1 oder 2 MBit/s	2,4-2,485 GHz
802.11a	54 MBit/s	5 GHz
802.11b	11 MBit/s	2,4-2,485 GHz
802.11g	54 MBit/s	2,4-2,485 GHz
802.11n*	540 MBit/s	5 GHz
802.11p*	27 MBit/s	5,85-5,925 GHz

Tabelle 12: Ausgewählte IEEE 802 Standards (in der Entwicklung)

Detaillierte Informationen zu den verschiedenen Telekommunikationstechnologien und Netzen finden sich zum Beispiel in Weidenfeller et al. [Wei02] und Roth [Rot02]. Eine Zusammenstellung von zahlreichen Quellen mit Vorschlägen von Routingalgorithmen in ad-hoc Netzwerken sowie weiterführende Information zu ad-hoc Netzwerken findet sich in Boleng et al. [Bol04]. Neben dem dort angesprochenen WLAN befindet sich eine neue Funktechnik, das so genannte WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), bereits in der Testphase [Eri05]. Diese Technik verspricht mit einer vergleichbaren Übertragungsrate eine deutlich höhere Reichweite als WLAN [O'Sh04] - bis zu mehreren Kilometern.

Neben den hohen Übertragungsraten bringt der Einsatz moderner Übertragungstechniken einen weiteren Vorteil mit sich. Die Abrechnung bei diesen Datenübertragungstechnologien erfolgt meist auf Grund der übertragenen Datenmenge und nicht wie bei konventionellem GSM zeitbasiert. Dies kommt besonders den Nutzern von LBS zu Gute. Die Nutzer können ohne Zeitbeschränkung permanent verbunden (engl. always-online) sein, ohne dass zeitabhängige Kosten anfallen. Hierdurch entfällt der ansonsten permanente Verbindungsauf- und abbau, wie er zum Beispiel bei analogen Modems üblich ist. Dies wirkt sich zum Beispiel deutlich auf den Komfort der LBS für den Nutzer aus, da sich die Antwortzeiten hierdurch verkürzen.

2.1.7 Datenbank und Daten

Um einen Nutzer mit Informationen zu versorgen benötigt ein positionsbezogener Dienst eine entsprechende Datengrundlage. Beispiele hierfür sind:

- Straßendaten
- Wetterdaten
- Touristisch relevante Punkte und Informationen zu diesen, wie Kirchen, Kloster, Schlösser, Angaben zu historischen Ereignissen
- Aktuelle Veranstaltungen

Da die Nutzer an die von einem LBS erhaltene Information bestimmte Anforderungen wie zum Beispiel Aktualität, Vollständigkeit und Richtigkeit stellen, müssen die Daten auf denen die LBS basieren eben diese Anforderungen erfüllen. Dies ist eine der größten Herausforderungen beim Aufbau und Betrieb eines LBS ([Jag03].) Nach [Jen04] können zwei Arten von Daten unterschieden werden:

1. Geobasisdaten umfassen alle Daten, die „geographische Infrastruktur“ beschreiben. Hierzu gehören zum Beispiel Straßen, Ausdehnung von Städten, Flüsse oder Berge. Diese Daten sind nicht der Inhalt, an dem der Nutzer eigentlich interessiert ist. Sie sind jedoch für den Betrieb eines LBS unbedingt erforderlich. Ein Beispiel hierfür wäre ein Straßennetz, welches als Grundlage eines Routings dient. In diesem Beispiel wäre der Nutzer selbst daran interessiert wie ein bestimmtes Ziel erreicht werden kann und nicht an dem Netzwerk aus Strassen selbst, aus dem er sich dann selbst die gewünschte Information extrahieren müsste. Um dem Nutzer die gewünschte Information jedoch direkt bereitstellen zu können, benötigt der LBS zwingend das Straßennetz als Berechnungsgrundlage.
2. Andere „wirkliche“ Inhalte sind in den meisten Fällen diejenigen Daten, an denen der Nutzer speziell interessiert ist. Die so genannten Points of Interest (POIs) sind ein klassisches Beispiel hierfür, wie zum Beispiel ein Kino mit entsprechend hinterlegtem Kinoprogramm. Sie können einen direkten oder indirekten Raumbezug zu den Geobasisdaten haben. Diese Daten können ein sehr großes Datenvolumen einnehmen, da zum Beispiel die Zusatzinformationen zu einem POI sehr umfangreich und weit verzweigt sein können. Auch sind diese Daten meist häufiger Änderungen unterworfen als die Geobasisdaten.

Es gibt verschiedenste Methoden, die zur Modellierung der Daten in von LBS genutzten Datenbanken herangezogen werden. Hierbei werden hauptsächlich Verfahren, die die räumliche Abhängigkeit der Daten berücksichtigen, verwendet. Beispiele für die verschiedenen Modellierungsverfahren und praktische Umsetzung dieser für bestimmte Anwendungen finden sich unter anderem in [Jen04] und [Jag03].

Des Weiteren ist zu beachten, dass durch die Verwendung unterschiedlichster Daten in einem LBS meist Daten aus verschiedenen Quellen benötigt werden. Diese Aufgabe kann direkt von den Diensten bzw. dem Diensteanbieter (engl. service provider) wahrgenommen werden. Häufig finden sich aber auch so genannte Datenintegratoren (engl. content integrator), die die Inhalte verschiedener Anbieter (engl. content provider) zusammenbringen, veredeln und an Diensteanbieter weitergeben.

Da diese Datenbestände in der Regel sehr umfangreich sind und die Antwortzeiten eines LBS kurz sein sollten, werden die Daten in der Regel in Datenbanken abgelegt. Hierbei kommen sowohl relationale Datenbanken (RDBMS), als auch objektorientierte (ODBMS) oder Mischformen der beiden (ORDBMS) zum Einsatz.

2.1.8 LBS Anwendungen

Anwendungen aus dem Bereich LBS werden immer noch, obwohl die noch vor wenigen Jahren sehr hohen Erwartungen nach unten korrigiert werden mussten, als eine der „Killer“-Applikationen im Bereich des Mobilfunk angesehen. Im Folgenden wird auf die verschiedenen Kategorien der positionsbezogenen Dienste, deren Nutzungs- und Vermarktungspotential sowie auf praktische Beispiele eingegangen.

LBS lassen sich zum einen aus der Anwendungssicht (siehe zum Beispiel [Whe03]) andererseits aus technischer Sicht in verschiedene Kategorien einteilen. Aus Letzterer kann zum einen zwischen Push und Pull Diensten sowie personen- und gerätebezogene Dienste unterschieden werden [Spi04]. Push und Pull Dienste unterscheiden sich nach Art der Initiierung, auf Grund der eine Information übermittelt wird. Bei den Pull Diensten wird diese auf Grund einer Anforderung des Nutzers (Clients) übermittelt. Geht die Informationsübermittlung vom Server ohne direkte Anforderung durch den Nutzer aus, wird von Push Diensten gesprochen. Beispiele für diese beiden Dienstarten sind in Tabelle 13 zusammengefasst. Eine weitere Einteilung, die dort ebenfalls vorgenommen wurde, ist die Einteilung in personen- und gerätebezogene Dienste.

	Beispiele	
	Push Dienste	Pull Dienste
Personenbezogen		
Kommunikation	Information im Rahmen eines „Friend finder“ Dienstes, dass sich eine Freund in der Nähe befindet	Abfrage bzgl. des Aufenthaltsortes eine Freundes
Information	Information über ein aufziehendes Unwetter in der Region in der sich der Nutzer befindet	Klassisches Beispiel für einen LBS: Wo befindet sich der/die/das nächstgelegene...?
Unterhaltung	Informationen im Rahmen eines Location-Based Spieles, z.B. Schatzsuche	_____
M-Commerce und Werbung	Informationen zu Rabattaktionen in einem Geschäft in der Nähe	_____
Geräteorientiert		
Tracking	Alarmmeldungen im Rahmen der Überwachung von Kindern	Abfrage der Standorte im Bereich des Flottenmanagements

Tabelle 13: Kategorien und Beispiel für LBS (nach [Spi04], S.15)

Aus Anwendungssicht werden verschiedene Einteilungen der LBS in der Literatur verwendet. So werden in [Spi04] Militär und Regierung, Notfalldienste und kommerzieller Sektor als die drei Hauptanwendungsgebiete für positionsbezogene Dienste genannt. Jacobsen [Jac04] hingegen unterteilt LBS Applikationen in die Kategorien B2C (Business to Consumer) und B2B (Business to Business), siehe Tabelle 14. Als vertikalen Markt wird ein Markt, auf dem Waren und Dienstleistungen aus Geschäftsfeldern einer Wertschöpfungskette einer Branche angeboten werden, bezeichnet, während im horizontalen Markt Waren und Dienstleistungen an Unternehmen unterschiedlicher Branchen angeboten werden. Eine weitere feinere Unterteilung in verschiedene Anwendungsgebiete ist zum Beispiel in Tabelle 13 und Tabelle 15 vorgenommen. Diese Einteilung der Anwendungsgebiete findet sich weitgehend übereinstimmend in der gesamten Literatur.

2. Grundlagen und Stand der Forschung

	Unternehmen (B2B)	Verbraucher (B2C)
Vertikaler Markt	Flughafen Taxiunternehmen Polizei Reparaturservice Notfälle Gütertransport	
Horizontaler Markt	Mautsysteme Verfolgung von Versandgütern	Tracking von Kindern Sicherheit im Bereich Tourismus

Tabelle 14: LBS Märkte und Segmente, nach [Spi04]

Je nach Art der Anwendungen ergeben sich auch verschiedene Anforderungen an die Genauigkeit des verwendeten Positionierungsverfahrens. Eine generelle dreistufige (niedrig, mittel, hoch) Einteilung für verschiedene Applikationskategorien nach [Spi04] ist in Tabelle 17 enthalten. Da hier nur eine grobe Einteilung hinsichtlich der Genauigkeit verwendet wird, sollte für jede Applikation diese Fragestellung genauer untersucht werden und an Hand der verschiedenen verfügbaren Positionierungsverfahren (siehe Abschnitt 2.1.4) das Geeignete ausgewählt werden.

Kategorie	
Infotainment Dienste	Klassische Beispiel für einen LBS: Wo befindet sich der/die/das nächstgelegene...? Informationsanfragen, z.B. Tourismus, Reise, Nachrichten, ...
Tracking Dienste	Güter, Fahrzeuge, ...
Selektive Information, Informationsverbreitung	Werbung, Angebote, ...
Location-Based Spiele	Schatzsuche, Räuber und Gendarm, Schnitzeljagd, ... (Anwendungen für diese Kategorie befinden sich gerade in der Entwicklung)
Notfalldienste	Notruf, Dispatching, ...
Positionsbezogene Abrechnung	Mautgebühren, Zonenabhängige Telefongebühren für Mobiltelefone (z.B. Homezone von?), ...

Tabelle 15: LBS Kategorien, nach [Jac04]

Nach [Har00] haben laut einer Umfrage in den USA 24% der potentiellen Nutzer eines LBS Interesse an Diensten für Notfälle, 54% an Pannen- und Unfallhilfe und 29% an Verkehrs-, Navigations- und Informationsdiensten. Neben diesen drei Kategorien werden dort noch zwei weitere, die positionsbezogene Abrechnung (z.B. ähnlich der Homezone von O2) sowie Tracking, als mögliche Marktsegmente identifiziert. Die neuere, aber mit nur 53 Teilnehmern in Deutschland durchgeführte Studie von Fritsch et al. [Fri05] ergibt für die einzelnen Kategorien zwar unterschiedliche Prozentangaben (siehe Abbildung 18), jedoch kristallisieren sich auch hier als favorisierte Dienste deutlich die Navigationsdienste und die Dienste für Notfälle (Notfalldienste und medizinische Notdienste wurden in Abbildung 18 zusammengefasst) heraus. Zum Vergleich wird eine Studie von Kölmel et al. [Köl02] (470 Teilnehmer) aus dem Jahr 2002 ebenfalls in Abbildung 18 dargestellt. Eine Zusammenführung der einzelnen Kategorien wurde nur in den Fällen durchgeführt, in denen in beiden Studien eindeutige Bezeichnungen für die gleichen LBS-Kategorien und deren Inhalt verwendeten wurden. In allen anderen Fällen wird nur jeweils das Ergebnis der Studie, in der diese Bezeichnung verwendet wurde dargestellt. Zu beachten ist weiterhin, dass die unterschiedliche Anzahl der Teilnehmer, der zeitliche Abstand zwischen den Studien sowie eventuell auch verschiedene Interessen der an den Studien beteiligten Anwender, die

Ergebnisse der einzelnen Studien nicht notwendigerweise eins zu eins vergleichbar machen. Die Prozentangaben in Abbildung 18 beziehen sich jeweils auf die Gesamtanzahl der Teilnehmer der einzelnen Studien. Auffällig ist, dass in der Studie von Kölmel et al. [Köl02] die Notfalldienste, welche in der gängigen Literatur (z.B. [Spi04], [Jac04]) und den aktuellen Spezifikationen (z.B. [OMAMLP]) zu LBS ein fester Bestandteil sind, nicht berücksichtigt oder nicht genannt wurden.

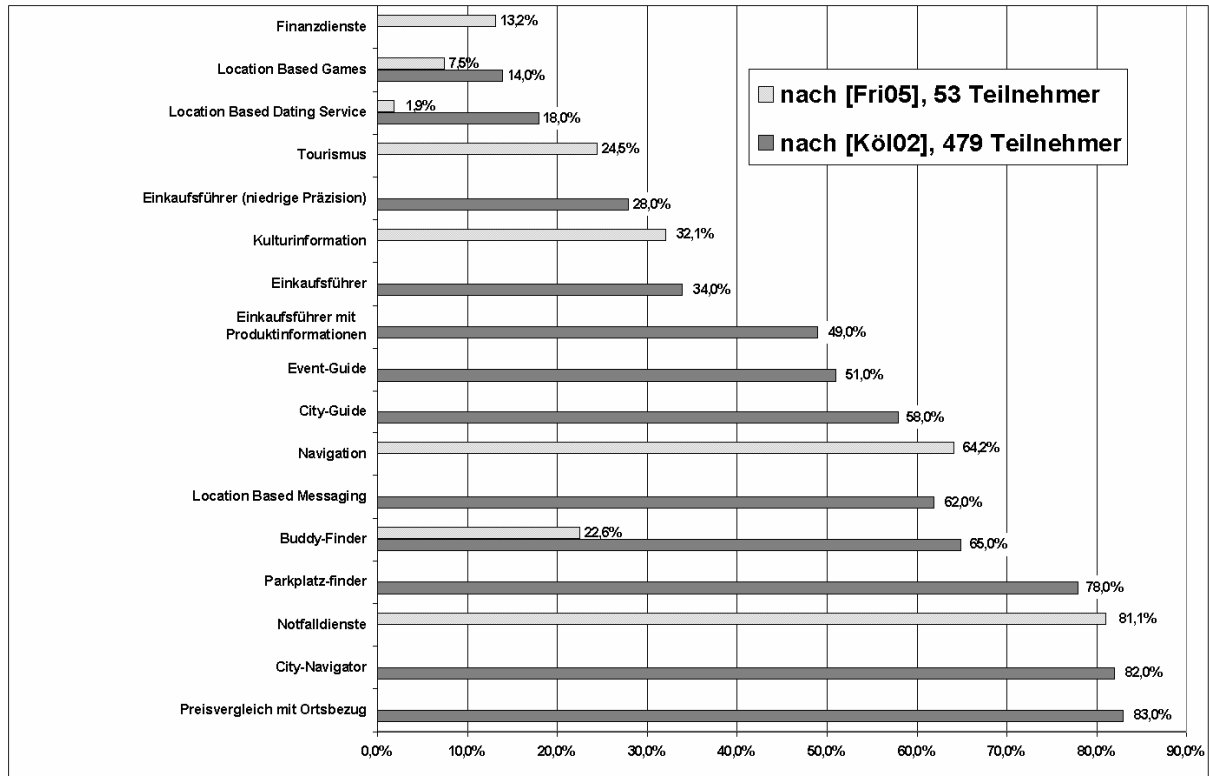


Abbildung 18: Bevorzugte LBS aus Nutzersicht, aus [Fri05] (n=53) und [Köl02] (n= 479)

Es gibt eine schier unerschöpfliche Anzahl an Ideen für LBS Anwendungen in den verschiedensten bereits genannten Kategorien, aber auch in völlig anderen Bereichen. Viele davon sind auch als Prototyp oder Demonstrator umgesetzt worden. Neben diesen meist rein technisch- und anwendungsorientierten Betrachtungen gibt es auch eine Reihe von Untersuchungen, die positionsbezogene Dienste nicht rein auf dieser Basis, sondern vor allem unter Berücksichtigung eines möglichen wirtschaftlichen Erfolgs untersuchen.

Eines der Hauptprobleme der ersten LBS Anwendungen war, dass sie auf einer den Markt nur sehr langsam durchdringenden Technologien (WAP) beruhten [Spi04]. Als weitere Gründe weshalb diese Anwendungen nicht von wirtschaftlichem Erfolg gekrönt waren, werden in [Spi04] angeführt:

- Nichtverfügbarkeit bzw. geringe Verbreitung der benötigten High-End Mobilfunktelefone
- Keine Markterfahrung auf diesem Gebiet vorhanden (zum Teil bis heute noch nicht)
- Die meisten Anwendungen waren vom Typ „Suche den/die/das nächste ...“ und nur ein Teil dieser erfüllte die Anforderungen
- Es wurden keine großen Anstrengungen in Richtung Marketing, Design und Ausarbeitung der Dienste unternommen

2. Grundlagen und Stand der Forschung

Der LBS Markt hat sich dennoch sowohl um industrie- als auch verbraucherorientierte Dienste herum entwickelt. Nach [Spi04] kann hier eine Einteilung in vertikale und horizontale Dienste vorgenommen werden (siehe Tabelle 14).

	Anwendung	LBS Bezug 1-5 (gering-hoch)
Information	statische Inhalte	3
	Dynamische Inhalte	3
Kommunikation	Mobile Messaging	1
	Mobile Angebote/Werbung	5
	Mobile Notfalldienste	5
Unterhaltung	Mobile Spiele	3
	Mobiles Video	2
	Mobiles Audio	1
Transaktion	Mobiler Handel	3
	Mobile Finance	1
	Mobiles Bezahlen	1

Tabelle 16: Applikationen für den Endverbraucher und Bezug zu LBS, nach [DUR00]

Auch viele der im UMTS Report [DUR00] unter wirtschaftlichen Aspekten identifizierten mobilen Anwendungen können zu den LBS gezählt werden. Mehr als die Hälfte dieser in Tabelle 16 zusammengefassten Anwendungen weisen einen mittleren bis hohen Bezug zu LBS auf. Anwendungsbeispiele für die in Tabelle 16 enthaltenen Anwendungen sind in [DUR00] zu finden.

	Infotainment	Tracking	Informations- verbreitung	Spiele	Notfall	Abrechnung
Push vs. Pull	Pull	Push/Pull	Push	Push/Pull	Push/Pull	Push
Direktes oder indirektes Profil	direkt/indirekt	direkt	direkt/indirekt	direkt/indirekt	direkt	direkt
Quelle der Position	mobiles Endgerät oder Netzwerk	mobiles Endgerät oder Netzwerk	Netzwerk	mobiles Endgerät oder Netzwerk	Netzwerk	Netzwerk
Genauigkeit der Position	< 1 km im Freien	< 200 m im Freien	< 1 km im Freien	< 100 m im Freien	< 20 m im Freien/ innerhalb von Gebäuden	< 0,5 km im Freien

Tabelle 17: Klassifizierung von LBS Kategorien (nach [Jac04], S. 92)

Die Umfrage unter 53 (siehe Abbildung 19) potentiellen LBS Nutzern lässt nach [Fri05] folgende Schlüsse über die momentan angebotenen positionsbezogenen Dienste zu:

- Das verfügbare Angebot weckt noch keinen großen Bedarf
- Über ¼ der Befragten hält die Dienste für zu teuer

- Die geringe Nennung von technischen und Bedienungsproblemen zeigt, dass die durch die anwenderunfreundlichen WAP Anwendungen entstandene Frustration durch den Einsatz technisch ausgereifter Lösungen überwunden wurde.

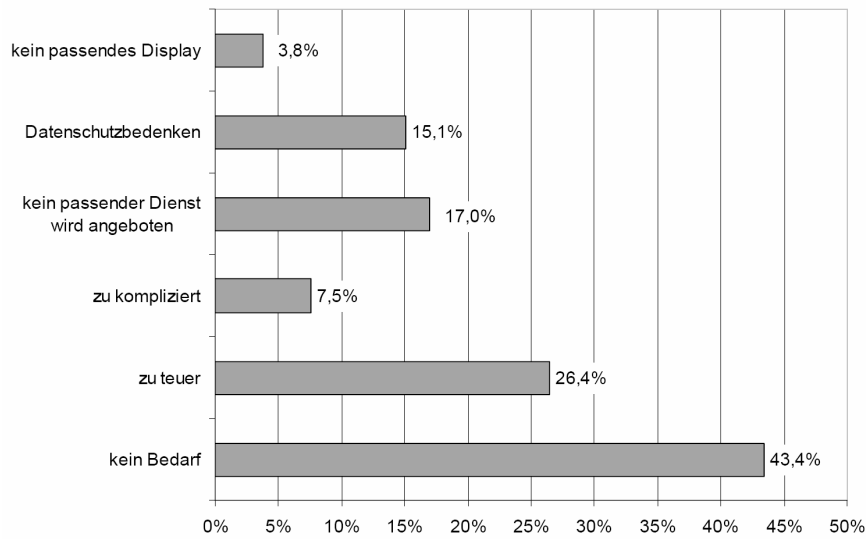


Abbildung 19: Hinderungsgründe zur Nutzung von LBS aus Kundensicht, aus [Fri05]

Die Tatsache, dass viele der befragten Nutzer die angebotenen Dienste für zu teuer halten, steht mit Sicherheit auch in Zusammenhang mit der Art und Weise wie das Internet Informationen zur Verfügung stellt. Während die Nutzung eines LBS meist für jede Anfrage Kosten verursacht um gewünschte Informationen zu erhalten, sind eine Unmenge an Informationen im Internet frei zugänglich. In [Fri05] wurden Nutzer zur ihrer Zahlungsbereitschaft für die Nutzung verschiedener positionsbezogener Dienste befragt. Als Vergleich wurden in dieser Umfrage die Kosten für das Versenden einer SMS herangezogen (~0,2€). Das Ergebnis ist in Abbildung 20 dargestellt. Deutlich zeichnet sich ab, dass die meisten Nutzer nicht, in vielen Fällen sogar eher weniger, bereit sind mehr für die einmalige Nutzung eines LBS auszugeben als für das Versenden einer SMS. Die tatsächlichen Kosten für die Nutzung momentan angebotener LBS-Dienste liegen aber in den meisten Fällen höher als die Zahlungsbereitschaft der potentiellen Nutzer [Fri05].

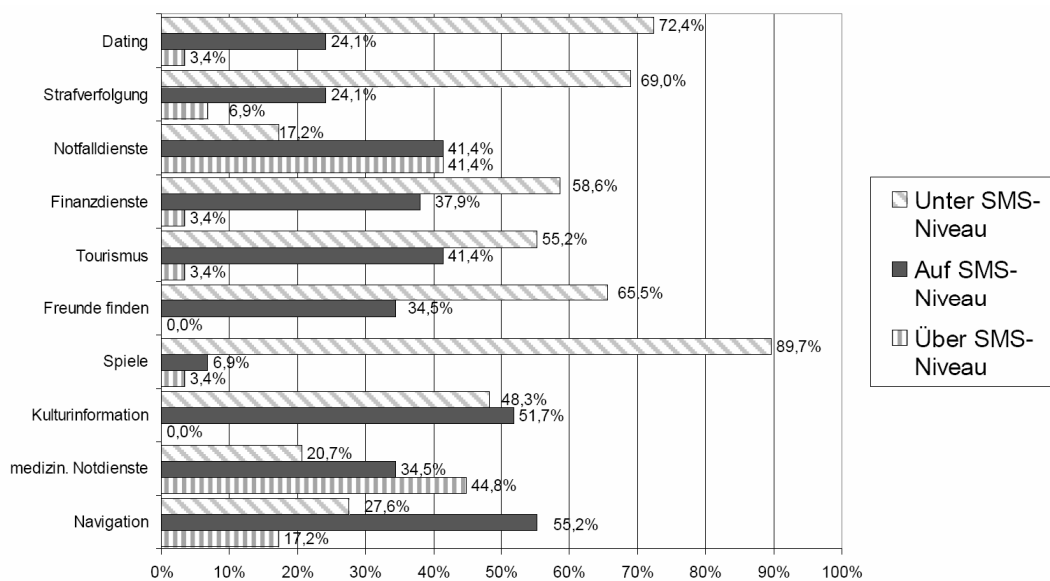


Abbildung 20: Zahlungsbereitschaft für einmalige Nutzung eines LBS, aus [Fri05]

Die in [Fri05] ermittelte Zahlungsbereitschaft bezieht sich auf die einmalige Nutzung einer Dienstkategorie. Im Gegensatz dazu wurden in PARAMOUNT (siehe Kapitel 1.2) Nutzer nach ihrer jährlichen Zahlungsbereitschaft für die Nutzung aller angebotenen Dienste befragt.

Das Ergebnis dieser Umfrage ist in Abbildung 21 dargestellt und bezieht sich auf die Kosten, die aus Sicht der Nutzer pro Jahr für die in PARAMOUNT zur Verfügung gestellten Dienste insgesamt anfallen dürften. Grob geschätzt zeigt sich in dieser Untersuchung, dass die Nutzer im Schnitt pro Jahr etwa 35€ ausgeben würden. Vergleicht man dies mit den in der Studie [Fri05] zugrunde gelegten durchschnittlichen Kosten für einen SMS von 0,2€ entspricht der aus [PARA02] ermittelte Durchschnittswert 175 SMS pro Jahr. Zum Vergleich kann das jährliche SMS Aufkommen im Jahr 2004, welches in Deutschland über 30 Milliarden entsprach, herangezogen werden. Dies entspricht im Schnitt 366 Textnachrichten pro Kopf im Jahr [Kur05].

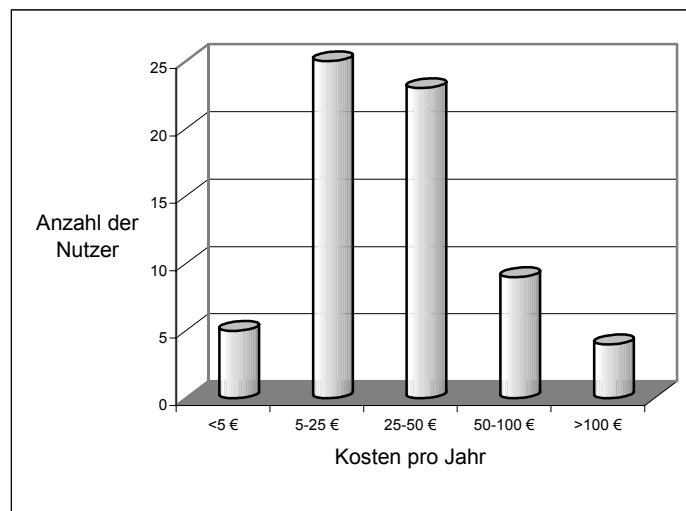


Abbildung 21: Zahlungsbereitschaft der potentiellen PARAMOUNT Nutzer, nach [PARA02]

In den vorhergehenden Ausführungen wurde ein Überblick über die Einsatzmöglichkeiten und wirtschaftlichen Betrachtungen gegeben. Hieraus zeigt sich, dass trotz des nicht eingetretenen um das Jahr 2000 vorhergesagten rasanten Aufschwungs LBS als vielseitig einsetzbare und gewinnversprechende Anwendung angesehen wird. Weiterhin hat sich bei den potentiellen Nutzern das Bewusstsein gestärkt, dass solche Dienste angeboten werden und sinnvoll genutzt werden können. Dies wird durch zwei Bereiche, in denen LBS eine Rolle spielen, gefördert. Zum einen ist dies der Bereich der Forschungsprojekte zu positionsbezogenen Diensten. Zum anderen ist dies der Bereich der kommerziellen Angebote verschiedener LBS, die schon jetzt von Nutzern verwendet werden können. Im Bereich der kommerziellen Anwendung von LBS sollte zwischen Businesslösungen (B2B) und Diensten für den Endverbraucher (B2C) unterschieden werden. Auf die möglichen Anwendungsarten in diesen beiden Bereichen wurde bereits vorher in diesem Abschnitt eingegangen (siehe zum Beispiel Tabelle 14). Im Folgenden werden deshalb einzelne ausgewählte verfügbare Anwendungen exemplarisch vorgestellt. Hierbei wird der Fokus auf die B2C Lösungen gelegt, während die B2B Lösungen nur am Rande behandelt werden.

Die Forschungsprojekte im Bereich LBS verfolgen verschiedene Ziele. Durch sie werden zum Beispiel neue Ideen im Bereich LBS sowohl technisch als auch wirtschaftlich untersucht. Nicht zu vernachlässigen ist auch die Breitenwirkung solcher Projekte, die durch verschiedene Medienaktivitäten (z.B. Publikationen oder Fernsehbeiträge) wesentlich zur Verbreitung der LBS-Möglichkeiten unter potentiellen Nutzern beitragen. Tabelle 19 gibt einen Überblick solcher Forschungsprojekte, hauptsächlich aus dem europäischen Raum. Die

meisten Projekte zielen auf eine bestimmte Nutzergruppe ab und bestehen somit nicht nur aus einem einzelnen Dienst sondern mehreren. Die in den einzelnen Projekten angebotenen Dienste wurden in die folgenden bereits schon vorher in diesem Kapitel verwendeten Kategorien eingeteilt:

- Infotainment
- Information, Werbung
- Positionsbezogene Spiele
- positionsbezogene Abrechnung
- Notfalldienste
- Tracking
- Navigation

Beispiele und weitere Informationen für die ersten sechs oben genannten Kategorien finden sich in Tabelle 15 und Tabelle 17. Ergänzt wurde die Kategorie Navigation. Hierzu gehören zum Beispiel Dienste die Nutzer an ein bestimmtes Ziel führen oder Informationen zu einer verbleibenden Streckenführung, wie Länge oder geschätzte Dauer, bereitstellen. Tabelle 18 enthält eine Einschätzung des Datenumfangs und des Aktualisierungszyklus der benötigten Daten für die einzelnen Kategorien. Für die Kategorie der positionsbezogenen Spiele wurde keine Einschätzung durchgeführt. Zum einen resultiert dies aus der äußerst geringen Anzahl an Anwendungen in diesem Bereich sowohl in der Forschung (siehe Abbildung 22) als auch im kommerziellen Bereich (siehe Abbildung 24). Zum anderen werden die beiden Parameter stark vom jeweiligen Spielkonzept beeinflusst.

	Datenumfang		Aktualisierung	
	niedrig	hoch	niedrig	hoch
Infotainment				
Navigation				
Information, Werbung				
Spiele				
positionsbezogene Abrechnung				
Notfalldienste				
Tracking				

Tabelle 18: Einschätzung der LBS Kategorien nach benötigter Datenmenge und Aktualisierungszyklen

Der Vergleich dieser Kategorisierung der Forschungsprojekte zeigt, dass der Schwerpunkt hier eindeutig im Bereich Infotainment und Navigation liegt (siehe Abbildung 22). Zu beachten ist hier, dass die in Tabelle 19 aufgeführten Forschungsprojekte sicher nicht vollständig sind und solche Forschungsprojekte stets von Fördermitteln und somit von den dort gesetzten Schwerpunkten abhängig sind. Auch ist im Bereich der positionsbezogenen Abrechnung, da es sich hier um ein sehr einfaches Konzept handelt, der Forschungsbedarf sicher nicht so hoch wie in anderen Bereichen, zum Beispiel bei positionsbezogenen Spielen.

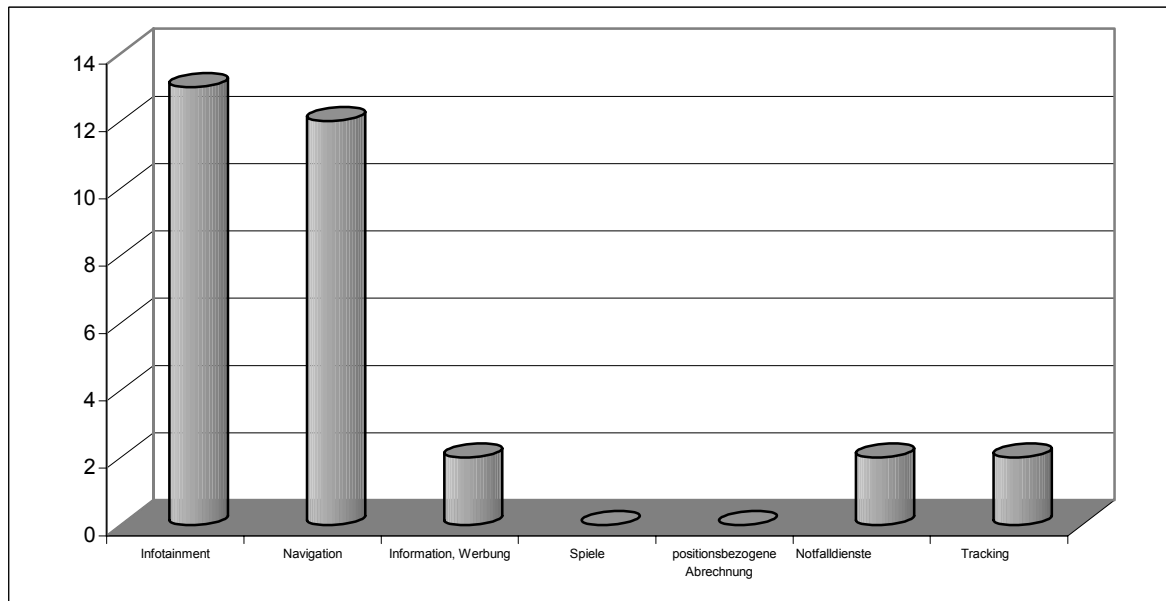


Abbildung 22: Schwerpunkte der LBS Forschungsprojekte, basierend auf Tabelle 19

Dennoch ist für die Zukunft zu erwarten, dass sich die Forschungsschwerpunkte in Richtung einiger in Abbildung 22 noch schwach vertretenen Kategorien hinentwickeln werden. Dies zeigt sich zum Beispiel auch im Arbeitsprogramm zum 6. Rahmenprogramm der EU [EUF6]. Hier werden in der vierten Aufforderung explizit mobile online Spiele als Schwerpunkt unter dem strategischen Ziel „2.4.6 Vernetzte audiovisuelle Systeme und Heimplattformen“ angesprochen.

Kurzbezeichnung	Projektname	Kurzbeschreibung	Kategorien ¹	weiterführende Informationen
VISPA	Virtual Sports Assistant	Digitaler Touristenführer in den Alpen	Info, Nav	[RSW02]
PARAMOUNT	Public Safety & Commercial Info-Mobility Applications & Services in the Mountains	Digitaler Touristenführer in den Alpen, Unterstützung bei Notfällen, Datenaktualisierung durch Nutzer	Info, Nav, Ad, Not, Track	[RSK03]
TOURSERV	Personalised Tourist Services Using Geographic Information Systems via Internet	Digitaler Touristenführer in den Alpen, Notfallkomponente	Info, Nav, Not	[TOUR04]
CAPITALS ITTS	Capitals providing Integrated Travel and Tourism Services	Integrierte Reise- und Tourismusdienste in fünf europäischen Hauptstädten	Info, Nav	[CAP04]
LOVEUS	Location Aware Visually Enhanced Ubiquitous Services	Personalisierte tourismusorientierte multimediale Informationen	Info, Nav,	[LOVEUS], [Kara]
WebPark		Mobiles Informationssystem für Naturschutzgebiete und -parks	Info, Nav	[Kurg03]
PALIO	Personalised Access to Local Information and services for tourists	Dienste für Touristen, z.B. auf Kreta oder in Florenz bzw. Siena	Info, Nav	[PALIO]

¹

Info ... Infotainment
 Nav ... Navigation
 Ad ... Information, Werbung
 Game ... Spiele

Bill ... positionsbezogene Abrechnung
 Not ... Notfalldienste
 Track ... Tracking

2. Grundlagen und Stand der Forschung

Kurzbezeichnung	Projektname	Kurzbeschreibung	Kategorien ¹	weiterführende Informationen
Lol@	Local Location Assistant	Multimedialer Touristenführer entlang vorgegebener Routen durch die Wiener Innenstadt	Info, Nav	[Uhl02]
ReGeo	Multimedia Geoinformation for e-Communities in Rural Areas with Eco-Tourism	Anwendung zur Planung und Durchführung von Wanderungen in touristisch relevanten Gebieten	Info, Nav	[Alm02], [RECEO]
TellMaris		Informations- und Navigationssystem für Boottouristen (Unterstützung zu See und zu Land bei Ausflügen)	Info, Nav	[TELLM], [Schil03]
CRUMPET	Creation of User-friendly Mobile services Personalized for Tourism	Digitaler Tourismusführer für Städte	Info, Nav	[Sauer03], [Aras]
Deep Map/Deep Map II		Mehrsprachiger Touristenführer/Touristeninformationssystem	Info, Nav	[Mala], [Wein99], [Stru]
ELBA	European Location Based Advertising	Dienste für positionsbezogene Werbung	Ad	[Por03], [Köi02]
GiMoDig	Geospatial info-mobility service by real-time data-integration and generalisation	Bereitstellung von Daten für mobile Nutzer durch Echtzeitdatenintegration und Generalisierung	Info	[Sar05], [GIMO]
GUIDE		Touristenführer für die Stadt Lancaster	Info, Nav	[GUIDE]
HEYWOW		elektronische Stadtführungen, Unterhaltungsdienste, ortsbezogene Informationsdienste, ...	Info, Nav	[HEYW]
COSMOS	Community Online Services and Mobile Solutions	Pilotierung innovativer Mobilfunkdienste: Friendfinder, Friend Alert, Portable Message,	Info, Track	[Bra04]

Tabelle 19: Überblick über Forschungsprojekte zu LBS

Ebenso wie bei den Forschungsprojekten ist es bei den kommerziellen Anbietern nicht möglich alle LBS Anwendungen aufzuzählen. Im Folgenden wird deshalb ein Überblick der kommerziellen LBS Anwendungen gegeben, die von Mobilfunkbetreibern zur Verfügung gestellt werden, sowie weitere Dienste von anderen Anbietern. Der Fokus liegt hier hauptsächlich auf den B2C Anwendungen. Im Bereich B2B sind sehr viele Spezial- und Einzellösungen zu finden, zum Beispiel im Bereich Dispatching und Flottenmanagement. Weiterhin ist es oft schwierig zu bestimmen, ob eine dieser Lösungen noch zu den LBS zu zählen ist oder nicht (siehe Definition LBS in Abschnitt 2.1.1). Viele Anwendungen in diesem Bereich sind auch in einer Zeit entstanden, als die Bezeichnung „LBS“ noch nicht so weit verbreitet war, in der heutigen Zeit jedoch diesen zugeordnet werden können. Hierzu gehören zum Beispiel viele Lösungen im Bereich des Flottenmanagements.

In der Studie von Fritsch et al. [Fri05] wurde das momentane Angebot deutscher Mobilfunkbetreiber im Bereich LBS untersucht und eine Umfrage zu positionsbezogenen Diensten unter Nutzern durchgeführt. Das in Abbildung 23 zusammengefasste Ergebnis der Angebotsuntersuchung (siehe Tabelle 20, Seite 53) zeigt, dass jeder Anbieter zumindest in einigen Kategorien positionsbezogene Dienste anbietet. Auch fallen deutlich die noch geringen Aktivitäten im Bereich der von Mobilfunknetzbetreibern unabhängigen LBS Angebote auf.

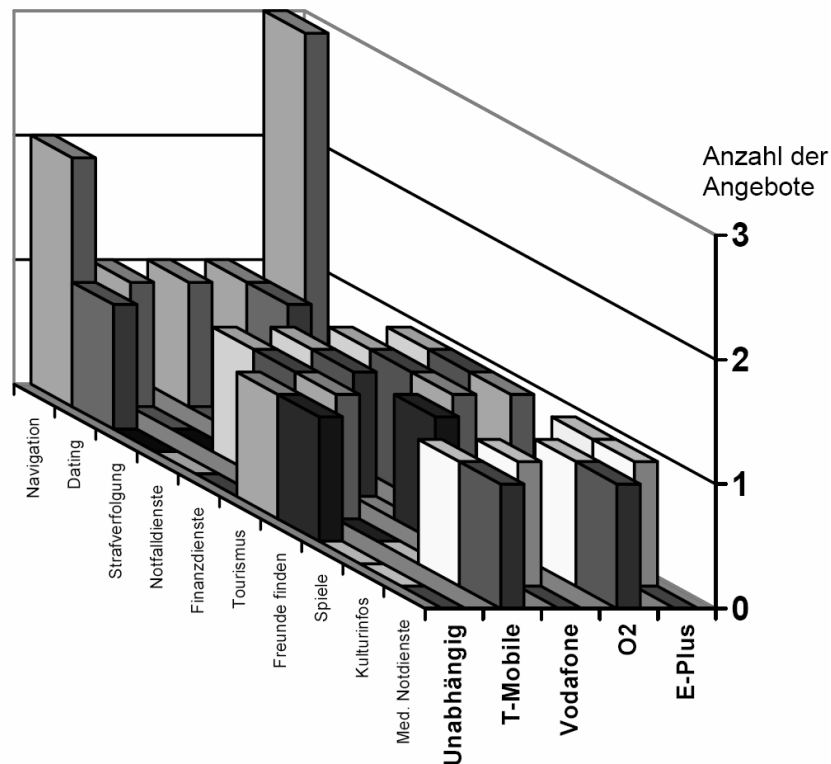


Abbildung 23: Angebote bestehender LBS deutscher Mobilfunkbetreiber, aus [Fri05]

Im Bereich der B2C Lösungen sind die wichtigsten LBS Anbieter momentan die Mobilfunknetzbetreiber. Abbildung 23 fasst das in der Studie von Fritsch et al. [Fri05] ermittelte Angebot positionsbezogener Dienste der deutschen Mobilfunknetzbetreiber nach Kategorien zusammen. Tabelle 20 enthält die Ergebnisse eigener Recherchen zu verfügbaren LBS, angeboten sowohl von Mobilfunknetzbetreibern als auch anderen Diensteanbietern. Abbildung 24 zeigt die Zusammenfassung der angebotenen Dienste entsprechend der einzelnen Kategorien, unterschieden nach Anbieter der jeweiligen Dienste (Netzbetreiber, andere Anbieter). Obwohl die Auflistung in Tabelle 20 keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, zeichnet sich doch deutlich ein Trend hin zu Angeboten im Infotainment Bereich ab. Gründe hierfür können zum Beispiel in der Art der Endgeräte liegen mit denen die

angebotenen Dienste genutzt werden können. Um den Massenmarkt zu erreichen, sind dies momentan die gängigen Handymodelle. Hierbei steht ein zwar farbiges, aber relativ kleines Display zur Verfügung. Somit sind Dienste, die hohe Anforderungen an die Präsentation der Inhalte stellen, zum Beispiel Kartenmaterial, für diese Endgeräte weniger geeignet und werden wohl deshalb momentan noch nicht in so hohem Maße angeboten.

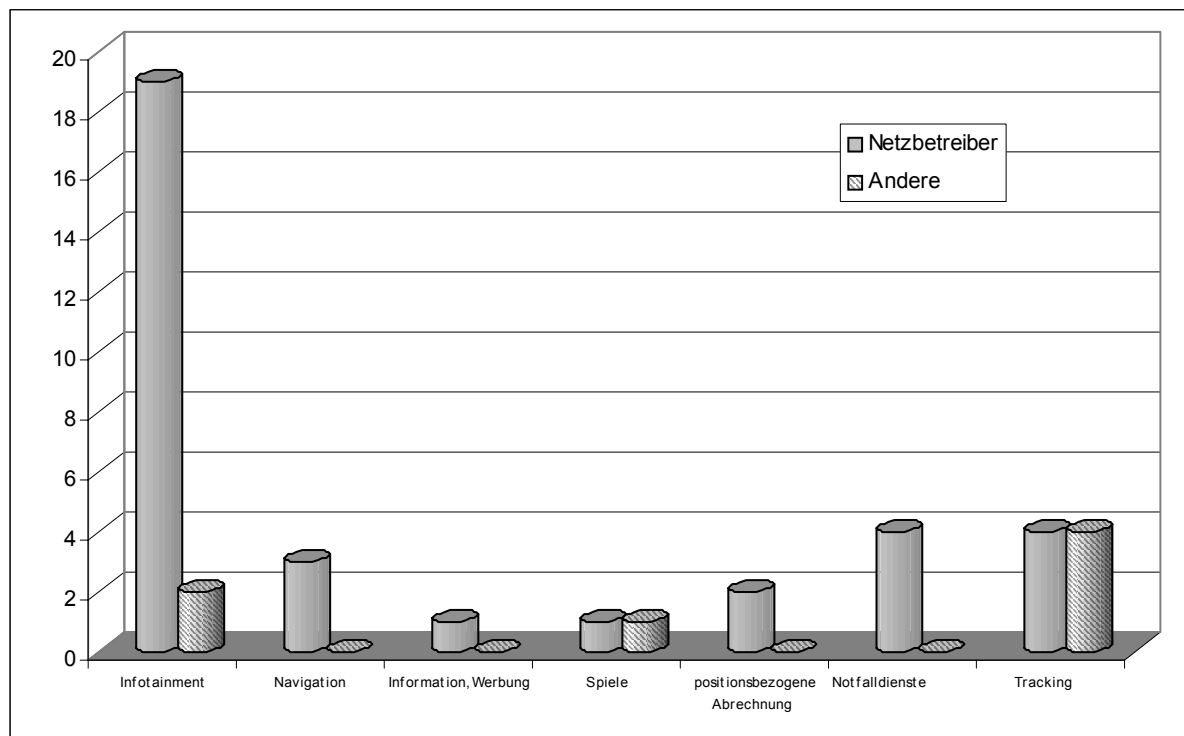


Abbildung 24: Schwerpunkte der LBS Angebote, basierend auf Tabelle 20

Die Dienste der Kategorie „positionsbezogene Abrechnung“ sind gesondert zu betrachten, auch wenn dies in Abbildung 23 nicht direkt ersichtlich ist. Abbildung 19 zeigt die durchschnittliche Anzahl der angebotenen Dienste pro Netzbetreiber in den verschiedenen Kategorien. Andere Anbieter werden hier nicht berücksichtigt, da diese meist nur einen Dienst für einen bestimmten Zweck oder eine bestimmte Zielgruppe anbieten. Zu berücksichtigen ist im Falle der „positionsbezogene Abrechnung“, dass es hier nicht wie in anderen Kategorien eine Vielzahl von verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten gibt, sondern momentan nur einen Anwendungsfall. So wird von verschiedenen Netzbetreibern angeboten zu einem verbilligten Tarif zu telefonieren, meist ähnlich zu den Festnetzтарifen, wenn sich der Nutzer in einem bestimmten Bereich (z.B. bis zu ~500m) um seine Wohnung befindet. Somit finden sich in diesem Anwendungsbereich nur die Netzbetreiber als Anbieter, da nur diese hier profitieren können. Da diese Option nicht flächendeckend und vor allem im ländlichen Raum kaum verfügbar ist, scheint die verwendete Positionierungsmethode hier nicht die benötigte Genauigkeit zu liefern. Definitiv wird hier ein Verfahren der mobilfunkbasierten Ortung eingesetzt. Welches genau ist nicht bekannt, es liegt jedoch nahe, dass ein Verfahren welches auf der Cell-ID basiert (siehe Abschnitt 2.1.4.2) verwendet wird. Bezüglich des verwendeten Positionierungsverfahrens sind besonders die Dienste (siehe Tabelle 20) des österreichischen Mobilfunkbieters 3 (Hutchison 3G Austria) hervorzuheben. Diese verwenden als einzige der untersuchten Dienste das AGPS Verfahren [HU3G] zur Positionsbestimmung (siehe Abschnitt 2.1.4.3).

Die Untersuchung der von Netzbetreibern angebotenen positionsbezogenen Dienste hat auch gezeigt, dass diese zum Teil auf der gleichen Anwendung eines Herstellers basieren. Dies gilt zum Beispiel explizit für den Service „WEBFleet®“ der Firma datafactory der

sowohl von O2 als auch von Vodafone und T-Mobile unter dem Namen „Fleet Manager“ angeboten wird.

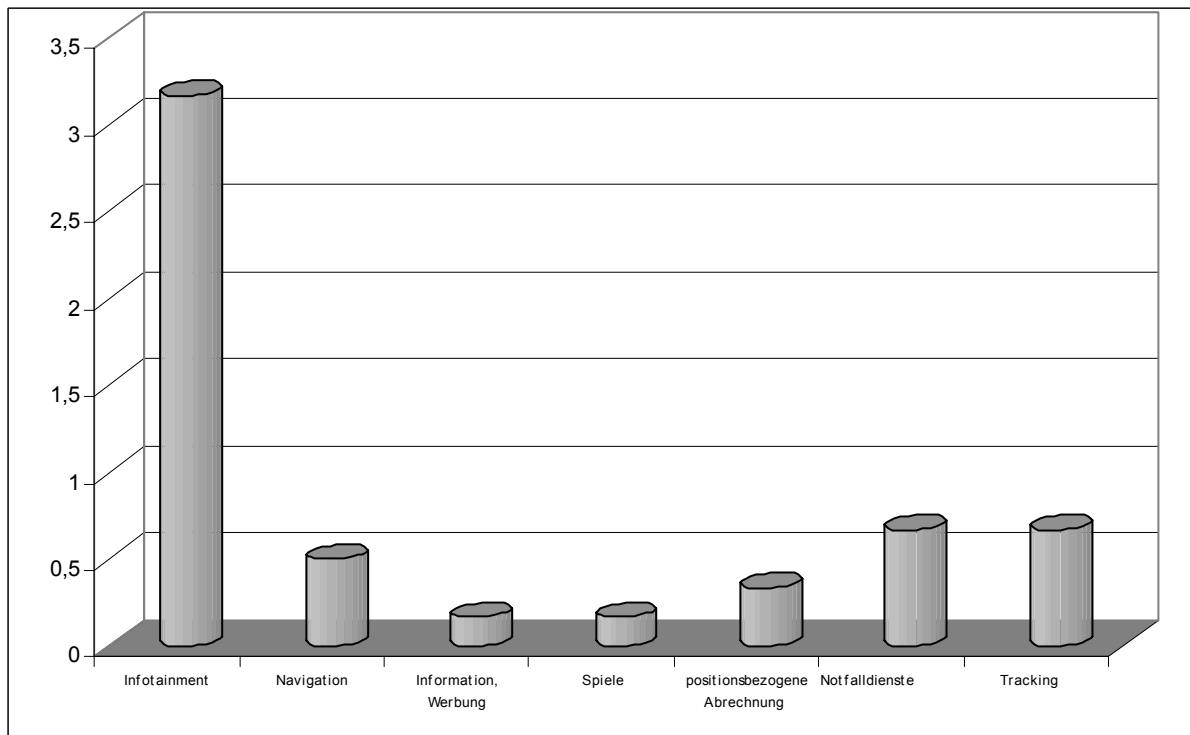


Abbildung 25: Durchschnittlich Angebotene Dienste pro Netzbetreiber, basierend auf Tabelle 20

Neben den Location Based Services, die direkt von Netzbetreibern angeboten werden, gibt es noch zahlreiche positionsbezogene Dienste, die von anderen Anbietern zur Verfügung gestellt werden. Eine kleine Auswahl dieser Dienste ist in Tabelle 21 zusammengefasst. Hierbei wurden vorrangig Beispiele aus dem europäischen Raum gewählt. Weltweit finden sich LBS-Anwendungen in allen in dieser Arbeit beschriebenen LBS-Kategorien. Einige Beispiele hierzu finden sich in [Har00]. Zahlreiche Anwendungen gibt es zum Beispiel schon seit Jahren im Bereich des Flottenmanagements. Auch im Bereich des Trackings von Personen finden sich häufig Angebote. Zum einen sind diese auf das Tracking von Kindern ausgelegt, zum anderen sind es Notfallsysteme, die im Wesentlichen die Position einer Person an eine entsprechende Servicezentrale weiterleiten. Das sich permanent verändernde, kaum überschaubare Angebot an LBS in diesem Bereich lässt sich im Rahmen dieser Arbeit ebenso wenig vollständig untersuchen wie die separat zu betrachtenden Anbieter von Systemen für positionsbezogene Dienste und die Anbieter von Inhalten für diese.

Netze- treiber	Infotainment	Navigation	Information, Werbung	Spiele	Positions- bezogene Abrechnung	Notfalldienste	Tracking
E-Plus, i-mode™	-YellowMap CityGuide, -YellowMap- Branchenbuch, -FINDER	-YellowMap Routing		-BattleMachine			
O2 ²	-Taxi ³ -Geldautomaten -Hotels/Restaurants ⁴ -WLAN Hotspots ⁵	-Routenplanung ³			Homezone		- WEBfleet® ⁶
Vodafone	-Tankstellen-günstig -Top-Restaurants - Gault Millau -Aral - Tankstellen -EDEKA -Sparkasse -„In der Nähe“ ^{6,8}		-Pollen-Info-Service		Vodafone Zuhause	-Apotheken- notdienst ⁷ -0800 NOTFON D	-Personen finden: MOBILOCO, trackyourkid® - WEBfleet® ⁶
T-Mobile (Deutschland & Österreich)						- „In der Nähe“; Notapotheke	Fleet Manager ⁶

² bietet Zugang zu seiner Lokalisierungsschnittstelle; liefert Positionsdaten für Location Based Services unabhängig vom Trägermedium (Web, WAP, SMS, HTML via GPRS). Quelle: <http://www.o2online.de/o2/business/loesungen/grossmittel/produkte/wholesale/lbs> (zuletzt besucht 20.04.2005)

³ explizit ist sowohl automatische als auch manuelle Positionsbestimmung genannt. Quelle: <http://www.o2online.de/o2/business/loesungen/selbst/mobilarb/reise/> (zuletzt besucht 20.04.2005)

⁴ Lokalisierungsfunktionalität

⁵ nur manuelle Positionseingabe

⁶ Ortungsservice der Firma datafactory

⁷ Einordnung auch in Infotainment möglich

2. Grundlagen und Stand der Forschung

Netzbetreiber	Infotainment	Navigation	Information, Werbung	Spiele	Positionsbezogene Abrechnung	Notfalldienste	Tracking
A1	- A1 Wetter ⁹ - A1 KINO ⁹ - A1 EVENTS ⁹						
Drei G ¹⁰	- 3Geo-Suche - 3Geo-In meiner Nähe - 3Geo-Geomap	- 3 Geo-Routing				- 3Geo-Automobil Nothilfe	
Swisscom	- Citymap - Restaurantguide	- Cityroute					

Tabelle 20: Angebotene positionsbezogene Dienste von Netzbetreibern im Überblick

⁸ zahlreich positionsbezogene Informationen mit zusätzlichen Unterkategorien zum Beispiel zu Taxi, Apotheke, Notapotheke, Restaurant (Steak,Pizza,...), ...
Quelle: <http://www.t-mobile.de/business/sms/1,2275,3793-,00.html>, zuletzt besucht 20.04.2005

⁹ <http://www.pocket.at/business/a1locationbased.htm>

¹⁰ Positionierung mittels A-GPS, <http://www.drei.at/SelectMenu.wa?seIDM=61BB83AC-FFAC-4842-BD1B-73750F85C428>

2. Grundlagen und Stand der Forschung

Dienstanbieter	Infotainment	Navigation	Information, Werbung	Spiele	Positionsbezogene Abrechnung	Notfalldienste	Tracking
Mecomo ¹¹	TANKEN.nextome						FRIENDS.nextome FLEET.nextome DATIN.nextome KIMNERDE
Mokoishi				Gunslingers ¹²			
Siemens-Electrogeräte GmbH	nächstgelegenen Siemens-Fachhändlern per SMS ¹³						
MOBILOCO GmbH ¹⁴	Mobile Market			HotSpot-Ralley durch Hamburg ¹⁵			Buddy Alert Date Maker
Wherify ¹⁶							- GPS Locator for Children - GPS Wherifone
MagicMaps ¹⁷	“Wetter in 3D”						

Tabelle 21: Angebotene positionsbezogene Dienste von Netzbetreibern unabhängigen Anbietern im Überblick

¹¹ <http://www.mecomo.com>

¹² <http://guns.mikoishi.com/gunsSingTel/index.html>, zuletzt besucht 21.04.2005

¹³ [http://www.siemens-hausgeraete.de/BSH/\(febcb3fllldw4z555y3leo3b3\)/www/frontdoor.aspx?CURl=cms-DE_41501_O_0_0](http://www.siemens-hausgeraete.de/BSH/(febcb3fllldw4z555y3leo3b3)/www/frontdoor.aspx?CURl=cms-DE_41501_O_0_0), zuletzt besucht 21.04.2005

¹⁴ <http://www.mobiloco.de>

¹⁵ Quelle: [MOB05]

¹⁶ <http://www.wherifywireless.com>

¹⁷ http://www.magic-maps.com/dienste/location_based_service.html

2.1.9 Zusammenfassung und Fazit

In den Abschnitten 2.1.1 bis 2.1.8 wurde auf die Grundlagen der positionsbezogenen Dienste, die Standardisierungsbestrebungen in diesem Bereich und die wichtigsten Komponenten eingegangen. Weiterhin sind dort auch mögliche Anwendungsgebiete allgemein sowie Anwendungsbeispiele aus dem kommerziellen Bereich und der Forschung zusammengefasst. Es zeigt sich, dass LBS aus technischer Sicht dem Nutzer in vielfältiger Form zur Verfügung gestellt werden können und bereits viele kommerzielle positionsbezogene Dienste angeboten werden. LBS sind keine Spezialanwendung für einen bestimmten Bereich mehr, sie können von Jedermann genutzt werden. Speziell die technischen Fortschritte auf Seiten der mobilen Endgeräte, zum Beispiel die Integration von GPS-Empfängern in diese, werden zur weiteren Verbreitung von LBS beitragen. Hierdurch ist eine externe Positionsbestimmung, wie mittels Mobilfunk, nicht mehr notwendig, so dass zu erwarten ist, dass besonders die Zahl der Navigationsdienste im Fahrzeug- und Fußgängerbereich stark zunehmen wird. Die zunehmende Verbreitung der positionsbezogenen Dienste und der Möglichkeit den Standort eines Nutzer nahezu permanent und an jedem beliebigen Ort zu bestimmen, ist nicht nur unter technischen Aspekten, sondern auch unter dem wirtschaftlichen Nutzen und den Vorteilen für die Nutzer zu sehen.

Aber auch die Sicherheit spielt in solchen Systemen generell eine wichtige Rolle. Nach [Rot02] setzt sich Sicherheit in Netzwerken, wobei LBS auch als solche betrachtet werden können, aus Vertraulichkeit (engl. Privacy), Authentizität (engl. Authenticity) und Integrität (engl. Integrity) zusammen. Während die beiden letzteren im Bereich LBS gelöst zu sein scheinen, gewinnt die Vertraulichkeit, die den Schutz der Daten und damit verbunden der Privatsphäre beinhaltet, immer mehr an Bedeutung. Um gerade diesen Schutz zu gewährleisten gibt es bereits verschiedene Gesetze und Direktiven. So zum Beispiel die EU Direktive 2002/58/EC [EU02], die sich mit der Verarbeitung personenbezogener Daten und dem Schutz der Privatsphäre in der elektronischen Kommunikation befasst. In dieser sind auch explizit die positionsbezogenen Daten als schützenswert aufgeführt und Richtlinien wie mit solchen Daten verfahren werden soll, enthalten. So dürfen nach diesen Richtlinien Positionsdaten und andere Daten nur soweit zur Übertragung einer Nachricht und zur Abrechnung dieser notwendig, verwendet werden. Werden Standort oder Positionsdaten in Mehrwertdiensten, dazu zählen auch LBS, verwendet, muss der Nutzer von deren Verwendung wissen und seine Zustimmung gegeben haben. Diese Zustimmung muss nach den Richtlinien der EU Direktive jederzeit einfach, auch temporär und frei von Gebühren auf Basis einzelner Verbindungen oder einzelner Übertragungen von Nachrichten widerrufbar sein. Weiterhin sollen die Positionsdaten nur anonym oder mit der Zustimmung des Nutzers für Mehrwertdienste verwendet werden dürfen. Dem Nutzer müssen vor der Erteilung der Zustimmung die Art der Positionsdaten, der Verwendungszweck sowie die Dauer der Verarbeitung bekannt gemacht werden. Auch muss dem Nutzer mitgeteilt werden, ob die Positionsdaten an Dritte weitergegeben werden um Mehrwertdienste nutzen zu können. In der Direktive sind nur zwei Ausnahmen im Umgang mit Positionsinformationen berücksichtigt. Zum einen ist dies deren Verwendung im Zusammenhang mit Notrufen, wobei hier die Daten nur von anerkannten Organisationen, die solche Anrufe bearbeiten, genutzt werden dürfen. Zum anderen sollen staatliche Sicherheitsorganisation, wie zum Beispiel Polizei, im Falle von belästigenden oder nötigen Anrufen auf diese Daten zugreifen können.

Die Umsetzung dieser EU Richtlinie bleibt jedoch Aufgabe der einzelnen Länder. In Deutschland ist dies zum Beispiel durch das Telekommunikationsgesetz (TKG¹⁸) geregelt.

¹⁸ Telekommunikationsgesetz (TKG); Ausfertigungsdatum 25.Juli 1996; Verkündungsfundstelle BGBI I 1996, 1120; FNA 900-11, GESTA K003; Stand: Zuletzt geändert durch Art. 4 Abs. 73 G v. 5. 5.2004 I 718

Weitere Ausführungen zu rechtlichen Vorgaben bezüglich des Datenschutzes und dem Schutz der Privatsphäre in Zusammenhang mit Standort- und Positionsinformationen in einzelnen Ländern und den Konsequenzen hieraus finden sich zum Beispiel in [Won04], [Ger02], [Bri04] oder [Pfa03].

Um den Schutz der Daten und der Privatsphäre zu gewährleisten, sind neben gesetzlichen Regelungen und Direktiven auch Mechanismen auf Seite der Technik notwendig, diese umsetzen. Gerade die Möglichkeit, positionsbezogene Informationen über einen längeren Zeitraum zu speichern und auszuwerten, ermöglicht die Gewinnung neuer Erkenntnisse über einen Nutzer. So kann zum Beispiel durch eine einzelne Position zwar der momentane Aufenthaltsort ermittelt werden, durch die Betrachtung von Zeitreihen mit Positionen aber können zum Beispiel Bewegungsprofile und Gewohnheiten abgeleitet werden. Im Folgenden werden einige Verfahren, die zum Schutz der Daten und der Privatsphäre bezüglich Standort- oder Positionsangaben beitragen sollen, kurz vorgestellt.

In [Rae04] werden hierfür zum Beispiel folgende drei Einschränkungen vorgeschlagen:

- **Single Record Only:** Es darf jeweils nur eine Positionsinformation pro Nutzer gespeichert werden.
- **Time Limit:** Die Dauer der Speicherung ist zeitlich begrenzt und kann in manchen Fällen eventuell sogar durch den Nutzer selbst bestimmt werden.
- **Holder Limit:** Nur der ursprüngliche Empfänger der Information darf diese speichern.

Da diese Einschränkungen nicht rein auf freiwilliger Basis durchgesetzt werden können, wird von Raento [Rae04] zur Durchsetzung dieser unter anderem die Verwendung von Digital-Rights-Management (DRM) untersucht. In Jorns et al. [Jorn04] wird eine Systemarchitektur zum Schutz der Privatsphäre in LBS hinsichtlich der Position auf Basis eines Pseudonymgenerierungsmechanismus vorgeschlagen. Neben dieser Verwendung von Pseudonymen untersuchen Cheng et al. [Che04] die entstehende Unsicherheit bei der Verwendung des in [Gru03] beschriebenen „location cloaking“ zur Sicherstellung der Privatsphäre bei der Nutzung von Positionsinformationen.

Die Beeinflussung der Nutzungsbereitschaft von LBS durch die Sorge um die Privatsphäre von Seiten des Nutzers werden in [Bar04] untersucht. In [Böh04] wird der Schutz der Daten und der Privatsphäre der Nutzer aus Sicht der Diensteanbieter betrachtet. Hier wird dargestellt, dass die konsequente Umsetzung dieses Schutzes von Seiten der Anbieter dazu beiträgt, das Vertrauen der Nutzer in die Dienste zu stärken und somit auch im Interesse der Diensteanbieter ist. Dies ist von Mobilfunkbetreibern, die LBS im Angebot haben, bereits aufgegriffen. So bietet zum Beispiel Vodafone¹⁹ den LBS Nutzer explizit die Möglichkeit über das so genannten „Vodafone-Location“-Verfahren zu bestimmen, welche Daten erhoben, verarbeitet und wie diese genutzt werden.

Auch wird immer weiter nach neuen Einsatzmöglichkeiten von LBS gesucht. So könnten LBS Anwendungen zum Beispiel nach [Cole04] einen Beitrag im Bereich Homelandsecurity durch das Sammeln und Verteilen von Informationen zu kritischen Infrastrukturen leisten. Auch im Rahmen des Aufbaus der UMTS Netze werden Erfahrungen mit Location Based Services in verschiedenen Projekten gesammelt (siehe [ecmc]) und können in den UMTS Testnetzen bereits genutzt werden.

Abschließend sei an dieser Stelle noch auf die jüngsten Entwicklungen im Bereich LBS in den USA hingewiesen. Dort werden positionsbezogene Dienste vor allem von Sprint (www.sprint.com) zusammen mit nextel (ww.nextel.com) vermarktet. Deren Erfolg basiert zu einem großen Teil auf der Integration von GPS in nahezu allen von Sprint angebotenen

¹⁹ <http://www.vodafone.de/live/portal/lbs/60016.html#>

Mobilfunktelefonen. Die Kunden von Sprint benötigen somit keine zusätzliche Hardware um LBS nutzen zu können, sondern laden sich lediglich eine entsprechende Applikation auf die Java-fähigen Mobilfunktelefone. In Zusammenarbeit mit Trimble wird so zum Beispiel in den USA einer der ersten kommerziellen LBS für Wanderer (www.trimbleoutdoors.com) angeboten.

2.2 Vertrauen, Reputation und Vertrauenswürdigkeit

Vertrauen und Reputation sind Konzepte aus der realen Welt, die im sozialen Umfeld zu finden sind. Vertrauen wird in der Soziologie zum Beispiel als „Mechanismus zur Reduktion sozialer Komplexität“ ([Luh05]) bezeichnet. Die Reputation hingegen kann als an eine Einzelperson oder Institution gebundener Ruf höherer Kompetenz und Qualifikation, hinsichtlich der Erbringung von gesellschaftlich relevanten Leistungen angesehen werden. Seit etwa Mitte der neunziger Jahre wird versucht, diese auch in die Welt der IT zu übertragen. Jedoch sind viele Signale, die in der realen Welt genutzt werden, um Vertrauen und Reputation zu bilden, zum Beispiel in online Gemeinschaften, aber auch anderen IT-Systemen, nicht vorhanden. Bevor die verschiedenen Anwendungsgebiete dieser Konzepte im IT-Bereich und die dort verwendeten Verfahren erläutert werden, ist im Folgenden kurz die Bildung von Vertrauen und Reputation im realen sozialen Umfeld zusammengefasst.

Nach Marsh ([Mar94]), der sich als einer der ersten mit der Übertragbarkeit der Konzepte des Vertrauens und der Reputation im sozialen Umfeld in die Welt der IT befasst hat, kann zum Beispiel die Reputation einer Person nicht ohne jeglichen Kontext betrachtet werden. Dies kann sich in verschiedenen Bereichen deutlich unterscheiden. Reputation ist, nach Marsh ([Mar94]), die Menge an Vertrauen, das einer Person in einer bestimmten Situation entgegengebracht wird. Zusätzlich ist das Vertrauen von den bisherigen Erfahrungen der Person, die Vertrauen entgegenbringt, abhängig. Dies äußert sich zum Beispiel in einer verschiedenen hohen Risikobereitschaft unterschiedlicher Personen. Durch vorangegangene schlechte Erfahrungen ist eine Person beispielsweise in ähnlichen Situationen zögerlicher bereit, jemandem zu vertrauen. Somit kann zusammenfassend festgehalten werden, dass Vertrauen zwischen Personen von deren Reputation, der Situation und den bisherigen Erfahrungen abhängig ist. Im Folgenden wird auf die Anwendung dieser Konzepte in verschiedenen Bereichen der IT-Welt eingegangen. Diese bringen jedoch einige Besonderheiten mit, die sich vom normalen Prozess der Vertrauensbildung im sozialen Umfeld unterscheiden.

Eine dieser Besonderheiten ist, die Anonymität der Nutzer. Diese findet sich zum Beispiel innerhalb von *online Foren* und *elektronischen Marktplätzen*. Dies resultiert aus der Möglichkeit der Nutzer, ihre virtuelle Identität sehr einfach zu wechseln oder mehrere virtuelle Identitäten anzunehmen. Obwohl die Anonymität in vielen Fällen ein Vorteil für die Nutzer ist, eröffnet sie auch die Möglichkeit zum Missbrauch des Bewertungssystems, das zur Vertrauensbildung zwischen den Nutzern eingesetzt wird. So kann ein Nutzer zum Beispiel recht einfach mehrere Identitäten verwenden, um sich selbst eine gute Reputation zu verschaffen. Die Möglichkeit, jederzeit seine Identität ohne jegliche Kosten oder Konsequenzen wechseln zu können, führt auch dazu, dass neue Nutzer stets kritisch betrachtet werden. Die Gründe hierfür sind, dass eine Unterscheidung, ob es sich um einen „neuen“ Nutzer handelt oder um einen Nutzer der sich zum Beispiel auf Grund vorhergehender schlechter Reputation als neu ausgibt, nicht möglich ist. Einige online Auktionshäuser (z.B. ebay, Amazon) versuchen dem entgegen zu wirken, indem sie den Nutzern freistellen „registrierte Nutzer“ zu werden. Unter registrierten Benutzern versteht man in diesem Zusammenhang, dass der Betreiber eines solchen Auktionshauses genügend persönliche Daten des Nutzers zur Verfügung hat, um seine reale Identität zu verifizieren. Der Einfluss der online feedback Systeme, das heißt die Möglichkeit Vorgänge oder Informationen im Internet zu bewerten, auf die Entwicklungen im IT-Bereich wird in [Dell03] und [Bak03] näher betrachtet. Hierbei stehen besonders die Reputationsmechanismen im Fokus, wie sie in online Marktplätzen

genutzt werden. Auch wird hier die Möglichkeit online Reputationssysteme zur Qualitätssicherung einzusetzen angesprochen.

Auch im Bereich des *ubiquitous computing* spielt Vertrauen eine wichtige Rolle (siehe [Sei03]). Die im *ubiquitous computing* angestrebten vielen selbständig agierenden digitalen Einheiten treffen auf eine Vielzahl sich häufig ändernde und unbekanntere Einheiten. Alleine durch die sehr große Anzahl an beteiligten Einheiten stellt sich die Frage, inwieweit eine Einheit einem anderen vertrauen kann, in schier unüberschaubarer Anzahl. Wird hierzu noch die Kontextabhängigkeit von Vertrauen betrachtet, vergrößert sich die Dimension der Fragestellung um ein Vielfaches. In [Sei03] wird Vertrauen zwischen zwei Einheiten als Vertrauen in die Infrastruktur und das Vertrauen in die andere Einheit selbst eingeteilt. Diese Aufteilung ist auch für den in dieser Arbeit beschriebenen Fall anwendbar. Wobei jedoch das Vertrauen in die Infrastruktur hier nicht behandelt und als fehlerfrei (absolutes bzw. blindes Vertrauen) vorausgesetzt wird.

In [Mic01] und [Gry02] werden Ansätze erläutert, wie Bewertungsalgorithmen in *Ad hoc Netzwerken* zur Beurteilung der einzelnen Teilnehmer sowie der Zugriffsteuerung verwendet werden. Dort wird die Bewertung nicht durch einen menschlichen Nutzer vorgenommen, sondern von denen im *Ad hoc Netzwerk* vertretenen Knoten selbst. Ziel ist es, die Reputation, wie sie im sozialen Umfeld verwendet wird, durch ein automatisiertes Verfahren abzubilden. Hier wird jedoch nicht den neusten Beobachtungen eine hohe Wichtigkeit zur Beurteilung der Reputation beigemessen sondern den älteren, um sporadisches Fehlverhalten der Knoten nicht überzubewerten. Eine Besonderheit in diesem Ansatz ist die Unterscheidung in folgende drei Arten der Reputation, die gewichtet zu einem einzelnen Wert für die Reputation führen:

- *subjektive* Reputation: Die Bildung von Reputation auf Grund eigener Erfahrungen und eigener Einschätzung.
- *indirekte* Reputation: Die Bildung von Reputation auf Grund Erfahrungen und Einschätzungen anderer. Ein Beispiel hierfür ist eine Empfehlung eines guten Freundes einen online Marktplatz, mit dem dieser gute Erfahrungen gemacht hat, zu verwenden.
- *funktionelle* Reputation: Kontextabhängigkeit der Reputation

Ein weiteres Anwendungsgebiet für solche Systeme zur Vertrauensbildung sind *Agenten* basierte Systeme, die miteinander kooperieren sollten um ein vorgegebenes Ziel zu erreichen. Unter Agenten sind hier zum Beispiel Softwarekomponenten oder Dienste zu verstehen die unabhängig voneinander sind und von unterschiedlichen Stellen entwickelt und gewartet werden. Für die Nutzer dieser Agenten stellt sich auch hier die Frage in wie weit diesen Agenten, die nicht ihrer direkten Kontrolle unterstehen, vertraut werden kann. Beispiel für die hier verwendeten Methoden und Algorithmen sind in [Dra03], [Esf01] und [Car02] zu finden.

In [Gra00] wird eine Zusammenstellung der Verwendung von Vertrauen in *Internet Anwendungen* allgemein, zum Beispiel Webseiten, gegeben. Hier wird eine Klassifikation des Vertrauens im Internet durchgeführt und auf die verschiedenen Lösungen zum Management von Vertrauen und deren Anwendungen, zum Beispiel im Bereich der medizinischen Informationssysteme, eingegangen.

Während die eben genannte Literatur sich meist auf ein spezielles Anwendungsgebiet bezieht, wird in [Zach00] die Problematik der zur Abbildung der Reputation eingesetzten Bewertungsverfahren näher betrachtet. Es werden Eigenschaften, die solche Verfahren besitzen sollten, festgelegt. Obwohl in [Zach00] meist online Gemeinschaften als Anwendungsfall genutzt werden, können die dort aufgestellten Anforderungen an Bewertungsverfahren auch auf andere Gebiete übertragen werden.

So sollte nach [Zach00] bei der Modellierung eines Verfahrens, welches die Reputation eines Nutzers abbildet, folgendes berücksichtigt werden:

- Die Reputation eines Nutzers sollte nie niedriger sein als die eines neuen Nutzers.
- Jeder Nutzer sollte in der Lage sein, die Reputation in gleichem Maße zu verbessern. Dazu darf diese nicht einfach durch das arithmetische Mittel aller Bewertungen eines Nutzers ausgedrückt werden.
- Ein erfolgreicher Bewertungsmechanismus für Reputation muss auf einem positiven Bewertungssystem basieren.
- Es muss berücksichtigt werden, dass es auf verschiedene Arten möglich ist, gefälschte Bewertungen zu erzeugen um die Reputation eines bestimmten Nutzers zu erhöhen.
- Das Verhalten eines Nutzers verändert sich mit der Zeit.

Zu beachten ist, dass die gelieferten Ergebnisse solcher Bewertungsverfahren umso genauer sind, je größer die Menge der vorhandenen Bewertungen ist. Die hier beschriebenen Anforderungen und Eigenschaften an Bewertungsverfahren sollten jedoch nicht als allgemeingültig angesehen werden und nicht auf jede beliebige online Umgebung bzw. jedes beliebige IT-System übernommen werden. Je nach Anwendungsgebiet sind diese eventuell zu lockern oder durch andere zu ergänzen.

In der Literatur werden unterschiedliche mathematische Ansätze vorgestellt, um Vertrauen und/oder Reputation in online Umgebungen zu modellieren. Neben diesen gibt es auch Systeme, die Reputation nicht mittels numerischer Verfahren abbilden. Diese sammeln, wie zum Beispiel das im Internet veröffentlichende Better Business Bureau Online, Erfahrungen von Nutzern mit Firmen als ausformulierten Text und stellen diesen nur online bereit. Zusätzlich werden Warnungen als Empfehlung ausgesprochen. Es findet jedoch keine numerische Bewertung der Firmen statt, so dass die Nutzer selbst an Hand der Erfahrungsberichte anderer Nutzer ihre Entscheidungen treffen.

Zu den numerischen Bewertungsverfahren für Vertrauen und Reputation gibt es eine Reihe von Arbeiten. Eine der ersten und häufig zitierten zum Thema Modellierung von Vertrauen in IT-Systemen ist die von Marsh ([Mar94]). In ihr stellt der Autor ein Verfahren, wie Vertrauen in künstlichen Agenten modelliert werden kann, um diese robuster bei Entscheidungsprozessen zu machen, vor und schlägt hierzu ein entsprechendes Berechnungsverfahren vor. In [Abd00] unterscheiden die Autoren folgende drei Arten des Vertrauens und stellen einen Algorithmus zur Berechnung der ersten Art vor:

1. *Interpersonal Trust* ist agenten- und kontextabhängig.
2. *System Trust* bezieht sich auf Systeme oder Institutionen, ein Beispiel hierfür ist das Vertrauen in ein Währungssystem.
3. *Dispositional Trust* beschreibt die generelle Einstellung eines Agenten zu Vertrauen, d.h. lässt der Agent die Anwendung dieses Konzepts überhaupt zu.

Ein Überblick über verschiedene mathematische Algorithmen zur Berechnung von Vertrauen beziehungsweise Reputation ist in [Wes00] zu finden. Ein Vergleich zwischen den von Zacharia und Maes entwickelten Algorithmen, Sporas und Histos, wird in [Zach00] und [Zach99] durchgeführt. Während mittels Sporas eine eher globale Bewertung eines Nutzers durchgeführt wird (lose verbundene online Gemeinschaft), erlaubt Histos eine personalisierte Bewertung eines Nutzers und ermöglicht auch eine Berücksichtigung der Beziehungen der Nutzer untereinander (vernetzte online Gemeinschaft). Ein Vergleich von Sporas und Histos in Bezug auf das Verhalten des Reputationswertes bei Veränderung des Verhaltens eines Nutzers ist ebenfalls in [Zach00] zu finden. Diese Unterschiede der beiden Algorithmen werden dort auch anhand von realen Daten des online Auktionshauses ebay dargestellt.

Die in der Literatur zu findenden unterschiedlichen Ansätze zeigen deutlich, dass die Anforderungen an ein Bewertungsverfahren nicht generell postuliert, sondern an den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen sind. Weiterhin sind auch die verschiedenen möglichen Architekturen, eine zentrale Verwaltung oder ein verteiltes System, zu berücksichtigen. Verteilte Systeme erlauben eine individuellere Berechnung des Vertrauens, als dies bei zentralen Systemen der Fall ist, da die entsprechenden Werte beim Nutzer selbst verwaltet werden. In letzterem Fall stellt sich jedoch die Frage, wie die bei den Nutzern lokal verwaltete Reputationsinformation geprüft werden kann, das heißt inwieweit dieser Information selbst vertraut werden kann. Da es sich bei dem in dieser Arbeit vorgeschlagenen System um ein zentrales System handelt, wird die Verwaltung des Bewertungssystems hier auch zentral durchgeführt. An dieser Stelle wird deshalb nicht weiter auf die verschiedenen Vor- und Nachteile der beiden Systemarchitekturen für ein Bewertungssystem eingegangen.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die bisherigen Arbeiten auf diesem Gebiet in folgende zwei Kategorien eingeteilt werden können:

- Systeme, die das Vertrauen direkt für die jeweilige Situation bestimmen, siehe zum Beispiel [Mau96]
- Systeme, die das Vertrauen für die jeweilige Situation basierend auf Reputationswerten ermitteln, siehe zum Beispiel [Zach00] oder [Yu02]

Wie groß das Vertrauen des jeweiligen Gegenübers eingeschätzt wird ist in der letzten Kategorie zum Teil von dessen Reputation, aber auch von den eigenen bisherigen Erfahrungen abhängig. Somit wird in einigen Verfahren die Reputation der Teilnehmer modelliert, um auf Grundlage dieser für die jeweilige Situation das Vertrauen des einzelnen Teilnehmers abzuleiten. Vertrauen und Reputation sind jedoch subjektive Erwartungen, die stark von den Erfahrungen der einzelnen Nutzer abhängig sind. Auch gehen die meisten Verfahren von einer gegenseitigen Bewertung der Beteiligten aus. Im in dieser Arbeit vorgeschlagenen Verfahren sind auf der einen Seite der Nutzer, der Daten erfasst hat, und auf der anderen Seite das System, welches die Daten auswertet, als Beteiligte zu sehen. Eine gegenseitige Bewertung der beiden Beteiligten ist in diesem Fall nicht sinnvoll, da nur ein einseitiger Informationsfluss vom Nutzer hin zum System stattfindet. Es wird deshalb eine automatische Bewertung des Nutzers hinsichtlich der gelieferten Daten aus Sicht des Systems durchgeführt, wodurch auf Seiten der Nutzer eine Reputationsbildung stattfindet. Basierend auf den Reputationswerten der Nutzer wird die Vertrauenswürdigkeit der aus den von den Nutzern erfassten Daten abgeleiteten Information bestimmt.

Da die Begrifflichkeiten im Bereich Vertrauen und Zuverlässigkeit in IT-Systemen unterschiedlich oder auch teilweise in englischer Sprache (z.B. trust) verwendet werden, sind im Folgenden die zwei Begriffe, die in der vorliegenden Arbeit in Zusammenhang mit diesem Konzept verwendet werden, separat definiert:

Vertrauenswürdigkeit der Information: Unter der Vertrauenswürdigkeit der Informationen wird ein Wert verstanden, der Aussagen erlaubt, inwieweit einer aus von verschiedenen Nutzern gelieferten Daten abgeleiteten Information vertraut werden kann. Im sozialen Umfeld wird dies auch mit dem Begriff Vertrauen beschrieben. Zu beachten ist, dass dies nicht die geometrische Genauigkeit von Messungen und Berechnungsverfahren einschließt.

Reputation der Nutzer: Die Reputation eines Nutzers ist ein Wert der als Grundlage zur Beurteilung der Vertrauenswürdigkeit der Informationen verwendet wird. Sie ist ein Indikator dafür in wieweit die Informationen, die dieser Nutzer liefert, als richtig (vertrauenswürdig) eingestuft werden kann.

Im Folgenden werden Anforderungen an Bewertungsverfahren, wie sie in verschiedenen Anwendungsgebieten vorausgesetzt werden, zusammengefasst. So ist nach Marsh ([Mar94]) für ein Bewertungsverfahren Folgendes zu berücksichtigen:

- Das bisherige Verhalten des Nutzers. Dies entspricht einer zeitlichen Abhängigkeit (t).
- Der Situation in der das Vertrauen berechnet werden soll (α)
- Den beiden beteiligten Nutzern x und y

Marsh ([Mar94]) unterscheidet in seiner Arbeit die in Tabelle 22 zusammengefassten verschiedene Arten von Vertrauen (Trust), die jeweils verschiedene der oben genannten Parameter berücksichtigen.

Beschreibung	Darstellung
Basic Trust	T_x^t
General Trust	$T_x(y)^t$
Situational Trust	$T_x(y, \alpha)^t$

Tabelle 22: Verschiedene Arten von Vertrauen, nach [Mar94])

Diese noch sehr allgemein gehaltenen Anforderungen sind zum Beispiel auch in der Arbeit von Zacharia ([Zach00] zu finden. Die dort aufgestellten Voraussetzungen sind jedoch im Gegensatz zu denen nach Marsh ([Mar94]) umfassender.

Basierend auf den Betrachtungen zu den Konzepten des Vertrauens und der Reputation zeigt sich, dass bei der in der vorliegenden Arbeit angestrebten Bestimmung der Zuverlässigkeit der Information eine Reihe von Anforderungen zu berücksichtigen sind. Hierzu gehören neben den oben beschriebenen allgemeinen Parametern für Bewertungsverfahren die im Folgenden beschrieben:

- a) Die Möglichkeit falsche Transaktionen durchzuführen, um eine gute Bewertung zu erreichen, sollte verhindert werden.
- b) Jeder Nutzer sollte im gleichen Maße die Reputation steigern können, d.h. der Reputationsmechanismus muss auf einem positiven Reputationsystem basieren.
- c) Vertrauen ist Kontext-/Situationsabhängigkeit.
- d) Neue Nutzer beginnen mit einem minimalen Wert für ihre Reputation, die sich während ihrer Aktivitäten im System erhöht.
- e) Der Wert für die Reputation eines Nutzers fällt nie unter den eines neuen Nutzers.
- f) Nach jeder Transaktion wird der Wert der Reputation der beteiligten Nutzer durch die Rückmeldungen der beteiligten Parteien aktualisiert.
- g) Zwei Nutzer dürfen jeweils nur eine Bewertung für den anderen abgeben. Sollte es zu mehreren Transaktionen zwischen zwei Nutzern kommen, wird jeweils nur die letzte Bewertung betrachtet
- h) Die Veränderung der Reputation von Nutzern mit einem sehr hohen Reputationswert fällt deutlich geringer aus, als die von Nutzern mit einer niedrigen Reputation.
- i) In der Berechnung der Reputation eines Nutzers sollten die neusten Bewertungen ein höheres Gewicht haben als vergangene Bewertungen, um sich an Veränderungen des Verhaltens eines Nutzers anzupassen.
- j) Die Reputation der Nutzer ist durch einen maximal erreichbaren Wert begrenzt. Ist dies nicht der Fall, steht keine Referenz zur Verfügung um die momentane Reputation eines Nutzers einzuschätzen.

Im Weiteren der Arbeit wird der im folgenden Abschnitt erläuterte Sporas Algorithmus zur Modellierung der Reputation der Nutzer verwendet.

2.2.1 Sporas Algorithmus

In diesem Abschnitt wird der so genannte Sporas Algorithmus, wie er zur Modellierung der Reputation von Nutzern in lose verbundenen online Gemeinschaften verwendet wird, kurz vorgestellt. Dieser wurde gewählt, da er eingebunden in das gesamte Bewertungsverfahren dazu beiträgt, die im vorherigen Abschnitt aufgestellten Anforderungen zu erfüllen. In Abschnitt 3.4 (Seite 90) ist das in dieser Arbeit verwendeten Bewertungsverfahren näher erläutert. Weiterhin wird dort ein Vergleich des verwendeten Bewertungsverfahrens mit einem einfacheren Bewertungsverfahren, dem so genannten „Zählverfahren“, an Hand der oben aufgestellten Anforderungen mit durchgeführt. Auf Basis des im Folgenden erläuterten Sporas Algorithmus wird die Reputation der Nutzer für den vorliegenden Anwendungsfall modelliert (siehe Abschnitt 3.4, Seite 90) und berechnet. Für den vorliegenden Anwendungsfall werden einige Anpassungen vorgenommen, die separat in Abschnitt 3.4.1 (Seite 93) erläutert sind.

Mit dem Sporas Algorithmus lässt sich die neue Reputation R_i eines Nutzers basierend auf der momentanen Reputation des bewertenden Nutzers R_i^{other} , sowie der erhaltenen Bewertung W_i berechnen. Des Weiteren stehen Parameter (σ, θ, D) , die eine Steuerung des Verhaltens des Sporas Algorithmus erlauben, zur Verfügung (siehe Gleichung 2). Hierdurch wird die Reputation eines Nutzers unter Berücksichtigung der Reputation des Bewertenden, sowie einer von diesem gegebenen Bewertung, für die jeweilige Situation neu berechnet.

$$R_i = R_{i-1} + \frac{1}{\theta} \cdot \Phi(R_{i-1}) \cdot R_i^{other} \cdot (W_i - E_i(R_{i-1}))$$

$$\Phi(R_{i-1}) = 1 - \frac{1}{1 + e^{\frac{R_{i-1} - D}{\sigma}}}$$

$$E_i = \frac{R_{i-1}}{D}$$

D	....	Maximal erreichbare Reputation
W_i	....	Bewertung des momentanen Vorgangs, [0,1;1] \cong [schlecht; sehr gut]
R_{i-1}	....	Momentane Reputation, ohne Bewertung des momentanen Vorgangs
R_i^{other}	....	Momentane Reputation des Bewertenden
E_i	....	Erwartungswert der Bewertung [0,1;1]
θ	....	Anzahl der zurückliegenden Bewertungen die berücksichtigt werden
σ	....	Beschleunigungsfaktor der Dumpingfunktion
$\Phi(R_{i-1})$	....	Dumpingfunktion

Gleichung 2: Gleichungen zur Berechnung der Reputation nach Sporas (nach [Zach99], [Zach00])

Ausgehend von Gleichung 2 lässt sich der minimal Wert für die Reputation (R_0), wie in Gleichung 3 dargestellt, berechnen. Dieser Wert für die Reputation wird zu keinem Zeitpunkt von einem Nutzer unterschritten und entspricht dem Wert der Reputation eines neuen Nutzers, der noch keine Bewertung erhalten hat.

$$R_0 = D \cdot 0.1$$

Gleichung 3: Berechnung von R_0 für Sporas

Ausgehend von der maximal erreichbaren Reputation D und der minimalen Reputation lässt sich der durch Gleichung 4 ausgedrückte Wertebereich der Reputation angeben. Von einer

Normierung der Reputation auf den Wertebereich [0;1] wird in dieser Arbeit abgesehen, da Änderungen der Reputation sonst in vielen Fällen erst in den hinteren Nachkommastellen sichtbar werden würden.

$$R_0 \leq R_i^{(other)} \leq D$$

Gleichung 4: Zulässiger Wertebereich für die Reputation eines Nutzers

Abbildung 26 zeigt exemplarisch die Entwicklung der Reputation eines neuen Nutzer über 100 positive Bewertungen hinweg. Der neue Nutzer beginnt mit der minimalen Reputation $R_0=100$, während die Reputation des Bewertenden R_i^{other} zufällig im zulässige Bereich (siehe Gleichung 4) gewählt wurde. Klar zu erkennen ist die unterschiedliche Zunahme der Reputation abhängig von der momentanen Reputation des Nutzers und der Reputation des Bewertenden. Weiterhin ist die Annäherung der Reputation an den vorgegebenen maximalen Wert (D) mit zunehmender Anzahl an positiven Bewertungen deutlich sichtbar.

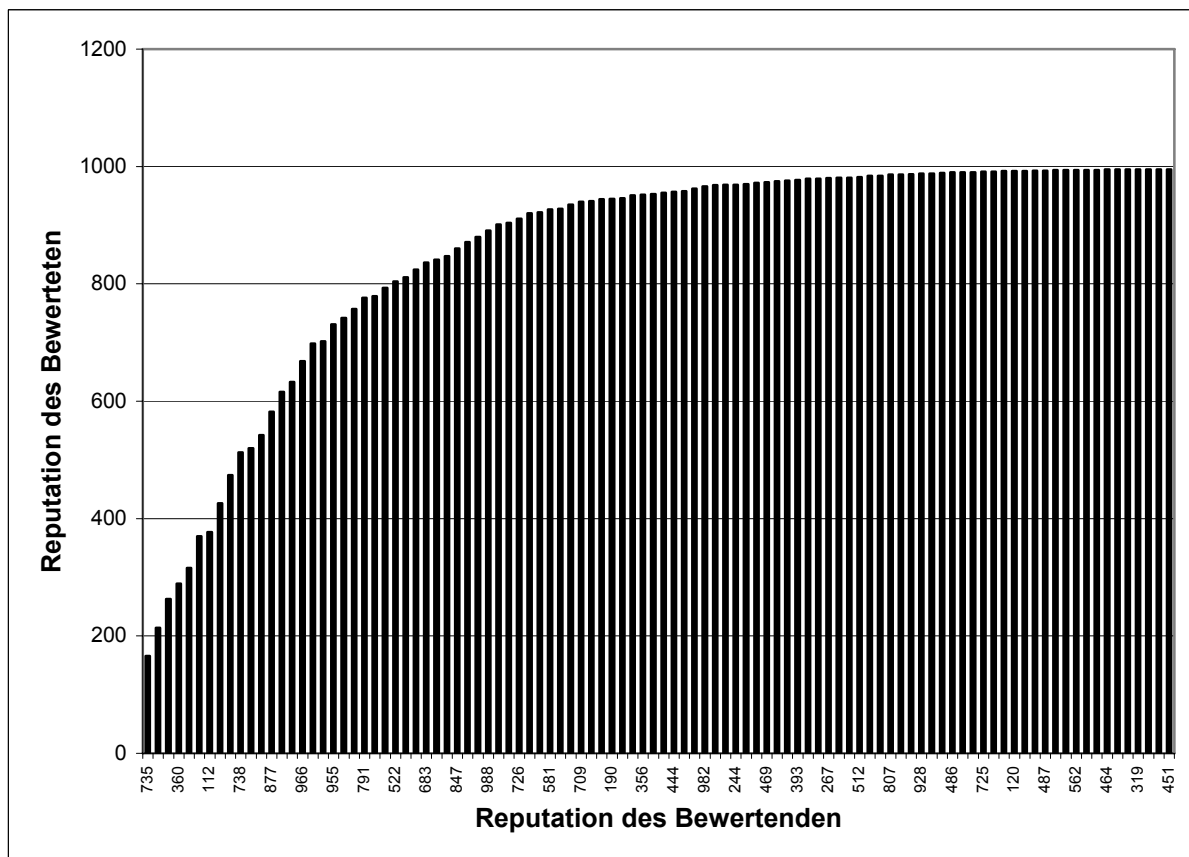


Abbildung 26: Entwicklung der Reputation eines neuen Nutzer über 100 positive Bewertungen, berechnet nach Sporas ($R_0=100$, $D=1000$, $W_1=1$)

In Abbildung 27 ist der Verlauf der Reputation eines Nutzers über zunächst 50 zufällige Bewertungen (grüner Bereich) und darauf folgend über 25 negative Bewertungen (roter Bereich) dargestellt. Die Reputation des bewertenden Nutzers wurde für jede Bewertung zufällig im dafür gültigen Bereich (siehe Gleichung 4) berechnet. Deutlich ist der Rückgang der Reputation des Nutzers bereits nach wenigen negativen Bewertungen zu erkennen.

Weitere Information zum Sporas Algorithmus findet sich in der Literatur, wie zum Beispiel in [Zach00] oder [Zach99]. Dort wird auch detailliert auf die einzelnen Parameter die zur Steuerung des Algorithmus verwendet werden können, eingegangen. Ein Überblick zu anderen Verfahren zur Modellierung der Reputation oder des Vertrauens sind im Grundlagenkapitel in Abschnitt 2.2 (Seite 57) zu finden.

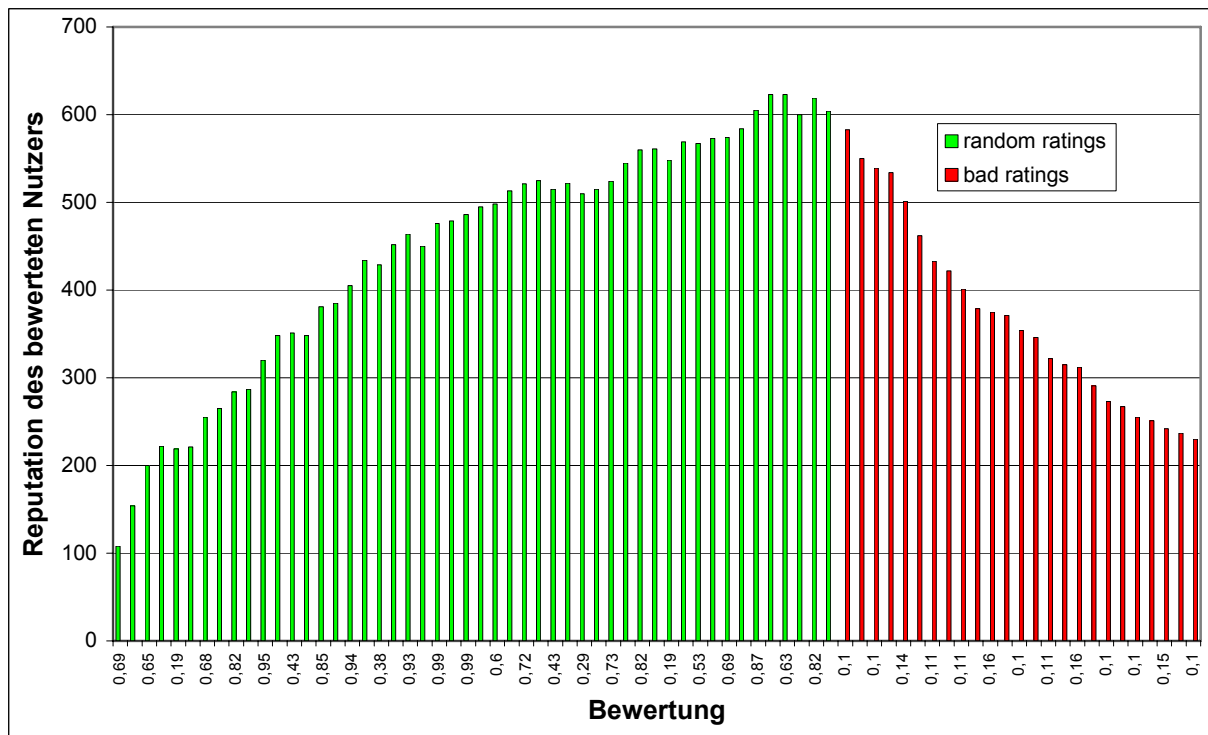


Abbildung 27: Entwicklung der Reputation eines Nutzers über 50 zufällige Bewertungen (grüner Bereich) und 25 negative Bewertungen (roter Bereich), berechnet nach Sporas ($R_0=100$, $D=1000$)

2.3 Geometrische Verarbeitung von Polylinien

Die Anwendung des in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Verfahrens auf den verwendeten Anwendungsfall (Erfassung von Wanderwegen) erfordert die Berechnung einer Polylinie, die zum Beispiel zwei von Nutzern erfasste gleiche Wanderwege repräsentiert (siehe Abschnitt 3.3, Seite 79). Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über Bereiche in denen sich ähnliche Problemstellungen ergeben und die dort verwendeten Verfahren gegeben.

Einer dieser Bereiche, in dem intensiv mit verschiedensten geometrischen Objekten gearbeitet wird, ist die automatische kartografische Generalisierung. Diese unterteilt sich in semantische und die geometrische Generalisierung. Erstere ist eng in Zusammenhang mit den Prozessen der Klassifizierung und Aggregation zu sehen, hat jedoch keinen geometrischen Bezug und wird im Weiteren nicht näher betrachtet. Die in der geometrischen Generalisierung verwendeten Operatoren lassen sich wie in Abbildung 28 unterteilen (siehe [Shea91], [ESRI96]).





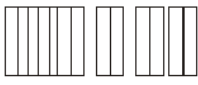
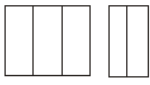
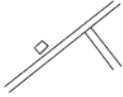







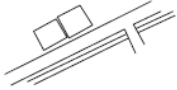

	→		Elimination
	→		Reduction
	→		Typification
	→		Exaggeration
	→		Enhancement
	→		Collapse
	→		Amalgamation
	→		Displacement

Abbildung 28: Geometrische Operatoren zur Kartengeneralisierung

Von den in Abbildung 28 gezeigten Operatoren sind die Algorithmen, die beim so genannten „Collapse“ Anwendung finden, für den vorliegenden Anwendungsfall von besonderem Interesse. Diese werden meistens bei der Generalisierung oder der Bildung der Mittelachse von Straßen angewendet. Zahlreiche Veröffentlichungen beschäftigen sich mit dieser Thematik, wobei verschiedene Verfahren angewendet werden. So wird zum Beispiel in [vKr98] ein Verfahren zur Generalisierung von Straßen, repräsentiert durch linke und rechte Begrenzungslinie, vorgestellt. Dieses Verfahren ähnelt auf den ersten Blick der geometrischen Problemstellung in dieser Arbeit. Jedoch unterscheiden sich die Ausgangsvoraussetzungen sowie die Anforderungen an das Ergebnis. Andere Ansätze verwenden (siehe zum Beispiel [Pet04], [vPoor02]) hingegen eine Delaunay Triangulation zwischen den Ausgangslinien, um zum Beispiel die Mittelachse einer Straße zu berechnen. Andere Verfahren ([Hau04]) verwenden so genannte „Straight Skeletons“, sowohl zur Bildung von Straßenmittelachsen als auch zur automatischen Generalisierung von Flächen. Auch Snakes werden zur Mittelachsenbildung von Straßen verwendet. Untersuchungen hierzu finden sich zum Beispiel in [Bad00].

Ein wesentlicher Unterschied der in der Generalisierung verwendeten Verfahren zum dem in dieser Arbeit angewendeten Algorithmus zur geometrischen Verarbeitung der von den Nutzern gelieferten Daten liegt in der geometrischen Ausprägung der Eingangsdaten. Abbildung 29 zeigt ein Beispiel für Eingangsdaten (a) wie sie in der Generalisierung vorliegen, sowie (b) für die in dieser Arbeit verwendeten Eingangsdaten. Klar zu erkennen ist, dass sich bei der Straßengeneralisierung die beiden Ausgangslinien nie überschneiden, während Überschneidungen der Ausgangslinien im Falle der von Nutzern erfassten Wanderwege die Regel sind. Zurückzuführen ist dies auf die verschiedenen Abhängigkeiten der beiden Ausgangslinien. Im Falle der Straßengeneralisierung repräsentieren die beiden

Ausgangslinien die linke und rechte Kante einer Straße, die sich offensichtlich nie überschneiden sollten. Auf Grund dieser Bedingung können diese als stark voneinander abhängig angesehen werden. Im Falle der Wanderwege liegt keine solche Abhängigkeit vor, da die beiden Ausgangslinien von verschiedenen Nutzern unabhängig voneinander erfasst werden.

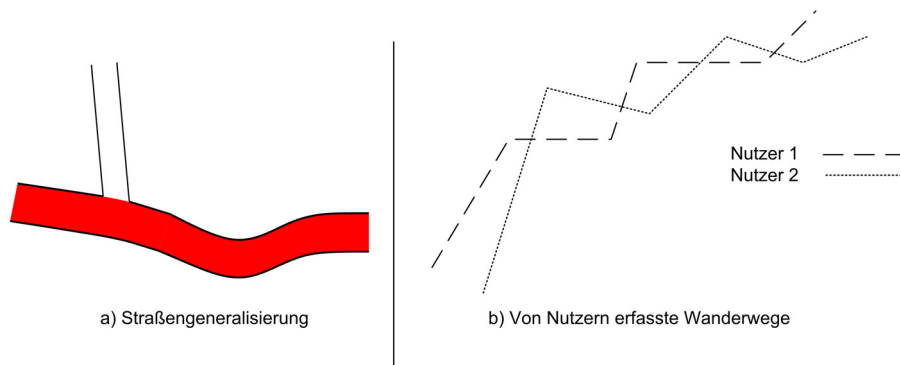


Abbildung 29: Vergleich der Eingangsdaten zur Straßengeneralisierung sowie der von Nutzern erfassten Wanderwege

Da die geometrische Verarbeitung der von den Nutzern erfassten Wanderwege nur ein Teil des in der vorliegenden Arbeit betrachteten gesamten Verfahrens darstellt wurde hierfür der in Abschnitt 3.3 (Seite 79) beschriebene, an den vorliegenden Anwendungsfall angepasste, auf Lotlinien basierende Ansatz gewählt.

3 Erfassung und Aktualisierung von Wanderwegen

In diesem Kapitel wird ein Verfahren zur Einbindung der Nutzer in die Erfassung und Aktualisierung von Daten im Rahmen für den in Kapitel 1.2 beschriebenen konkreten Anwendungsfall näher untersucht. Im Speziellen sollen die Nutzer eines LBS für Bergwanderer und Bergsteiger in die Aktualisierung und Erfassung der Wanderwege eingebunden werden. Gerade hier erweist sich eine Einbindung der Nutzer als sinnvoll, da die Erfassung und ständige Aktualisierung eines Wanderwegenetzes als topologisch verknüpfter Vektordatensatz eine zeit- und kostenintensive Aufgabe darstellt. Das Netzwerk der Wanderwege kann zwar auf Basis bestehender Wanderkarten oder Luftbilder digitalisiert werden, allerdings sind diese Karten auf Grund langer Fortführungszyklen nicht immer aktuell und enthalten, besonders in abgelegenen Gebieten, oft auch Fehler. Eine Neuerfassung aus Satellitenbildern gestaltet sich für große Gebiete ebenfalls schwierig, da selbst in hochauflösenden Satellitenbildern Wanderwege nur schwer zu erkennen sind. Dies liegt zum Teil an deren Auflösung, an mangelnden Kontrastunterschieden zwischen den Wegen und der Umgebung, aber auch an Abdeckung durch Vegetation. Eine Befliegung zur Erstellung von Luftbildern oder der Kauf derselbigen dagegen würde zwar die nötige Auflösung bieten, hat jedoch zwei Nachteile. Zum einen können Wanderwege oder Pfadspuren in Waldgebieten analog zu den Satellitenbildern nur schwer bestimmt werden, zum anderen ist eine Befliegung sehr teuer. Es erscheint somit sinnvoll die Nutzer in die Erfassung der Wanderwege einzubinden.

Bereits Mitte der 90er Jahre wurde GPS zur Aufzeichnung der menschlichen Bewegungsmuster genutzt, um aus den gewonnenen Daten Erkenntnisse über das Mobilitätsverhalten zu gewinnen. Ziel dieser in den USA durchgeführten Untersuchungen war es, mehr über das Nutzungsverhalten der in Haushalten vorhandenen Autos zu erhalten. Anfangs wurden hierzu Haushalte ausgewählt, die bereit waren, ein entsprechendes analoges Tagebuch zu führen. Anfang der 90iger wurde hierfür ein möglicher Einsatz neuer Technologien auf Basis von GPS und PDAs (Personal Digital Assistants) untersucht, um Fehlangaben zu den einzelnen Fahrten, zum Beispiel Streckenlänge, Dauer, Streckenverlauf oder Durchschnittsgeschwindigkeit, durch weitgehend automatische Erfassung zu vermeiden. Eine der ersten Studien hierzu ist die von Wagner et al. [Wag97]. Zahlreiche weitere Studien haben sich mit diesem Thema befasst, so dass der Einsatz dieser Technologien heutzutage ein gängiges Verfahren in diesem Bereich darstellen (siehe zum Beispiel [Pie03]). Neuere Ansätze erweitern die Kombination Tagebuch und GPS um weitere automatisch zu erfassende Kenngrößen, wie Fahrzeug- und Motorparameter [Gue99].

3.1 Voraussetzungen

Für das hier vorgestellte Verfahren zur Einbindung von Nutzern in die Erfassung und Aktualisierung von Wanderwegen werden die im Folgenden näher beschriebenen und diskutierten Voraussetzungen gemacht:

1. Die Geometrie der Wege wird in Form von Polylinien, d.h. durch eine Gerade miteinander verbundene Punkte, beschrieben. Dies gilt sowohl für die Wege, die in der Datenbank geführt werden als auch für die durch die Nutzer gelieferten Routen. Eine komplexere Darstellung der Geometrie, zum Beispiel in Form von Splines oder ähnlichem ist nicht notwendig, da sowohl für ein Routing als auch für die spätere Führung des Nutzer entlang dieser eine Polylinie ausreichend ist. Ein Unterschied zwischen den Routen der Nutzer und den Wegen in der Datenbank besteht darin, dass die Wege in der Datenbank ein topologisches Netz bilden, wobei ein Weg stets zwischen zwei Knoten verlaufen kann. Eine Route dagegen stellt eine vom Nutzer zurückgelegte Strecke dar und kann somit über mehrere Knoten hinwegführen. Eine Route stellt somit eine Aneinanderreihung von Wegen dar.

2. Zu jedem von einem Nutzer gelieferten Datensatz, in Form einer Polylinie, ist der Erfasser der Daten dem System bekannt. Eine komplett anonyme Abgabe von Daten wird nicht zugelassen, da sich sonst das beschriebene Konzept der Vertrauenswürdigkeit bzw. Reputation der Nutzer nicht anwenden lässt. Es wird vorausgesetzt, dass jeder gelieferte Weg eindeutig einem Nutzer zugeordnet werden kann.
3. Die Messgenauigkeiten der Geräte, die die Nutzer zur Erfassung ihrer Routen verwenden, liegen in der gleichen Genauigkeitsklasse. Es wird vorausgesetzt, dass die Nutzer handelsübliche low-cost GPS Empfänger mit ungefähr der gleichen Genauigkeit verwenden. Ein Vergleich der mit low-cost Empfängern erreichbaren Genauigkeiten mit denen bei der Digitalisierung aus Wanderkarten zeigt, dass beide in der ungefähr gleichen Größenordnung (ca. 10m - ca. 25m) liegen. Somit können die beiden aus unterschiedlichen Quellen stammenden Informationen auch relativ problemlos integriert werden. Bei den praktischen Tests der positionsbezogenen Dienste in PARAMOUNT hat sich gezeigt, dass diese Genauigkeit vollkommen ausreichend ist.

3.2 Verfahrensablauf

Abbildung 30 zeigt ein Beispiel wie die von Nutzern erfassten Wanderrouten, im weiteren als Routen bezeichnet, auf einer topographischen Karte dargestellt aussehen können. In diesem Beispiel sind Teilstücke der Routen zu erkennen, die von nur einem Nutzer, von zwei oder auch drei Nutzern geliefert wurden. Ausgehend von dem in Abschnitt 1.1 (Seite 2) formulierten Grundgedanken des hier untersuchten Verfahrens gilt es somit Abschnitte zu finden, die von mehreren Nutzern gegangen wurden. Anschließend wird für diese Abschnitte die Vertrauenswürdigkeit bestimmt. Diese fließt im Weiteren in den Entscheidungsprozess ein, welche Abschnitte als Kandidaten zur Übernahme in die Kerndatenbank in Betracht kommen.

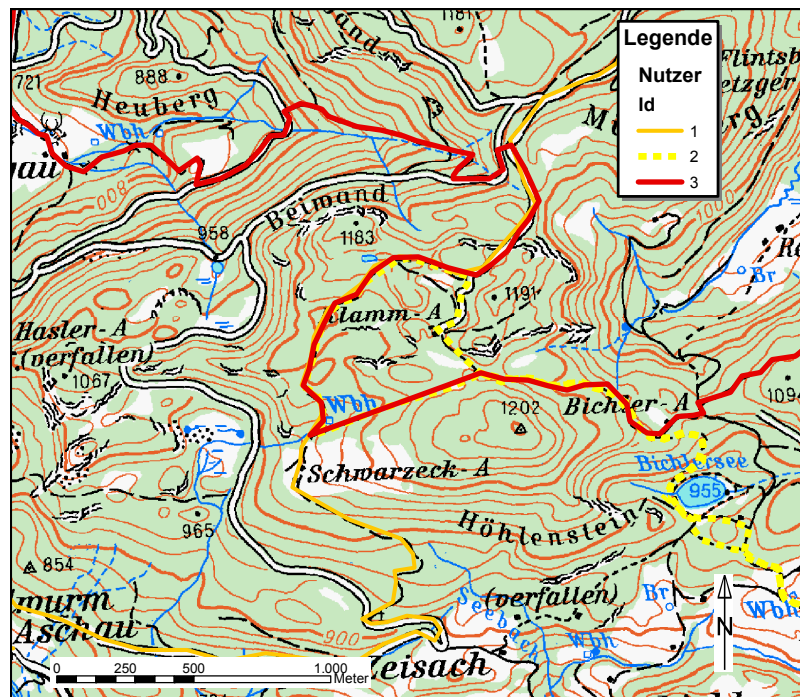


Abbildung 30: Exemplarische Darstellung von durch Nutzer erfasste Routen, dargestellt mit topographischer Karte als Hintergrund

3.2.1 Erfassung und Vorverarbeitung der Routen

Bevor mit der Auswertung der von den Nutzern erfassten Routen im zweiten Teil des Verfahrens begonnen werden kann, muss die Erfassung der Routen durch die Nutzer sowie deren Vorverarbeitung durchgeführt werden. Hierzu sind im *ersten Verfahrensteil* die folgenden vier Schritte vorgesehen:

3.2.1.1 Erfassung des Verlaufs der Routen durch die Nutzer

Im *ersten Schritt* erfolgt die Erfassung der Routen durch die Nutzer im Felde. Für den weiteren Ablauf spielt es keine Rolle, ob es sich um die vollständige Wanderoute, zum Beispiel eines ganzen Tages, oder nur um Teile einer solchen, die zum Beispiel vom Nutzer als relevant erachtet werden, handelt. Die Position des Nutzers wird während der Wanderung mittels GPS bestimmt und gespeichert. Wird von einer mittleren Bewegungsgeschwindigkeit eines Wanderers von 2m/s - 4m/s (~5-10 km/h) ausgegangen, empfiehlt es sich, eine Aufzeichnungsrate im Bereich von 1Hz-0,25Hz zu verwenden. Vorausgesetzt, die Positionsbestimmung durch GPS ist frei von groben Fehlern, wird hierdurch die geometrische Ausprägung der aufgezeichneten Routen für den hier beschriebenen Anwendungsfall hinreichend genau wiedergegeben. Die periodische Aufzeichnung der Positionen kann zum einen in einer Logdatei erfolgen, zum anderen kann die jeweilige Position direkt online an einen zentralen Server, der die durch die Nutzer erfassten Daten sammelt, übermittelt werden.

Zu beachten ist, dass die Erfassung der Routen durch die Nutzer mit den üblichen innerhalb des LBS verwendeten Hardwarekomponenten durchgeführt werden kann. Während der Routenerfassung sind von den Nutzern keine besonderen Einschränkungen zu berücksichtigen, da die Aufzeichnung der Position durch diese nicht direkt beeinflusst werden kann. Die Nutzer sollten lediglich darauf achten, dass die vorgesehenen Wanderwege benutzt werden, d.h. zum Beispiel es sollen keine Abkürzungen querfeldein verwendet werden.

3.2.1.2 Übertragung an den Server

Nach der Erfassung einer aus Nutzersicht relevanten Route wird die Logdatei an einen zentralen Server zur weiteren Verarbeitung übermittelt. Wichtig ist hierbei, dass der Ursprung der Datei, d.h. der Nutzer, der diese Daten erfasst und übermittelt hat, bekannt ist. Hierbei spielt es für das Verfahren keine Rolle, ob die eigentliche Übertragung der Logdatei an den Server sofort nach Abschluss der Aufzeichnung oder zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt. Im Bereich der IT existieren verschiedene Technologien die eine zuverlässige und sichere Übermittlung gewährleisten. Auf diese wird jedoch hier nicht weiter eingegangen, da diese für die weiteren Betrachtungen im Rahmen des vorliegenden Verfahrens nicht von Belang sind.

3.2.1.3 Vorverarbeitung der übermittelten Routen

Nach der Übertragung der von einem Nutzer aufgezeichneten Route wird eine Vorverarbeitung der einzelnen Route durchgeführt. Ziel ist es, die Daten von groben Fehlern zu befreien. Hierzu gehören vor allem Fehler in der Positionierung, wie sie zum Beispiel durch eine ungenügende Anzahl an Satelliten oder Mehrwegeeffekte hervorgerufen werden können. Des Weiteren sollte durch Anwendung geeigneter Algorithmen die Anzahl der aufgezeichneten Punkte reduziert werden. Hierzu kann zum Beispiel das Verfahren nach Douglas-Peucker verwendet werden. Durch eine entsprechende Wahl eines geeigneten Intervalls, innerhalb dessen generalisiert wird, lässt sich für die hier beschriebene Anwendung der geometrische Verlauf der erfassten Routen erhalten, während dennoch eine deutliche Reduzierung der Punktdichte erreicht werden kann. Untersuchungen hierzu wurden zum Beispiel in [Gei02] durchgeführt. Die wesentlichen Vorteile liegen zum einen

im reduzierten Speicherplatzbedarf für die so verarbeiteten Routen, zum anderen wird der Rechen- und Zeitaufwand bei der Auswertung aller von den Nutzern erfassten Routen verkleinert.

Abbildung 31 zeigt fünf von verschiedenen Nutzern gelieferte Routen, die einer Vorverarbeitung unterzogen wurden.

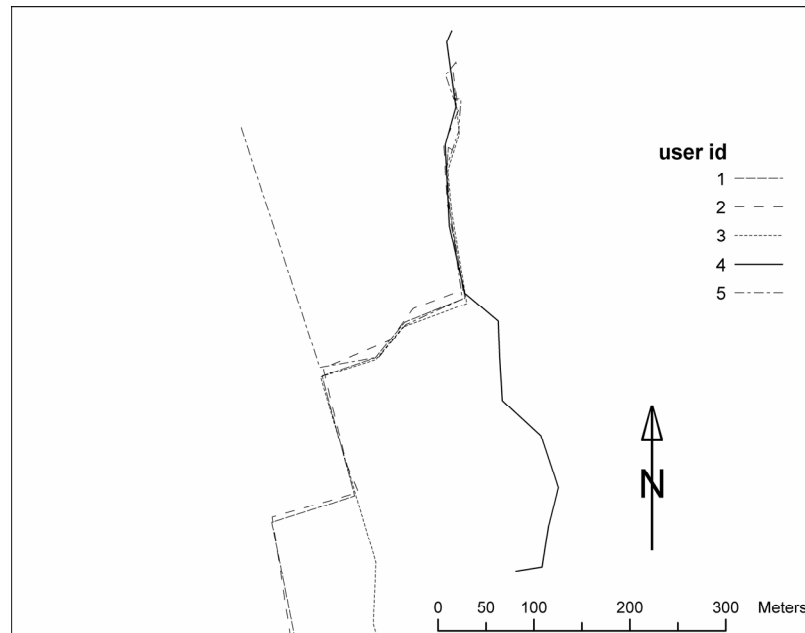


Abbildung 31: 5 von Nutzern gegangene Routen mit übereinstimmenden Teilstücken

Abschließend müssen aus der von einem Nutzer erfassten Route alle bereits in der Kerndatenbank enthaltenen Routenteile entfernt und somit nicht weiter verarbeitet werden, so dass nur noch diejenigen Teile der Routen, die noch nicht in der Kerndatenbank enthalten sind, übrig bleiben. Hierzu kann zum Beispiel der geometrische Algorithmus, der im ersten Schritt des zweiten Verfahrensteil (siehe Abschnitt 3.2.2.1, Seite 71) beschrieben wird, angewendet werden. Die hier gemachte Einschränkung resultiert aus der Anwendung der in Abschnitt 2.2 (Seite 57) aufgestellten Anforderung a) „Verhinderung falscher Transaktionen zur Steigerung der Reputation“ an Bewertungsverfahren. Hierdurch wird verhindert, dass zum Beispiel ein „böswilliger“ Nutzer seine Reputation durch die Erfassung bereits in der Kerndatenbank enthaltener Routenteile steigert, um danach bewusst falsche Routen mit einer hohen Reputation erfassen zu können.

3.2.1.4 Zwischenspeicherung der Routen

Nach der Vorverarbeitung der Daten müssen diese in der dafür vorgesehenen Datenbank zur Zwischenspeicherung aller von den Nutzern erfassten Routen abgelegt werden. Diese Datenbank enthält alle für den zweiten Teil des Verfahrens benötigten Eingangsdaten.

3.2.2 Auswertung und Bewertung der Routen

Ausgehend von dem in Abschnitt 1.1 (Seite 3) formulierten Grundgedanken des vorgestellten Verfahrens werden im Folgenden die durchzuführenden Schritte, die zur Bestimmung der Abschnitte von den durch die Nutzer erfassten Routen, die als Kandidaten für die Aktualisierung der Kerndatenbank herangezogen werden können, erläutert. Hierbei wird der Fokus auf den gesamten Verfahrensablauf gelegt. Einzelne spezielle Verfahren und Algorithmen, die in den im Folgenden beschriebenen Schritten Anwendung finden, sind

separat in den Abschnitten 3.3 und 3.4 beschrieben. Die Anwendung dieses zweiten Verfahrensteils ist in Kapitel 4 (Seite 99) in Form eines Fallbeispiels dargestellt.

Als Eingangsdaten für den vorliegenden *zweiten Verfahrensteil* stehen zum einen die durch den ersten Verfahrensteil (Abschnitt 3.2.1, Seite 69) erfassten Daten zur Verfügung. Zum anderen kommen auch bereits aus dem zweiten Verfahrensteil stammende Daten als Eingangsdaten in Frage. Hierbei wird vorausgesetzt, dass die durch die Nutzer erfassten Routen neben den bereits in Abschnitt 3.2.1 (Seite 69) genannten Voraussetzungen frei von groben Fehlern in der Geometrie sind (siehe dritter Schritt des ersten Verfahrensteils). Die zur Verfügung stehenden und den genannten Bedingungen genügenden Eingangsdaten werden im zweiten Verfahrensteil durch die im Folgenden beschriebenen drei Schritte verarbeitet. Hierbei ist zu beachten, dass nur von unterschiedlichen Nutzern erfasste Daten als Eingangsdaten zugelassen werden.

3.2.2.1 Schritt 1: Bestimmung gleicher Abschnitte und Berechnung des resultierenden Abschnitts

Ziel des *ersten Schritts* ist es, aus allen verfügbaren Eingangsdaten Abschnitte, im Folgenden auch Teilstücke genannt, zu bestimmen, die gleiche Wegstücke darstellen. Abbildung 32 zeigt beispielhaft, wie zwei durch den ersten Teil des Verfahrens erfasste Routen aussehen könnten. Obwohl die beiden Routen gleiche Teilstücke aufweisen, werden diese nie exakt übereinstimmen. Beeinflusst wird dies im Wesentlichen durch folgende zwei Faktoren:

- GPS-Positionierungsgenauigkeit (siehe Abschnitt 2.1.4.3, Seite 27)
- Unterschiedliche Bewegung des Nutzers, d.h. selbst wenn zwei Nutzer auf demselben Weg laufen, werden ihre Trajektorien nicht exakt übereinstimmen.

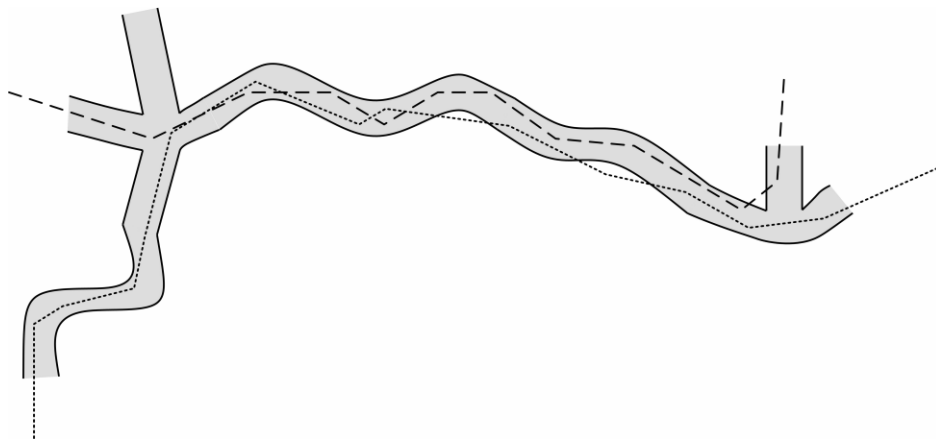


Abbildung 32: Beispielhafte Darstellung zweier von Nutzern erfassten Routen (gepunktet, gestrichelt), die graue Fläche stellt exemplarisch ein reales Wegenetz dar

Basierend auf einem geometrischen Vergleich der Eingangsdaten, gilt es nun innerhalb einer durch die beiden soeben beschriebenen Einflussfaktoren bestimmten Toleranzgrenze, Teilstücke zu identifizieren, die als „gleich“ angesehen werden können.

Werden keine solchen Teilstücke gefunden wird der dritte Schritt dieses Verfahrensteils durchgeführt (siehe Abbildung 36, Seite 78). Sind Abschnitte vorhanden, die innerhalb der definierten Toleranzgrenze als „gleich“ angesehen werden, wird aus diesen ein einziger abgeleitet, der die beiden Abschnitte repräsentiert. Abbildung 33 zeigt zwei als „gleich“ identifizierte Abschnitte der von zwei Nutzern gelieferten Routen, wie sie in Abbildung 32 exemplarisch dargestellt sind. Durch eine Art Mittelbildung der beiden Abschnitte (Gewichtung 1:1) wird der in Abbildung 33 dargestellte neu berechnete Abschnitt, im Folgenden auch als resultierender Abschnitt bezeichnet, berechnet. Das hier angewendete

Verfahren wird separat in Abschnitt 3.3 (Seite 79) beschrieben. Dieser verläuft exakt zwischen den beiden Teilstücken der von den Nutzern gelieferten Routen.

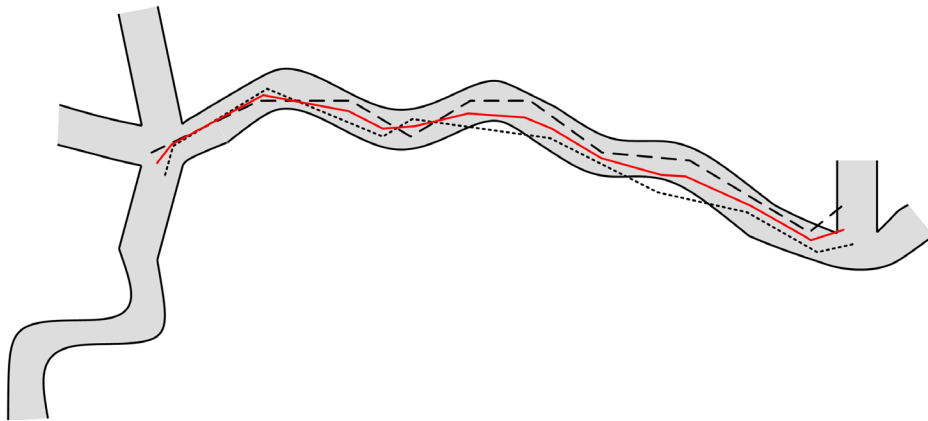


Abbildung 33: Zwei als „gleich“ identifizierte Abschnitte (gepunktet, gestrichelt) und resultierender neu berechneter Abschnitt (rot durchgezogen)

Verbleibende Teilstücke der Eingangsdaten, für die kein „gleicher“ Abschnitt eines anderen Datensatzes der Eingangsdaten gefunden werden konnte, stehen weiterhin als Eingangsdaten für den sich wiederholenden zweiten Verfahrensteil zur Verfügung. Sie bleiben weiterhin den Nutzern, durch die sie erfasst wurden, zugeordnet. Abbildung 34 zeigt diese verbleibenden Teilstücke für die im vorliegenden Abschnitt verwendeten Beispieldaten.

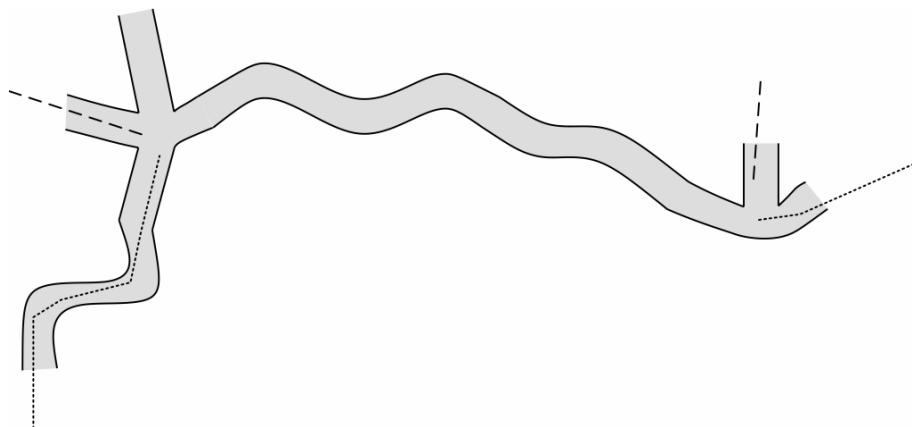


Abbildung 34: Verbleibende Teile der Routen, die nicht als „gleiche“ Abschnitte identifiziert wurden

Die beiden Abschnitte die zur Berechnung des resultierenden Abschnitts verwendet wurden (siehe Abbildung 33), werden in der Datenbank mit den von den Nutzern gelieferten Routen als bearbeitet markiert und stehen somit nicht mehr als mögliche Eingangsdaten für den zweiten Verfahrensteil zur Verfügung.

Einzelheiten zu dem in diesem Schritt verwendeten geometrischen Algorithmus zur Bestimmung „gleicher Abschnitte“ und deren Verarbeitung sind gesondert in Abschnitt 3.3 (Seite 79) zu finden. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der hier beschriebene erste Schritt nicht nur auf die Routen der Nutzer, sondern auch auf die bereits in einem vorherigen Durchlauf des zweiten Verfahrensteils berechneten „neuen“ (resultierenden) Abschnitte angewendet werden kann. Hierzu werden diese wie von den Nutzern erfasste Routen behandelt werden, so dass als Eingangsdaten für diesen Schritt folgende Kombinationen möglich sind:

- Route – Route
- Route – neu berechneter Abschnitt (resultierender Abschnitt)
- Neu berechneter Abschnitt- neu berechneter Abschnitt (resultierender Abschnitt)

Die oben genannten Kombinationen ergeben sich zum Beispiel aus unterschiedlichen Erfassungszeitpunkten der Routen durch die Nutzer, sowie die zu bestimmten Zeitpunkten durchgeführte Bestimmung der gleichen Abschnitte.

3.2.2.2 Schritt 2: Bewertung der resultierenden Abschnitte

Ziel des *zweiten Schritts* ist es, die Vertrauenswürdigkeit der neu berechneten Abschnitte, wie sie im ersten Schritt des zweiten Verfahrensteils aus zwei als „gleich“ befundenen Teilstücken abgeleitet wurden, zu bestimmen. Diese Vertrauenswürdigkeit τ dient im Folgenden als Indikator, an Hand dessen die neu berechneten Abschnitte, die zur Übernahme in die Kerndatenbank in Betracht kommen, bestimmt werden sollen. Wichtig an dieser Stelle ist, dass neu berechnete Abschnitte, die auf Grund des zugehörigen τ Werts noch nicht als Kandidat für die Kerndatenbank angesehen werden, weiterhin wie die von Nutzern erfassten Routen behandelt werden. Diese stehen somit dem zweiten mehrfach durchlaufenen Verfahrensteil als Eingangsdaten zur Verfügung (siehe auch Schritt 3 im zweiten Verfahrensteil).

Innerhalb des vorgestellten Verfahrens sind verschiedenste Ansätze zur Modellierung der Vertrauenswürdigkeit möglich. Ziel ist es die Vertrauenswürdigkeit durch den numerischen Wert τ auszudrücken. Im Folgenden werden zwei dieser Möglichkeiten diskutiert.

3.2.2.2.1 Berechnung der Vertrauenswürdigkeit mittels einfachem Zählverfahren

Eine Möglichkeit ist es dem in Kapitel 1 (Seite 3) formulierten Grundgedanken des Verfahrens strikt zu folgen und die Anzahl der Nutzer zu zählen, die zu einem „neuen“ Abschnitt beigetragen haben. Da im ersten Schritt des zweiten Verfahrensteils (*Bestimmung gleicher Abschnitte und Berechnung des resultierenden Abschnitts*) die Routen immer paarweise verarbeitet werden, berechnet sich die Vertrauenswürdigkeit τ_{neu} (engl. trust) für einen neu berechneten Abschnitt mit dem hier beschriebenen Ansatz, der im weiteren als „Zählverfahren“ bezeichnet wird, wie folgt:

$$\tau_{neu} = \tau_1 + \tau_2$$

mit $\tau_i = 1$, für von Nutzern neu erfasste Route i
 $\tau_i \geq 2$, für bereits neu berechneten Abschnitt i
 $i \in \{1;2\}$

Gleichung 5: Berechnung der Vertrauenswürdigkeit (Zählverfahren)

Die zwei Werte für die Vertrauenswürdigkeit (τ_1 , bzw. τ_2) der beiden Eingangsdaten (1, 2) werden zu dem neuen Wert τ_{neu} , der Vertrauenswürdigkeit des neu berechneten Abschnitts addiert. Handelt es sich bei den Eingangsdaten um direkt von Nutzern gelieferte Daten (Routen) erhalten diese den Wert 1 für die Vertrauenswürdigkeit. Für bereits in einem früheren Durchlauf des zweiten Verfahrensteils neu berechnete Abschnitte wird als Vertrauenswürdigkeit (τ_1 , bzw. τ_2) jeweils der bereits für diesen berechnete Wert verwendet.

In diesem einfachen „Zählverfahren“ spiegelt die Vertrauenswürdigkeit direkt die Anzahl der Nutzer, die durch den geometrischen Algorithmus im ersten Schritt dieses Verfahrensteils als gleich identifizierten Wegstück zu einem neu berechneten Abschnitt beigetragen haben, wieder. Ein Möglichkeit zur Bestimmung, welche der neu berechneten Abschnitte zur Übernahme in die Kerndatenbank in Frage kommen, ist es, eine Mindestanzahl an Nutzern festzulegen, die einen gleichen Abschnitt geliefert haben müssen. Dieser Ansatz nutzt jedoch eine Information, die zur Verfügung steht, nicht aus. Neben den

durch die Nutzer erfassten Daten ist zusätzlich noch die Quelle der Daten, sprich der Nutzer, der diese erfasst hat, bekannt. Diese Information kann ebenfalls in die Bewertung der neu berechneten Abschnitte einbezogen werden. Deshalb wird in der vorliegenden Arbeit der folgende Ansatz gewählt.

3.2.2.2.2 Berechnung der Vertrauenswürdigkeit unter Berücksichtigung der Reputation der Nutzer

Eine Bewertung von Informationen hinsichtlich ihrer Vertrauenswürdigkeit auf Grund der Quelle der Information durchzuführen, ist ein Konzept, welches dem sozialen Umfeld entstammt. Wie in Abschnitt 2.2 (Seite 57) erläutert wird versucht dieses Konzept in IT-Systeme zu übertragen. Um dieses auf den hier behandelten Anwendungsfall zu übertragen, wird das einfache Zählverfahren um das Konzept der Vertrauenswürdigkeit erweitert. Es wird die somit Möglichkeit geschaffen, die Quelle, aus der die erfassten Daten stammen, als zusätzliche Information in den Bewertungsablauf und somit auch in den Indikator τ für die Vertrauenswürdigkeit einfließen zu lassen. Dies wird in dem hier vorgestellten Verfahren durch die Einführung einer Reputation r für jeden einzelnen Nutzer, der an der Erfassung von Wanderwegen beteiligt ist, erreicht. Die Reputation eines Nutzers steigt mit der Anzahl der gelieferten Wanderwege, von denen Teilstücke zur Berechnung eines neuen Abschnitts verwendet wurden. Sie wird dann bei der Bewertung der neu berechneten Abschnitte berücksichtigt und fließt so direkt in die Bestimmung der Vertrauenswürdigkeit eines neu berechneten Abschnitts ein.

Die Reputation der Nutzer kann auf verschiedene Arten modelliert werden. So kann zum Beispiel ein einfaches „Zählverfahren“, ähnlich dem vorher für die neu berechneten Abschnitte beschriebenen, verwendet werden. Die Reputation der Nutzer wird durch die Summe aller neu berechneten Abschnitte zu denen ein Nutzer beigetragen hat ausgedrückt und kann wie in Gleichung 6 dargestellt berechnet werden. Die Reputation eines Nutzers steigt in diesem Fall mit jedem von diesem erfassten und verarbeiteten Teilstück jeweils um eins.

$$r^i = r^{i-1} + 1$$

Gleichung 6: Berechnung der Reputation eines Nutzers
mittels eines einfachen „Zählverfahrens“

Aus dem Bereich der Informationstechnologien existieren verschiedene andere komplexere Verfahren dies zu modellieren, die einige wesentliche Vorteile gegenüber dem einfachen Zählverfahren bieten. Einen Überblick über diese verschiedenen Verfahren, deren Ziele, Vorteile und Besonderheiten wird in Abschnitt 2.2 (Seite 57) gegeben. Für die weiteren Betrachtungen innerhalb des Bewertungsverfahrens wird an dieser Stelle der Arbeit vorausgesetzt, dass für jeden Nutzer ein numerischer Wert vorhanden ist, der den hier beschriebenen Anforderungen als Indikator für die Reputation des Nutzers genügt. Untersuchungen zur Anwendbarkeit zweier verschiedener Verfahren zur Modellierung der Reputation auf den vorliegenden Anwendungsfall sowie Tests mit einem ausgewählten Verfahren finden sich separat in Abschnitt 3.4 (Seite 90).

Zur Berechnung der Vertrauenswürdigkeit unter Berücksichtigung der Reputation der Nutzer (r_1, r_2) wird Gleichung 5 wie folgt angepasst:

$$\tau_{neu} = \tau_1 + \tau_2$$

mit $\tau_1 = r_1$ und $\tau_2 = r_2$, für von Nutzern neu erfasste Routen

Gleichung 7: Berechnung der Vertrauenswürdigkeit unter
Berücksichtigung der Reputation der Nutzer

Der Indikator τ_{neu} für die Vertrauenswürdigkeit eines neu berechneten Abschnitts setzt sich unter Berücksichtigung der eben eingeführten Reputation für die Nutzer (r_1, r_2) wie in

Gleichung 7 dargestellt zusammen. Je nach Art der Eingangsdaten, von Nutzern erfasste Routen oder bereits neu berechnete Abschnitte, können folgende Kombinationen bei der Bestimmung der Vertrauenswürdigkeit auftreten:

- a) Route – Route: $\tau_{neu} = r_1 + r_2$

Im vorliegenden Fall werden zwei von Nutzern erfasste Routen als Eingangsdaten verwendet. Die Vertrauenswürdigkeit des neu berechneten Abschnitts ermittelt sich hier aus den Reputationen der Nutzer (r_1, r_2) zum Zeitpunkt der Erfassung der beiden Wegstücke auf Basis derer der neue Abschnitt berechnet wird.

- b) Route – neu berechneter Abschnitt: $\tau_{neu} = r_1 + \tau_2$

Ein weiterer separat zu betrachtender Fall bei der Berechnung der Vertrauenswürdigkeit liegt bei einer Kombination der Eingangsdaten aus einer von einem Nutzer erfassten Route und einem bereits in einem vorherigen Iterationsschritt neu berechneten Abschnitt (a_1) vor. Die Vertrauenswürdigkeit (τ_{neu}) des in diesem Iterationsschritt berechneten Abschnitts wird aus der Summe der Reputation des Nutzers (r_1) sowie der Vertrauenswürdigkeit (τ_2) des eingehenden Abschnitts a_1 bestimmt.

- c) Neu berechneter Abschnitt- neu berechneter Abschnitt: $\tau_{neu} = \tau_1 + \tau_2$

Im letzten zu unterscheidenden Fall setzen sich die Eingangsdaten aus zwei in vorherigen Iterationsschritten neu berechneten Abschnitten (a_1, a_2) zusammen. Die Vertrauenswürdigkeit des neuen Abschnitts berechnet sich aus der Summe der beiden Zuverlässigkeiten (τ_1, τ_2) der Eingangsdatensätze a_1 und a_2 .

Zusammenfassend berechnet sich die Vertrauenswürdigkeit eines Abschnitts mit dem vorgestellten Ansatz aus der Summe aller Reputationen der Nutzer, die zu dessen Berechnung beigetragen haben. Die Kombinationen b und c kommen erst während der Iterationsschritte des zweiten Verfahrensteils zum Tragen. Das Fallbeispiel in Kapitel 4 (Seite 99) zeigt die praktische Anwendung des vorgestellten Ansatzes zur Berechnung der Vertrauenswürdigkeit der neu berechneten Abschnitte unter Berücksichtigung der Reputation der Nutzer.

Abschließend werden die neu berechneten Abschnitte in die Datenbank mit den Eingangsdaten für den zweiten Verfahrensteil eingefügt und stehen dort, wie die von den Nutzern erfassten Routen/Wegstücke, zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung. Zu beachten ist, dass nach Abschluss dieses Schritts nicht der dritte Schritt durchgeführt wird, sondern der erste wiederholt durchlaufen wird (siehe Abbildung 36, Seite 78). Die Notwendigkeit hierfür beruht im Wesentlichen auf Anforderungen, die sich aus der Modellierung der Reputation der Nutzer ergeben (siehe Abschnitt 3.4, Seite 90).

3.2.2.3 Schritt 3: Bestimmung der Kandidaten zur Aktualisierung der Kerndatenbank

Dieser Schritt wird nur durchgeführt, falls im ersten Schritt keine „gleichen Abschnitte“ auf Grund des geometrischen Vergleiches gefunden werden. Die Notwendigkeit hierfür liegt darin, dass das vorgestellte Verfahren jeweils nur zwei Eingangsdatensätze im ersten und zweiten Schritt verarbeitet. Wird der dritte Schritt erst durchgeführt nachdem keine „gleichen Abschnitte“ mehr gefunden werden, wird sichergestellt, dass alle bereits zum Zeitpunkt der Verarbeitung vorhandenen Datensätze, die gleiche Wegstücke enthalten, berücksichtigt werden. Wichtig ist dies in Zusammenhang mit der Einführung der Reputation der Nutzer. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Reputation aller Nutzer, die bis zum Zeitpunkt der Auswertung den „gleichen Abschnitt“ (Teilstück) innerhalb einer erfassten Routen geliefert haben, steigt.

Unter Verwendung der im zweiten Schritt des zweiten Verfahrensteils bestimmten Vertrauenswürdigkeit τ der neu berechneten Abschnitte wird in diesem Schritt die Entscheidung getroffen, ob ein Abschnitt zur Übernahme in die Kerndatenbank vorgeschlagen werden sollte. Hierzu werden die Vertrauenswürdigkeiten der einzelnen neu berechneten Abschnitte mit einem Schwellwert s verglichen. Erreicht oder überschreitet τ den Schwellwert s wird der jeweilige Abschnitt als Kandidat zur Übernahme in die Kerndatenbank betrachtet. Wird diese Bedingung nicht erfüllt, verbleibt dieser Abschnitt in der Datenbank mit den Eingangsdaten für den zweiten Verfahrensteil. Dort stehen diese im nächsten Durchlauf des zweiten Verfahrensteils wieder zur Verfügung und können mit einem weiteren Teil einer Route oder Abschnitts einen resultierenden Abschnitt bilden. Da dessen Vertrauenswürdigkeit auf Grund des Bewertungsverfahrens höher ist als die der Eingangsdaten (wie im 2. Schritt des zweiten Verfahrensteils beschrieben, siehe Gleichung 7, Seite 74), überschreitet dieser dann eventuell bei einem erneuten Durchlauf des dritten Schritts dieses Verfahrensteils den festgelegten Schwellwert s und kommt dann als Kandidat für die Übernahme in die Kerndatenbank in Betracht.

Innerhalb dieses Schritts wird ein Vergleich zwischen zwei Parametern durchgeführt, der Vertrauenswürdigkeit τ und dem Schwellwert s . Während τ ein eindeutiger Wert, der im zweiten Schritt dieses Verfahrensteils bestimmt wurde, ist, handelt es sich bei s um einen vorzugebenden Vergleichswert. Es gibt verschiedene Möglichkeiten einen Wert für s vorzugeben. Da die Bestimmung der Vertrauenswürdigkeit direkt von der Reputation der Nutzer abhängt, muss bei der Bestimmung von s auch der Algorithmus, durch den die Reputation der Nutzer modelliert wird, berücksichtigt werden. Eine Diskussion, wie der Schwellwert s für den in dieser Arbeit verwendeten Algorithmus der Reputation festgelegt werden kann, findet sich separat in Abschnitt 3.4.2 (Seite 95).

3.2.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigt Abbildung 35 das Ablaufdiagramm des ersten Teils des Verfahrens zur Einbindung der Nutzer in die Erfassung von Routen. Die so von mehreren Nutzern erfassten, übermittelten und vorverarbeiteten Routen bilden die Grundlage für den zweiten Teil des untersuchten Verfahrens.

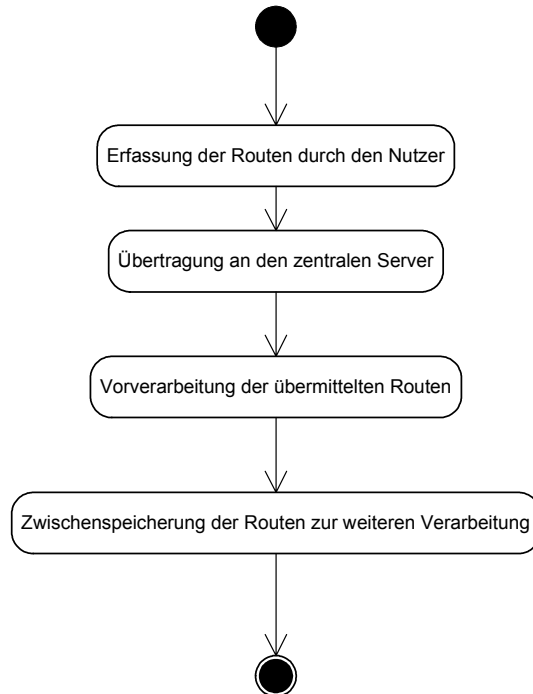


Abbildung 35: Ablaufdiagramm des ersten Teils des Verfahrens zur Einbindung der Nutzer in die Erfassung von Routen

Abbildung 36 zeigt zusammenfassend den Ablauf des zweiten Verfahrensteils mit den drei durchzuführenden Schritten. Im gesamten Ablauf wurden bereits Anforderungen, die sich aus der Einführung einer Reputation für die Nutzer ergeben, berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.4, Seite 90). Hierzu gehören zum Beispiel:

- Die Möglichkeit aller Nutzer ihre Reputation zu steigern sollte weitgehend gleich sein. Alle zu einem Zeitpunkt gelieferten Routen müssen deshalb berücksichtigt werden. Dies wird durch Iteration über den 1. und 2. Schritt des zweiten Verfahrensteils erreicht.
- Die Möglichkeit, sich eine gute Reputation zu erschleichen, sollte soweit wie möglich ausgeschlossen werden. Deshalb werden von den durch die Nutzer erfassten Routen, nur die Teile, die noch nicht in der Kerndatenbank enthalten sind, als Eingangsdaten für den zweiten Verfahrensteil zugelassen. Hierdurch wird ausgeschlossen, dass ein Nutzer zum Beispiel anfangs durch mehrfache Erfassung bereits in der Kerndatenbank enthaltener Wegstücke eine hohe Reputation erreicht. Hierdurch wird verhindert, dass ein zu einem späteren Zeitpunkt von diesem Nutzer erfasste Route, die nicht in der Kerndatenbank enthalten ist, eine hohe Vertrauenswürdigkeit zugewiesen bekommt.

Die beiden eben genannten Beispiele zeigen noch einmal deutlich die Kontextabhängigkeit des Konzepts der Reputation auf. Im vorliegenden Anwendungsfall bezieht sich die Reputation auf von einem Nutzer erfasste Routen, die zumindest in Teilstücken, im Rahmen der im zweiten Verfahrensteil verwendeten Toleranzgrenze, mit den Teilstücken anderer Nutzer übereinstimmen und noch nicht in der Kerndatenbank enthalten sind.

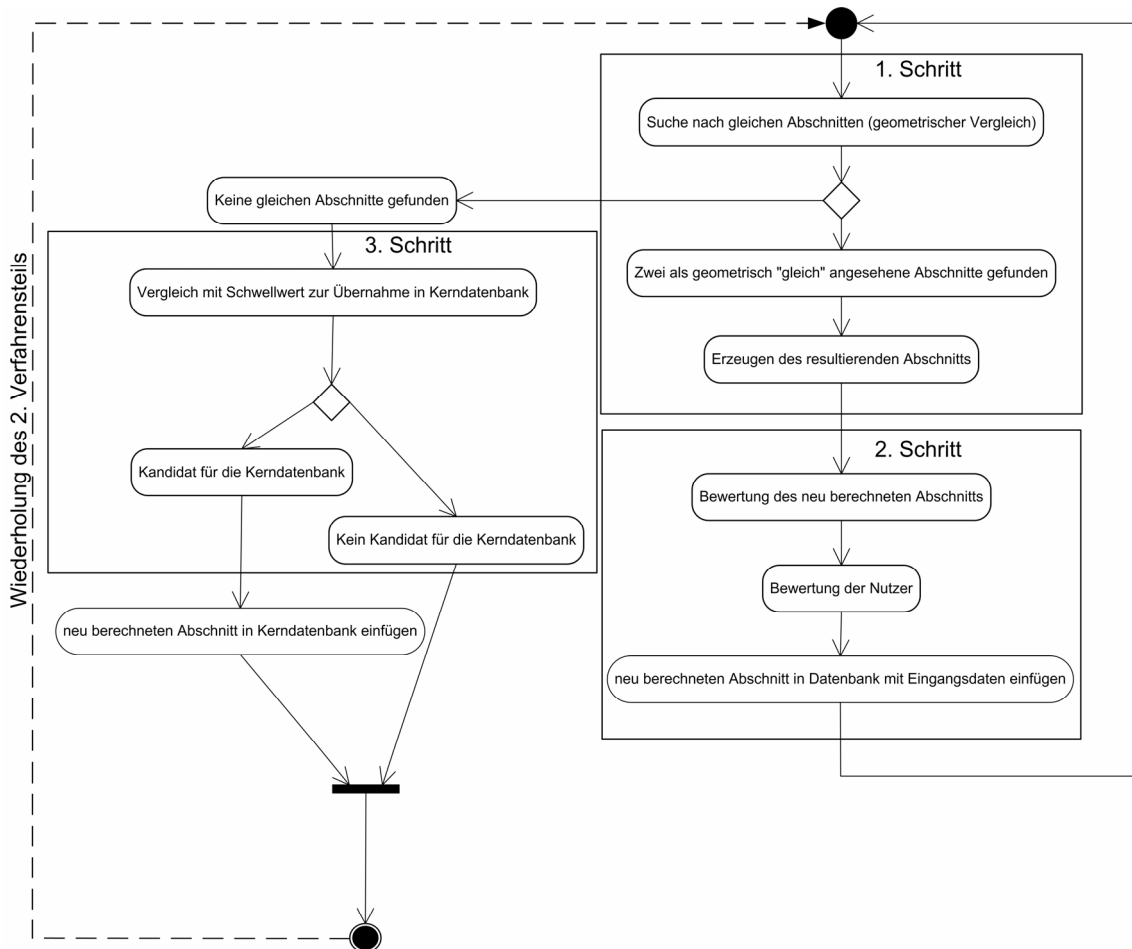


Abbildung 36: Ablaufdiagramm des zweiten Teils des Verfahrens zur Einbindung der Nutzer in die Erfassung von Routen

Das in Abbildung 36 gezeigte Einfügen der neu berechneten Abschnitte, die als Kandidaten für die Kerndatenbank in Frage kommen, ist nicht mehr Bestandteil der im weiteren dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen, wurde jedoch zur Vervollständigung in das Ablaufdiagramm aufgenommen. Das Verfahren bearbeitet jeweils nur zwei Eingangsdatensätze, die geometrisch als „gleiche Teilstücke“ identifiziert wurden. Dies resultiert aus dem Algorithmus, der die geometrische Berechnung des neuen Abschnitts durchführt (siehe Abschnitt 3.3, Seite 79). Durch die Wiederholung des zweiten Verfahrensteils bis zur vollständigen Abarbeitung aller als „gleich“ identifizierten Teilstücke werden sukzessive alle Eingangsdaten, die nach dem geometrischen Algorithmus „gleiche Teilstücke“ aufweisen, zu einem neuen Abschnitt verschmolzen. Die Iterationsschritte über die ersten beiden Schritte des zweiten Verfahrensteils bieten den Vorteil, dass somit auch das zeitlich gestaffelte Eintreffen der von den Nutzern erfassten Route berücksichtigt wird. Im Anhang A finden sich die in den beiden Verfahrensteilen verwendeten Datenmodelle.

Im den folgenden Abschnitten werden zwei Teilaspekte des zweiten Verfahrensteils, die geometrische Verarbeitung der Eingangsdaten sowie die Modellierung der Reputation der Nutzer, näher untersucht. Abschließend wird in Kapitel 4 (Seite 99) der Ablauf des gesamten zweiten Verfahrensteils an einem konkreten Fallbeispiel erläutert.

3.3 Verarbeitung der Geometrie

Im Folgenden werden zwei aufeinander aufbauende Verfahren zur geometrischen Verarbeitung der Wanderwege beschrieben. Das erste erlaubt es innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs als „gleich“ anzusehende Teilstücke der Routen oder Wanderwege zu identifizieren. Das zweite berechnet aus den im ersten Verfahren als „gleich“ identifizierten Teilstücken einen neuen Abschnitt. Sowohl die von den Nutzern erfassten Routen, die neu berechneten Abschnitte als auch die bereits in der Kerndatenbank enthaltenen Wanderwege werden im Folgenden, aus rein geometrischer Sicht, als Polylinien betrachtet.

3.3.1 Bestimmung gleicher Teilstücke

Innerhalb des in dieser Arbeit vorgeschlagenen Verfahrensablaufs sind in folgenden zwei Fällen gleiche Abschnitte bzw. Teilstücke von Polylinien innerhalb zweier Datensätze zu bestimmen:

- a) Erster Verfahrensteil, 3. Schritt *Vorverarbeitung der übermittelten Routen* (Abschnitt 3.2.1.3, Seite 69): Zur Bestimmung gleicher Abschnitte in den von den Nutzern gelieferten Routen und den bereits in der Kerndatenbank enthaltenen (Vergleich der einzelnen Elemente innerhalb zweier Datensätze).
- b) Zweiter Verfahrensteil, 1. Schritt *Bestimmung gleicher Abschnitte und Berechnung des resultierenden Abschnitts* (Abschnitt 3.2.2.1, Seite 71): Zur Bestimmung gleicher Abschnitte in den von den Nutzern gelieferten Routen. Die Berechnung der neuen Abschnitte, auch als resultierende Abschnitte bezeichnet, wird separat in Abschnitt 3.3.2 behandelt (Vergleich der Elemente eines Datensatzes).

Das gesamte Verfahren zur Bestimmung gleicher Abschnitte beruht auf einem vorgegebenen Toleranzbereich d . Dieser gibt an, innerhalb welchen Abstands zueinander sich zwei Abschnitte befinden müssen, um als „gleich“ erkannt zu werden. Hierzu wird jeweils ein Kandidat aus der Datenbank entnommen und ein Vergleich mit allen verfügbaren Datensätzen durchgeführt. Je nach zu betrachtendem Fall (a oder b) lässt sich die Anzahl N der durchzuführenden Vergleiche für die beiden oben genannten Fälle mittels Gleichung 8 A, beziehungsweise B, berechnen.

$N = n \cdot m$ <p>n Anzahl der im ersten Datensatz enthaltenen Elemente</p> <p>m Anzahl der im zweiten Datensatz enthaltenen Elemente</p> <p style="text-align: center;">A) Fall a</p>		$N = \frac{n \cdot (n-1)}{2}$ <p>n Anzahl der im Datensatz enthaltenen Elemente</p> <p style="text-align: center;">B) Fall b</p>
---	--	--

Gleichung 8: Berechnung der Anzahl N der durchzuführenden Vergleiche

3.3.1.1 Vorauswahl potentieller Kandidaten

Je nach Anzahl der durchzuführenden Vergleiche (siehe Gleichung 8) empfiehlt es sich aus Performanzgründen, nicht für jeden Vergleich die gesamte in Abschnitt 3.3.1.2 (Seite 81) vorgeschlagene Berechnung durchzuführen. Vielmehr sollte eine Vorauswahl potentieller Kandidaten mittels geeigneter Verfahren, die einen geringeren Rechenaufwand erfordern, getroffen werden.

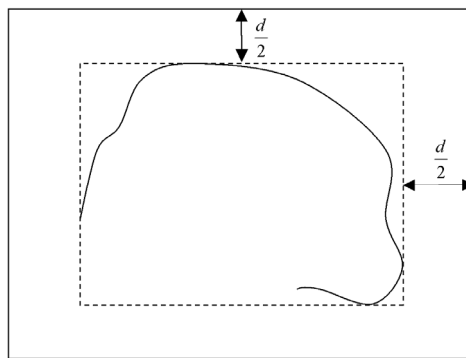


Abbildung 37: Vergrößertes minimal einschließendes Rechteck

Eine Möglichkeit hierzu ist die Verwendung eines um die Hälfte des Toleranzbereichs d vergrößerten minimal einschließenden Rechtecks, wie in Abbildung 37 zu sehen. Überlappen oder berühren sich Rechtecke eines einzelnen Datensatzes nicht mit anderen, ist es nicht notwendig diesen weiter zu betrachten. Nur Polylinien deren vergrößerte minimale Rechtecke sich berühren oder überlappen sind potentielle Kandidaten für den in Abschnitt 3.3.1.2 (Seite 81) beschriebenen Algorithmus. Abbildung 38 zeigt vier Eingangsdatensätze mit den zugehörigen vergrößerten minimal einschließenden Rechtecken. In dem dort gezeigten Beispiel ist zu erkennen, dass die im rechten Teil dargestellte Polylinie (durchgezogene Linie) von der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen werden kann, da es weder eine Berührung noch eine Überlappung mit einem anderen Rechteck gibt.

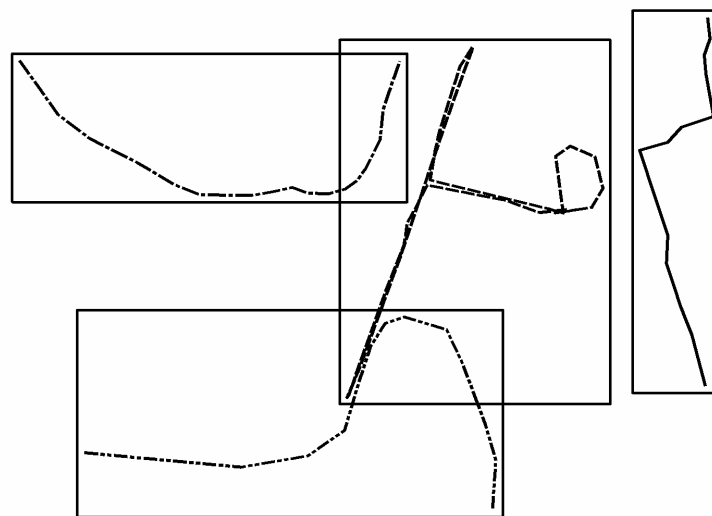


Abbildung 38: Vier Routen mit den zugehörigen vergrößerten minimal einschließenden Rechtecken

Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung von Pufferzonen um potentielle Kandidaten zu ermitteln (siehe Abbildung 39). Diese Methode erfordert im Vergleich zur Verwendung der erweiterten minimal einschließenden Rechtecke einen höheren Rechenaufwand bei der Bildung der Pufferzonen, liefert dafür jedoch bereits eine wesentlich bessere Auswahl, wie ein Vergleich zwischen Abbildung 38 und Abbildung 39 zeigt. So wird mit diesem Verfahren im hier verwendeten Beispiel die Route oben links nun, im Gegensatz zum in Abbildung 38 dargestellten Verfahren, nicht mehr als potentieller Kandidat betrachtet. In der vorliegenden Arbeit wird dieses Verfahren zur Bestimmung der potentiellen Kandidaten verwendet.

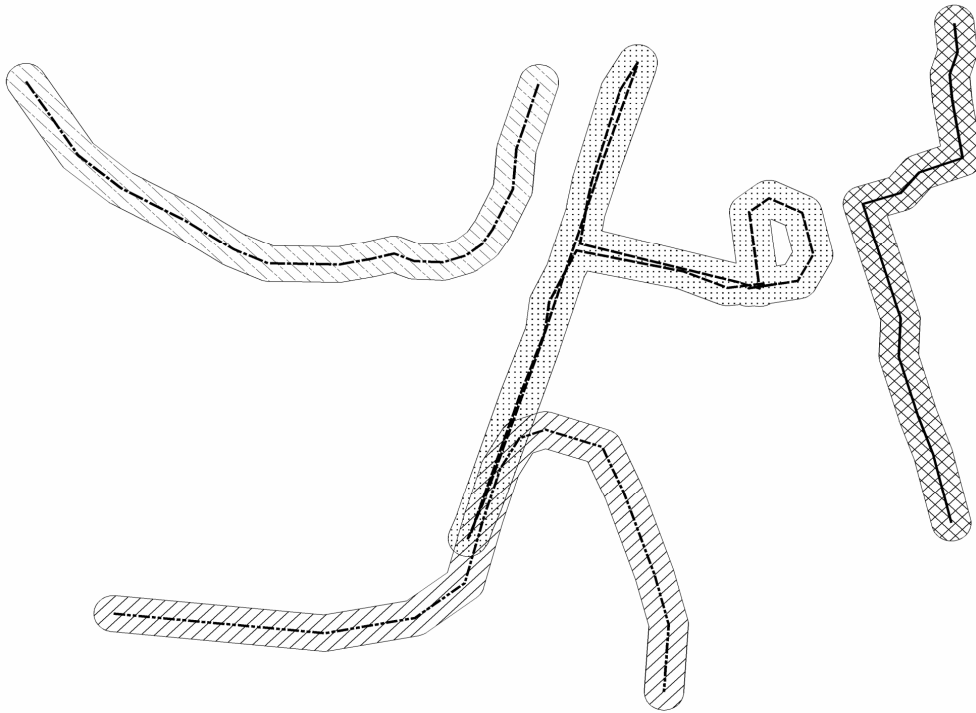


Abbildung 39: Pufferbildung um Element mit Toleranzbereich d

Da die Verwendung von Pufferzonen einen höheren Rechenaufwand erfordert als der Vergleich über die erweiterten minimal einschließenden Rechtecke, kann aus Gründen der Performanz auch bei der Verwendung von Pufferzonen zunächst eine Vorauswahl mit Hilfe der minimal einschließenden Rechtecke durchgeführt werden. Die endgültige Bestimmung der potentiellen Kandidaten sollte jedoch immer unter Verwendung der Pufferzonen erfolgen.

3.3.1.2 Berechnung gleicher Abschnitte

Im Folgenden wird ein Verfahren zur Bestimmung der innerhalb des definierten Toleranzbereichs d als gleich anzusehenden Abschnitte vorgestellt. Als Eingangsdaten dienen hier die durch das in Abschnitt 3.3.1.1 beschriebenen Verfahren ermittelten Kandidaten. Durch folgende Schritte werden die innerhalb des definierten Toleranzbereichs d als „gleich“ anzusehenden Abschnitte ermittelt. Hier wird zwingend vorausgesetzt, dass diese Abschnitte immer in zwei voneinander unabhängigen Polylinien gesucht werden. Dies schließt eine Bestimmung gleicher Abschnitte innerhalb derselben Polylinie aus. Die Bestimmung gleicher Abschnitte erfolgt durch folgende drei Schritte:

1. Bildung von Pufferzonen mit dem Toleranzbereich d um die Eingangsdaten. Abbildung 40 zeigt diese Pufferzonen für das hier verwendete Beispiel. Die Eingangsdaten bestehen im dort gezeigten Beispiel aus zwei Polylinien.

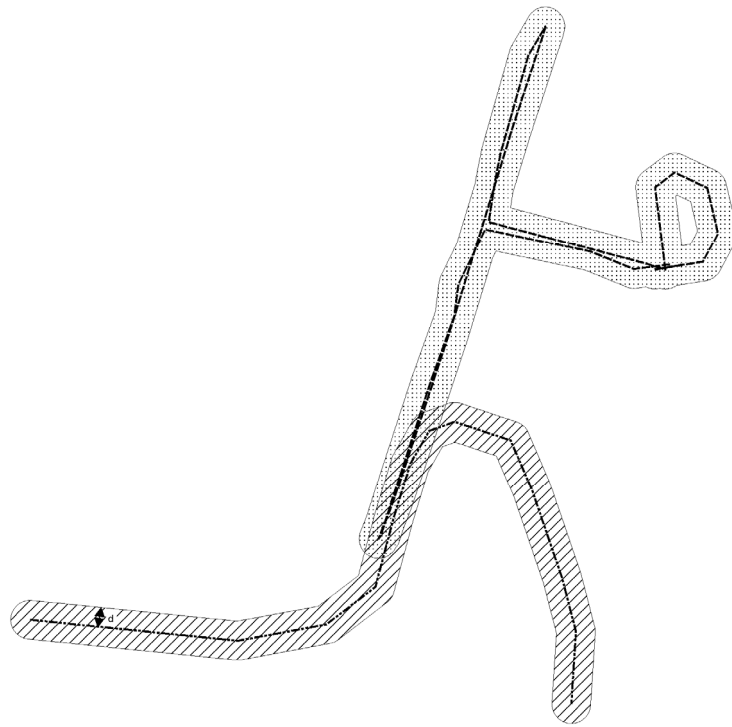


Abbildung 40: Pufferzonen um Kandidaten mit „gleichen“ Abschnitten

2. Um die beiden Polylinien in verschiedene Teilstücke, in solche die als „gleich“ definiert werden und diejenigen, die dieser Bedingung nicht genügen, zu zerlegen, werden die Schnittpunkte der einzelnen Polylinien mit den Rändern der Pufferzonen bestimmt. In Abbildung 41 sind für das in diesem Abschnitt verwendete Beispiel diese Schnittpunkte in Rot dargestellt. Diese Punkte werden in die jeweilige Polylinie eingefügt, um im dritten Schritt die Polylinien an diesen Stellen aufzutrennen.

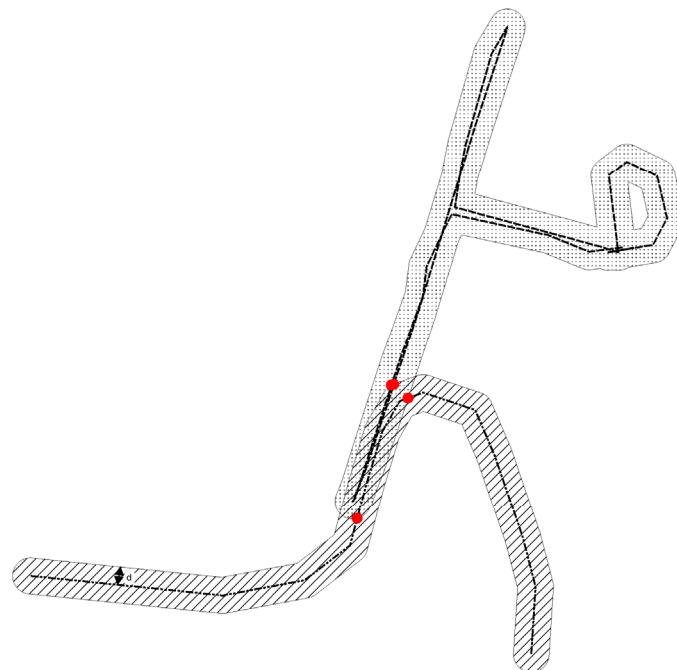


Abbildung 41: Pufferzonen mit Schnittpunkten (rot) der Polylinien

3. Im letzten Schritt werden die Polylinien in separate Datensätze aufgeteilt zum einen in solche, für die „gleiche“ Abschnitte ermittelt werden konnten, und zum anderen in die, die keinem entsprechenden Abschnitt der anderen Polylinien

zugeordnet werden konnten. Abbildung 41 zeigt diese Aufteilung für das hier verwendete Beispiel. Aus den ursprünglichen zwei Polylinien werden, wie in Abbildung 42 dargestellt, fünf unabhängige Polylinien. Zwei als „gleich“ ermittelte (in Blau dargestellt) sowie die drei rot markierten Polylinien für die keine entsprechenden Abschnitte (Teilstücke) der jeweils anderen Polylinie gefunden werden konnten.

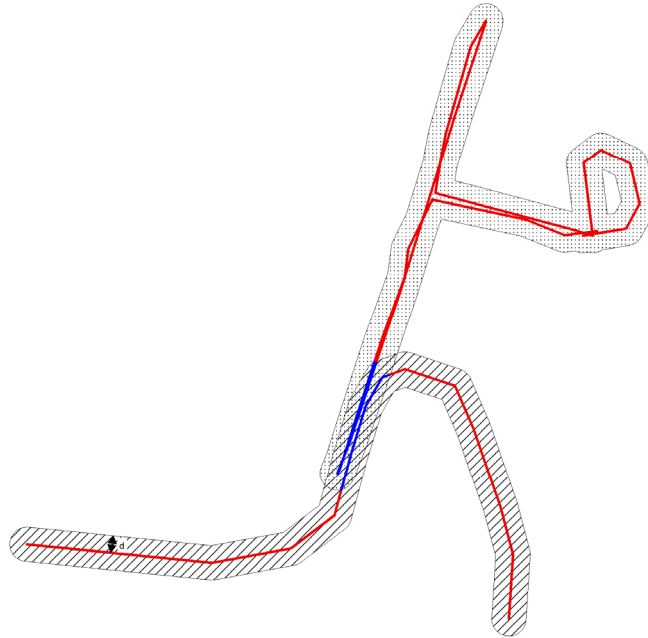


Abbildung 42: Polylinien getrennt in als „gleich“ definierte Abschnitte (blau) und Teile ohne entsprechende Abschnitte (rot)

Im Gegensatz zu dem in [Gei02] verwendeten Verfahren (siehe Abschnitt 3.3.2, Seite 85) bietet das in diesem Abschnitt vorgestellte Verfahren den Vorteil, dass auch bei sehr wenigen Stützpunkten der Polylinien die „gleichen“ Abschnitte bestimmt werden. Abbildung 43a zeigt zwei Polylinien, die im oberen Teil auseinander laufen und deren Stützpunkte dort nicht mehr innerhalb des Toleranzbereichs liegen. Das in [Gei02] vorgestellte Verfahren findet für das in Abbildung 43a dargestellte Beispiel keine „gleichen“ Abschnitte, während das in diesem Abschnitt vorgeschlagene Verfahren durch die Verwendung der Pufferzonen das in Abbildung 43b dargestellte Ergebnis liefert.

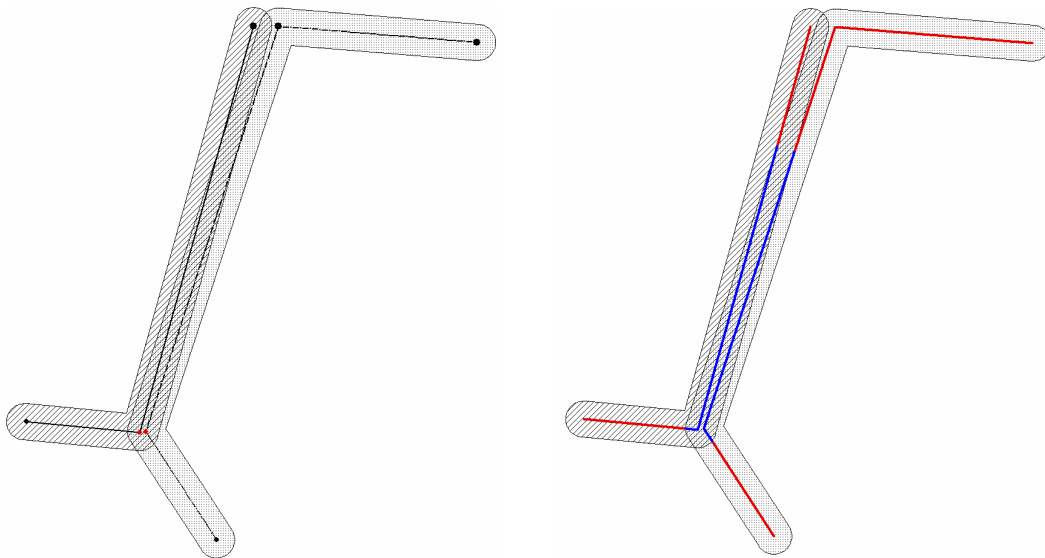
Der hier vorgestellte Algorithmus kann, wie bereits zu Beginn des Abschnitts 3.3.1 erläutert, an zwei verschiedenen Stellen des gesamten Verfahrens zur Einbindung der Nutzer eines LBS in die Erfassung und Aktualisierung von Wanderwegen verwendet werden:

- a) Erster Verfahrensteil 3. Schritt *Vorverarbeitung der übermittelten Routen*: Zur Bestimmung gleicher Abschnitte in den von den Nutzern gelieferten Routen und dem bereits in der Kerndatenbank enthaltenen Wegenetz (Vergleich der einzelnen Elemente innerhalb zweier Datensätze).

Das in Abschnitt 3.3.1.2 vorgestellte Verfahren wird in diesem Fall zur Bestimmung derjenigen Abschnitte in den von den Nutzern gelieferten Routen, die bereits in der Kerndatenbank enthalten sind, angewendet. Das in Abbildung 42 dargestellte Ergebnis kann für den vorliegenden Fall a folgendermaßen interpretiert werden: Eine der beiden Polylinien stellt den von einem Nutzer gelieferten Datensatz dar, die andere einen bereits in der Kerndatenbank enthaltenen Teil des Wegenetzes. Somit sind die blauen Abschnitte der Polylinie die Abschnitte des von einem Nutzer erfassten Datensatzes, die bereits in der Kerndatenbank enthalten sind. Die in Rot dargestellten Teile dieser Polylinie sind

die Teile, die noch nicht in der Kerndatenbank enthalten sind. Sie dienen als Eingangsdaten für den zweiten Verfahrensteil des in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Verfahrensablaufs (siehe Abschnitt 3.2.2, Seite 70).

- b) Zweiter Verfahrensteil 1. Schritt *Bestimmung gleicher Abschnitte und Berechnung des resultierenden Abschnitts*: In diesem Schritt wird das hier vorgestellte Verfahren zur Bestimmung gleicher Abschnitte in den von den Nutzern gelieferten Routen verwendet. Die in Abbildung 42 dargestellten Ergebnisse zeigen für den vorliegenden Fall b die als gleich identifizierten Abschnitte in Blau. Die verbleibenden, nicht innerhalb der Toleranzgrenze liegenden, Teilstücke der von den beiden Nutzern erfassten Routen sind in Rot markiert.



a) Stützpunkte außerhalb (schwarz) und innerhalb (rot) des Toleranzbereichs

b) Polylinien getrennt in als „gleich“ definierte Abschnitte (blau) und Teilstücke ohne entsprechende Abschnitte (rot)

Abbildung 43: Zwei auseinander laufende Polylinien mit wenigen Stützpunkte

Abschließend ist in Abbildung 44 das Ergebnis des Verfahrens zur Bestimmung gleicher Abschnitte in Polylinien innerhalb eines vorgegeben Toleranzbereichs unter Verwendung von Pufferzonen für mehrere Eingangsdatensätze dargestellt. In dem dort abgebildeten Beispiel wurden die gleichen Abschnitte innerhalb mehrerer von Nutzern erfassten Routen bestimmt. Zu beachten ist, dass für die innerhalb einer Pufferzone liegenden Teilstücke eine Mindestlänge vorgegeben werden sollte, da eine Verarbeitung sehr kurzer Stücke, zum Beispiel eine Länge unterhalb der Toleranzgrenze, keine verwertbaren Ergebnisse liefert. Beispiele hierzu sind im Fallbeispiel in Kapitel 4 (Seite 99) zu finden.

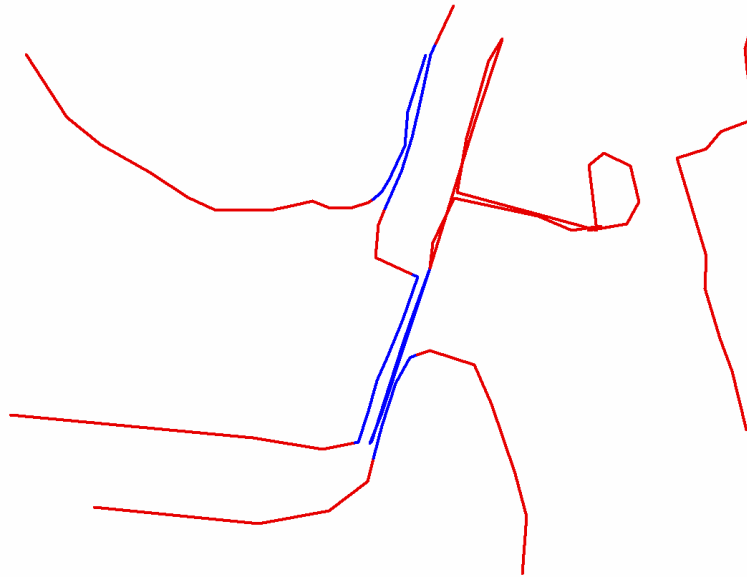


Abbildung 44: Bestimmung gleicher Abschnitte (blau) unterschiedlicher Polylinien, sowie verbleibende Abschnitte (rot)

3.3.2 Berechnung eines neuen (*resultierenden*) Abschnitts

Ziel des im Folgenden vorgestellten Algorithmus ist die Berechnung eines neuen (*resultierenden*) Abschnitts basierend auf den im vorherigen Abschnitt als gleich identifizierten Teilstücken (siehe Abbildung 33, Seite 72). Im gesamten in dieser Arbeit vorgestellten Verfahrensablauf (siehe Kapitel 3, Seite 67) findet der hier vorgestellte Algorithmus im ersten Schritt des zweiten Verfahrensteils Anwendung. Der im Folgenden vorgestellte Algorithmus basiert auf den in [Gei02] durchgeführten Untersuchungen.

Zur Berechnung eines neuen Abschnitts werden jeweils zwei als gleich identifizierte Abschnitte als Eingangsdaten verwendet. Der aus diesen beiden Abschnitten resultierende neue Abschnitt wird mit folgenden zwei Schritten berechnet:

1. *Bildung der Lote zwischen den beiden Ausgangsabschnitten:*

Zunächst werden für alle Punkte der beiden Ausgangsabschnitte (L1, L2) jeweils die Lote auf den anderen Abschnitt gebildet. Wie in Abbildung 45 zu sehen, kann nicht von jedem Punkt aus ein Lot auf den anderen Abschnitt gebildet werden. Im hier gezeigten Beispiel ist dies für die Lote der Punkte P1, P3 und P4 des Abschnitts L1 der Fall.

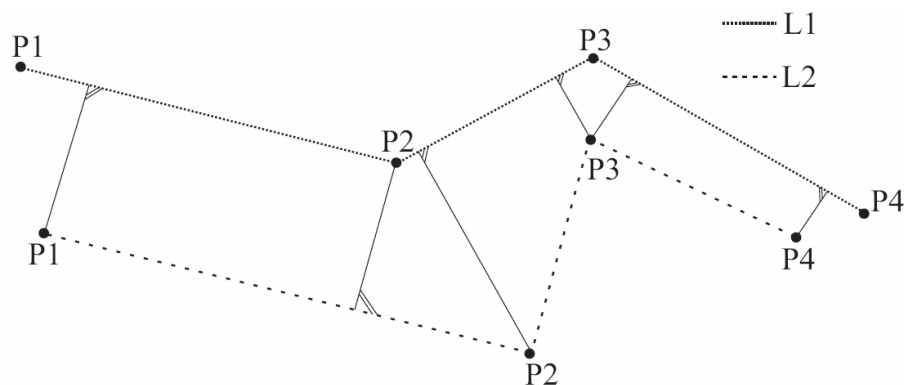


Abbildung 45: Lotbildung zwischen zwei als „gleich“ identifizierten Abschnitten

Alle erzeugten Lote zwischen den Eingangsabschnitten müssen folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Länge der Lote darf die Toleranzgrenze d nicht überschreiten
- Die Lote dürfen keinen der beiden Ausgangsabschnitte schneiden. Abbildung 46 zeigt die beiden möglichen unzulässigen Schnitte mit Teilen der beiden Abschnitte, wobei in dem Beispiel vorausgesetzt wird, dass die Lote sich noch innerhalb der Toleranzgrenze d befinden. Während Lot a den „eigenen“ Abschnitt schneidet, findet bei Lot b ein Schnitt mit einem Teil des „anderen“ Abschnitts vor Erreichen des Teilstücks, auf welches das Lot gefällt wird, statt. Beide Lote sind somit unzulässig.

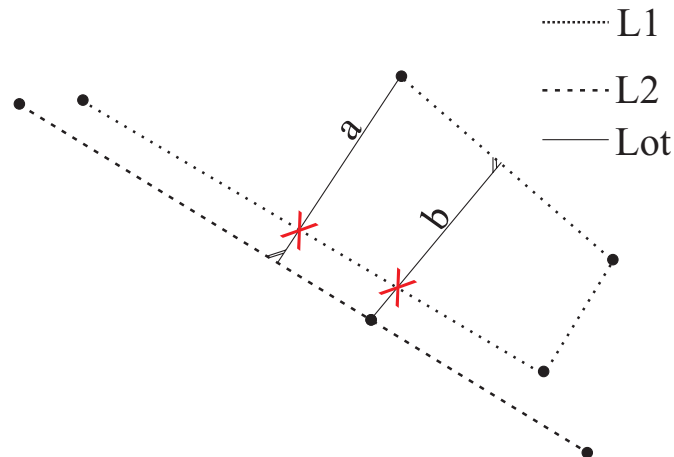


Abbildung 46: Unzulässige Lote (a, b) auf Grund von Schnitten mit Teilen der Abschnitte

2. Interpolation des neuen (resultierenden) Abschnitts:

Basierend auf den im ersten Schritt ermittelten zulässigen Loten wird der resultierende Abschnitt berechnet. Abbildung 47 zeigt die ermittelten Lote für das in diesem Abschnitt verwendete Beispiel. Dort sind die Lote mit ρ_i und die Lotpunkte mit $P_{\rho_i}^n$ bezeichnet.

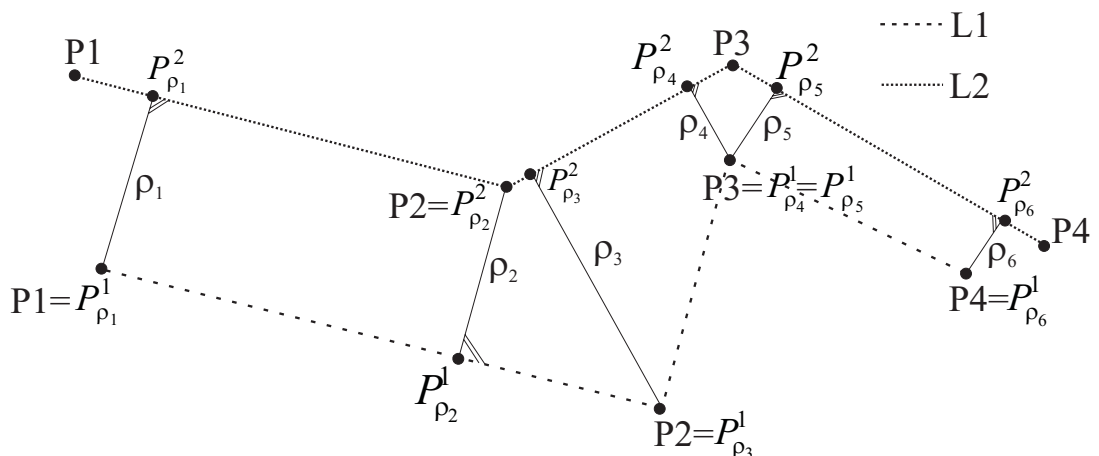


Abbildung 47: Zur Berechnung des neuen Abschnitts ermittelte Lote ρ_i

Zur Berechnung des neuen Abschnitts werden auf den Loten Stützpunkte interpoliert. Zu beachten ist, dass es sich bei den Ausgangsabschnitten (L1, L2) sowohl um von Nutzer erfasste Daten als auch um bereits neu berechnete Abschnitte handeln kann. Um dies bei der Interpolation der Stützpunkte des neu berechneten Abschnitts zu berücksichtigen, wird eine Gewichtung der

Ausgangsabschnitte (L1, L2) eingeführt. Hierdurch kann die Lage des neu berechneten Abschnitts gesteuert werden. Hierbei erhalten von Nutzern erfasste Abschnitte stets das Gewicht $w_n=1$, während allen bereits berechneten Abschnitten jeweils die Anzahl der Abschnitte, aus denen diese berechnet wurden, als Gewicht zugewiesen wird. So geht zum Beispiel ein Ausgangsabschnitt, der bereits aus drei anderen Abschnitten ermittelt wurde, bei der Interpolation des neu zu berechnenden Abschnitts mit dem Gewicht $w_n=3$ ein. Die Berechnung der einzelnen Stützpunkte P_i des neu zu berechnenden Abschnitts, auf Basis der im ersten Schritt ermittelten Lote zwischen Ausgangsabschnitten, erfolgt dann mittels Gleichung 9. Durch die Gewichtung der Ausgangsabschnitte wird erreicht, dass ein neu berechneter Abschnitt näher an dem höher gewichteten Ausgangsabschnitt, d.h. demjenigen, der bereits aus mehreren von Nutzern gelieferten Abschnitten berechnet ist, zu liegen kommt (siehe Abbildung 49). Haben beiden Ausgangsabschnitte das gleiche Gewicht befindet sich der neu berechnete Abschnitt in der Mitte der beiden Ausgangsabschnitte L1 und L2.

$$P_i = \frac{w_1 \cdot P_{\rho_i}^1 + w_2 \cdot P_{\rho_i}^2}{w_1 + w_2}$$

- P_i i -ter Stützpunkt des neu berechneten Abschnitts, mit $i \in \{1,2,\dots\}$
- $P_{\rho_i}^n$ Punkt des Lotes ρ_i auf dem Eingangsabschnitt n , mit $n \in \{1,2\}$ und $i \in \{1,2,\dots\}$
- Gewicht des Ausgangsabschnitts n , mit $n \in \{1,2\}$, $w_n \in \{1,2,\dots\}$

Gleichung 9: Berechnung der Stützpunkte P_i eines neuen Abschnitts

Abbildung 48 zeigt den resultierenden neu berechneten Abschnitt (rot) für eine Gewichtung der beiden in diesem Beispiel verwendeten Ausgangsabschnitte (L1, L2) von jeweils 1, d.h. $w_1 = w_2 = 1$.

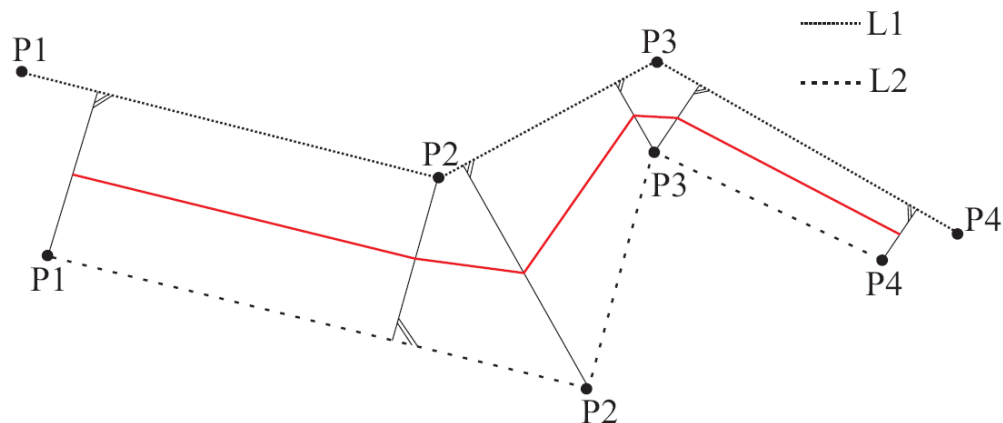


Abbildung 48: Interpolierter neuer Abschnitt (rot), auf Basis zweier gleichgewichteter Ausgangsabschnitte (L1,L2)

Abbildung 49 zeigt ein Beispiel für die Berechnung eines neuen Abschnitts bei unterschiedlicher Gewichtung der Ausgangsabschnitte. Deutlich zu erkennen ist, dass sich der neu berechnete Abschnitt näher am höher gewichteten Ausgangsabschnitt L1 befindet.

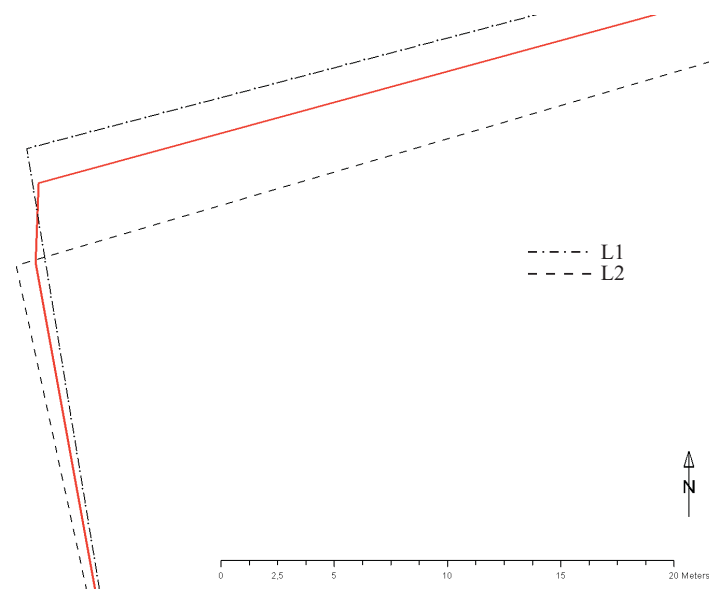


Abbildung 49: Neu berechneter Abschnitt (rot) aus zwei Ausgangsabschnitt mit eine Verhältnis der Gewichte ($w_1: w_2$) von 2:1.

3.3.3 Diskussion und Bewertung des geometrischen Algorithmus

Der vorgestellte Algorithmus erlaubt eine Berechnung eines neuen Abschnitts, basierend auf innerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenze als gleich identifizierten Ausgangsabschnitten. Im Gegensatz zu dem in [Pet04] beschriebenen Algorithmus, der die Berechnung der neuen Abschnitte auf Basis von Schnittlinien zwischen den beiden Ausgangsabschnitten durch die jeweiligen Stützpunkte durchführt, werden hier Lote die zwischen den Stützpunkten der Ausgangsabschnitte und dem jeweiligen anderen Abschnitt gebildet werden verwendet. Beide Verfahren führen zu vergleichbar guten Ergebnissen. Der Algorithmus nach [Pet04] benötigt zusätzlich eine Delaunay-Triangulation zwischen den Ausgangsabschnitten, um mit der Problematik sich überschneidender Ausgangsabschnitte umgehen zu können. Das hier vorgestellte Verfahren, wie auch in [Say05] beschrieben, ist durch die Verwendung der Lote relativ robust und liefert auch bei sich überschneidenden Ausgangsabschnitten für die in dieser Arbeit vorausgesetzten Genauigkeitsanforderungen zufrieden stellende Ergebnisse. Dennoch ist in Zusammenhang mit sich überschneidenden Ausgangsabschnitten folgende Optimierung des neu berechneten Abschnitts möglich.

- *Optimierung in den Schnittpunkten der Ausgangsabschnitte:* Die neu berechneten Abschnitte schneiden nicht zwingend die Schnittpunkte der Ausgangsabschnitte, wie in Abbildung 50 zu sehen ist. Im dort gezeigten Beispiel würde ein Verlauf des neu berechneten Abschnitts durch den Schnittpunkt S mit Sicherheit zu einer Optimierung führen. In dem in Abbildung 49 gezeigten Beispiel ist zu deutlich zu erkennen, dass das Abzweigen der Ausgangsabschnitte nach rechts durch den neu berechneten Abschnitt sehr gut nachvollzogen wird. Hier wird der Schnittpunkt der beiden dort dargestellten Ausgangsabschnitte jedoch nicht als Stützpunkt des neu berechneten Abschnitts verwendet, was auch nicht erwünscht wäre.

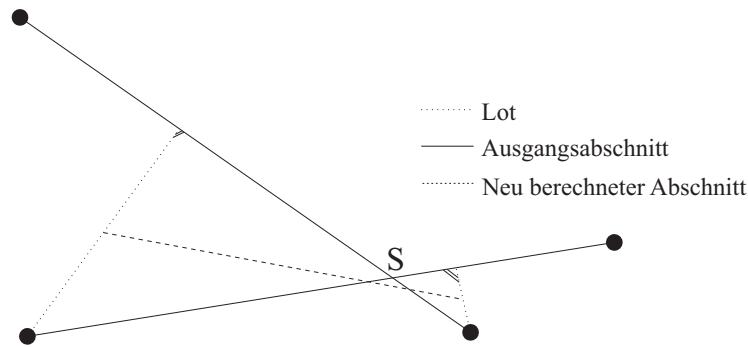


Abbildung 50: Neu berechneter Abschnitt schneidet nicht zwingend den Schnittpunkt S der Ausgangsabschnitte

Die Einführung aller Schnittpunkte der Ausgangsabschnitte als zusätzliche Stützpunkte in den neu berechneten Abschnitt kommt, wie durch die beiden Beispiele gezeigt, nicht als mögliche Lösung in Frage. Deshalb sollte ein Blick auf den Grund, weshalb der in Abbildung 50 gezeigte neu berechnete Abschnitt nicht den Schnittpunkt S der Ausgangsabschnitte schneidet, geworfen werden. Dieser ist in den nicht parallelen Loten, auf Basis derer der neu berechnete Abschnitt ermittelt wurde, zu finden. Wären diese parallel zueinander, würde der neu berechnete Abschnitt auch durch den Schnittpunkt S verlaufen. Die Ursache für die nicht parallelen Lote vor und nach dem Stützpunkt S sind wiederum die auf unterschiedlichen Ausgangsabschnitten liegenden Ausgangspunkte der Lote. Zu beachten ist, dass der hier beschriebene Fall nicht immer so auftritt und von der zufälligen Verteilung der Stützpunkte in den Ausgangsabschnitten abhängt. Abbildung 51 zeigt ein ähnliches Beispiel wie die vorherige Abbildung, jedoch mit einer etwas anderen Verteilung der Stützpunkte der Ausgangsabschnitte. Hier ergeben sich automatisch parallele Lote beidseitig des Schnittpunktes S, da die Lote in diesem Fall von Stützpunkten des gleichen Abschnitts gefällt werden.

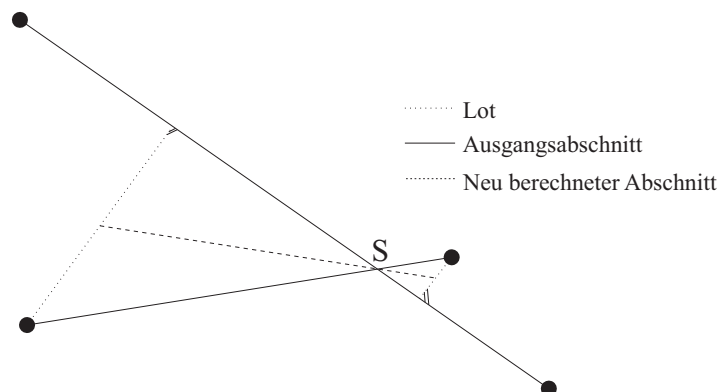


Abbildung 51: Neu berechneter Abschnitt der durch den Schnittpunkt S der Ausgangsabschnitte verläuft

Eine Optimierung kann darin bestehen, falls nicht schon vorhanden, Parallelität für das jeweils erste links und erste rechts vom Schnittpunkt S liegende Lot herzustellen. Dies kann durch das Einführen eines zusätzlichen Lots, wie in Abbildung 52 dargestellt, erreicht werden. Im Rahmen der angestrebten Genauigkeit für den in dieser Arbeit vorliegenden Anwendungsfall spielt es keine Rolle, ob links oder rechts des Schnittpunktes S ein zusätzliches Lot gefällt wird.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, dass in den in dieser Optimierung dargestellten Beispielen stets eine Gewichtung der Ausgangsabschnitte von 1:1 verwendet wurde. Bei parallelen Loten links und rechts des Schnitpunktes S verläuft

der neue berechnete Abschnitt jedoch auch immer für jedes andere Verhältnis der Gewichtungen der Ausgangsabschnitte durch den Schnittpunkt S.

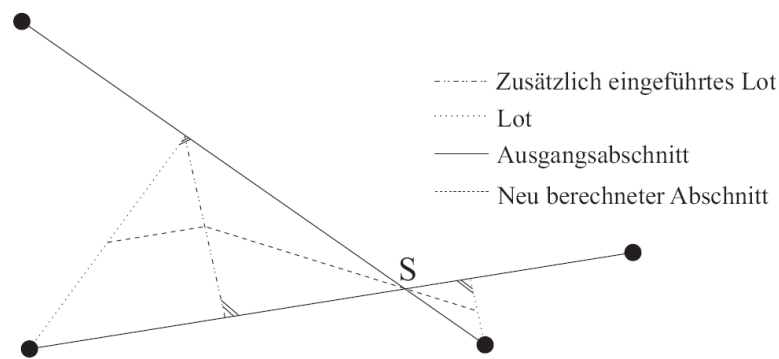


Abbildung 52: Zusätzlich eingeführtes Lot um den Schnitt des neu berechneten Abschnitts mit Schnittpunkt S sicherzustellen

3.4 Bewertung der Nutzer

Im Folgenden werden die in Abschnitt 2.2 (Seite 57) für Bewertungssysteme empfohlenen allgemeinen Anforderungen auf den in der vorliegenden Arbeit verwendeten Anwendungsfall übertragen und das vorgestellte Bewertungsverfahren nach dem Sporas Algorithmus auf das hier behandelte Verfahren angewendet, sowie die daraus resultierende notwendigen Anpassungen erläutert. Tabelle 23 (Seite 92) enthält die Anforderungen an das in der vorliegenden Arbeit verwendete Bewertungsverfahren. Mittels dieser wird der Sporas Algorithmus dem in Abschnitt 3.2.2 erläuterte „Zählverfahren“ zur Modellierung der Reputation der Nutzer (siehe Gleichung 6, Seite 74) gegenübergestellt. Der in Tabelle 23 durchgeführte Vergleich zeigt, dass einige der gestellten Anforderungen bereits durch einen entsprechenden Verfahrensablauf sichergestellt werden können.

Dies trifft zum Beispiel auf die Forderung zu, eine Steigerung der Reputation durch falsche Transaktionen möglichst zu verhindern. Im vorliegenden Anwendungsfall könnte dies von Nutzern zum Beispiel durch folgende zwei Möglichkeiten erreicht werden:

- Durch mehrfache Lieferung gleicher Teilstücke durch denselben Nutzer, versucht dieser seine Reputation zu steigern. Innerhalb des Verfahrens wird dies verhindert, da nur von unterschiedlichen Nutzern erfasste Daten verarbeitet werden.
- Ein Nutzer versucht durch die Erfassung bereits in der Kerndatenbank enthaltener Routen seine Reputation zu steigern. Diese Möglichkeit wird innerhalb des vorgestellten Verfahrens verhindert, indem im ersten Schritt alle bereits in der Kerndatenbank enthaltenen Daten aus den von den Nutzern gelieferten Daten entfernt werden.

Wären die beiden oben genannten Möglichkeiten durch das Verfahren nicht ausgeschlossen, könnte zum Beispiel ein „böswilliger“ Nutzer sich rasch eine sehr gute Reputation „erschleichen“, um dann mittels dieser bewusst falsche Daten mit einer hohen Vertrauenswürdigkeit zu erfassen.

Andere Anforderungen wiederum können nicht durch entsprechende Maßnahmen im Verfahrensablauf erfüllt werden, sondern nur direkt durch das Bewertungsverfahren an sich. Wie aus Tabelle 23 ersichtlich, werden einige von beiden Bewertungsverfahren, die zur Abbildung der Reputation untersucht wurden, erfüllt. Die drei letzten Kriterien (h/i/j) in Tabelle 23 hingegen werden nur im Sporas Algorithmus abgebildet. Gerade hierin liegen die wesentlichen Vorteile, die sich aus einer Verwendung des Sporas Algorithmus zur Modellierung der Reputation der Nutzer ergeben.

Anforderungen		Bewertungsverfahren	
		Sporas	Zählverfahren
a) Verhinderung falscher Transaktionen zur Steigerung der Reputation			
Bewertung eigener erfasster Routen oder Teile davon durch den Nutzer		Die Bewertung wird durch das vorgestellte Verfahren durchgeführt, die Nutzer haben keinen Einfluss auf diesen Vorgang. Weiterhin werden nur Daten unterschiedlicher Nutzer verarbeitet.	
Routenabschnitte, die bereits in der Kerndatenbank enthalten sind, dürfen nicht zur Steigerung der Reputation führen		Durch das vorliegende Verfahren ausgeschlossen, da nur Teilstücke zugelassen werden, die nicht bereits in der Kerndatenbank enthalten sind	
b) Jeder Nutzer sollte im gleichen Maße seine Reputation steigern können.			
b1)Reputationsmechanismus muss auf einem positiven Bewertungssystem basieren.		Wird erfüllt	Wird erfüllt
b2) Reputation eines Nutzers ist nie geringer als die eines neuen Nutzers		Wird erfüllt	Wird erfüllt
c) Vertrauen ist kontext- / situationsabhängig		Ist gegeben, da die Reputation der Nutzer nur für den vorliegenden Anwendungsfall, die Erfassung von Routen, verwendet wird.	
d) Neue Nutzer beginnen mit einem minimalen Wert für ihre Reputation, die durch die Erfassung von Routenabschnitten, die auch von anderen Nutzern erfasst wurden, steigt.		Wird erfüllt	Wird erfüllt
e) Der Wert für die Reputation eines Nutzers fällt nie unter den eines neuen Nutzers ²⁰		Wird erfüllt	Wird erfüllt

²⁰ Identisch mit Anforderung b2 die aus Anforderung b resultiert

3. Erfassung und Aktualisierung von Wanderwegen

Anforderungen	Bewertungsverfahren	
	Sporas	Zählverfahren
f) Nach der Berechnung eines neuen Abschnitts wird der Wert der Reputation der beteiligten Nutzer aktualisiert.	Wird durch den in dieser Arbeit vorgeschlagenen Verfahrensablauf sichergestellt.	
g) Zwei Nutzer dürfen jeweils nur eine gegenseitige Bewertung abgeben. Werden mehreren verschiedenen Abschnitte durch die zwei selben Nutzern erfasst und wären somit mehrere Bewertungen zwischen den gleichen Nutzern erforderlich, wird jeweils nur die letzte Bewertung als gültig betrachtet.	Diese Forderung basiert auf dem Bestreben, falsche Transaktionen, durch die die Reputation eines Nutzers gesteigert werden soll, möglichst zu verhindern (siehe Anforderung a). In dem hier vorliegenden Anwendungsfall muss diese Anforderung nicht erfüllt werden, da die Bewertung nicht gegenseitig durch die Nutzer, sondern vom System vorgenommen wird. Hierdurch ist die Möglichkeit falsche Transaktionen direkt zu nutzen, um die Reputation zu steigern, stark eingeschränkt.	
h) Die Veränderung der Reputation von Nutzern mit einem sehr hohen Reputationswert fällt deutlich geringer aus, als die von Nutzern mit einer geringen Reputation.	Wird erfüllt	Wird nicht erfüllt
i) Der Algorithmus sollte sich an Veränderungen des Verhaltens eines Nutzers anpassen. In der Berechnung der Reputation eines Nutzers sollten die neusten Bewertungen ein höheres Gewicht haben als vergangene Bewertungen.	Wird erfüllt und kann über einen Parameter gesteuert werden.	Wird nicht erfüllt
j) Die Reputation der Nutzer ist durch einen maximal erreichbaren Wert begrenzt.	Wird erfüllt	Wird nicht erfüllt

Tabelle 23: Anforderungen das verwendete Bewertungsverfahren (Sporas Algorithmus) im Vergleich zum „Zählverfahren“ angewendet auf die Reputation der Nutzer

3.4.1 Anwendung des Sporas Algorithmus

Bereits im Vergleich der Anforderungen an Bewertungsverfahren mit dem Sporas Algorithmus (Tabelle 23) zeichnen sich einige Vorteile ab, die sich durch dessen Einsatz ergeben. Da jedoch alle diese Verfahren kontextabhängig sind, wird im Folgenden auf die Anwendung des in Abschnitt 2.2.1 (Seite 62) beschriebenen Sporas Algorithmus in dem vorgestellten Verfahren gesondert eingegangen sowie die notwendigen Anpassungen erläutert.

Gleichung 2 (Seite 62) beschreibt, wie die Berechnung der Reputation eines Nutzers nach Sporas durchzuführen ist. Hierzu sind eine Reihe von Parametern zu definieren, die das Verhalten des Algorithmus steuern. Im Einzelnen handelt es sich hierbei um den maximal erreichbaren Wert D für die Reputation eines Nutzers, sowie den Parameter θ zur Steuerung der Anzahl der berücksichtigten zurückliegenden Bewertungen und den Beschleunigungsfaktor der Dumpingfunktion σ . Diese drei Parameter sind vor dem erstmaligen Einsatz des gesamten Verfahrens festzulegen. Diese dürfen, nachdem die erste Auswertung der von den Nutzern gelieferten Routen erfolgt ist, nicht mehr verändert werden, da dies zu einer Verfälschung der Reputation der Nutzer führen würde. Weiterhin wird zur Berechnung der Reputation sowohl die momentane Reputation des zu bewertenden Nutzers R_i , als auch die momentane Reputation des bewertenden Nutzers R_i^{other} benötigt. Jeder Nutzer beginnt mit der minimalen Reputation R_{\min} , die nach Gleichung 3 in Abhängigkeit der maximal erreichbaren Reputation D berechnet werden kann. Der einzige verbleibende Parameter, der für jeden Bewertungsvorgang bestimmt werden muss, ist somit die Bewertung W_i . Diese Bewertung wird durch das in dieser Arbeit vorgeschlagene Verfahren automatisch durchgeführt. Nach Sporas ist die Bewertung W_i ein numerischer Wert im Intervall $[0,1;1]$, wobei dies einer Bewertung von [schlecht; sehr gut] entspricht. Zur Bestimmung der Bewertung W_i ist der Kontext, in dem diese durchgeführt wird, zu berücksichtigen. Im vorliegenden Anwendungsfall steigt nach dem im zweiten Verfahrensteil (siehe Abschnitt 3.2.2, Seite 70) beschriebenen Ablauf die Reputation eines Nutzers, wenn Teilstücke einer von diesem erfassten Route zur Berechnung eines neuen Abschnitts verwendet werden. Bei der Festlegung der Bewertung W_i ist somit der Beitrag, den der Nutzer durch die erfassten Daten zur Berechnung eines neuen Abschnitts geleistet hat, bzw. der „Nutzen“ oder die „Qualität“ des neu berechneten Abschnitts, zu berücksichtigen. Dies ist zum Beispiel gleichbedeutend mit folgenden Fragestellungen:

- Was ist ein „schlechter“ Abschnitt, der aus von Nutzern gelieferten Routen berechnet wurde? In diesem Fall sollten ja auch die Nutzer eine schlechte Bewertung bekommen.
- Was ist ein „sehr guter“ Abschnitt, der aus von Nutzern gelieferten Routen berechnet wurde? In diesem Fall sollten ja auch die Nutzer eine sehr gute Bewertung bekommen.

Basierend auf diesen Fragestellungen wurde für das in dieser Arbeit vorliegende Verfahren aus folgenden Gründen für die Bewertung stets ein „sehr gut“ ($W_i=1$) vergeben:

- Es werden stets Nutzer bewertet, die Routen geliefert haben, die auf Grund des geometrischen Algorithmus als „gleich“ angesehen werden und somit als sehr gut eingestuft werden sollten.
- Die Länge der neu berechneten Abschnitte spielt keine Rolle, da sowohl kurze als auch lange Abschnitte wichtige Bestandteile des Wegnetzes darstellen können.
- Die Positionierungsgenauigkeit bei der Erfassung der Routen kann an sich nicht direkt vom Nutzer beeinflusst werden, da die Positionsbestimmung von

den im vorliegenden Anwendungsfall verwendeten Geräten autonom durchgeführt wird.

Die Reputation eines Nutzers R_i kann somit nach Gleichung 10 berechnet werden. Diese Gleichung basiert auf Gleichung 2 (Seite 62), in der die Bewertung W_i durch den konstanten Wert 1 ersetzt wurde. Wesentliche Einflussgrößen sind im Vergleich zur unveränderten Berechnung der Reputation nach Sporas (siehe Gleichung 2, Seite 62) in dieser nun nur noch die Reputationswerte der beiden Nutzer. Dennoch bleiben durch diese Vereinfachung wesentliche Vorteile des Algorithmus gegenüber dem einfachen „Zählverfahren“ erhalten, wie zum Beispiel die in Tabelle 23 (Seite 92) aufgeführten Anforderungen h und j.

$$R_i = R_{i-1} + \frac{1}{\theta} \cdot \Phi(R_{i-1}) \cdot R_i^{other} \cdot (1 - E_i(R_{i-1}))$$

$$\Phi(R_{i-1}) = 1 - \frac{1}{1 + e^{\frac{R_{i-1} - D}{\sigma}}}$$

$$E_i = \frac{R_{i-1}}{D}$$

D	....	Maximal erreichbare Reputation
R_{i-1}	....	Momentane Reputation, ohne Bewertung des momentanen Vorgangs
R_i^{other}	....	Reputation des Bewertenden
E_i	....	Erwartungswert der Bewertung $[0,1;1]$
θ	....	Anzahl der zurückliegenden Bewertungen, die berücksichtigt werden
σ	....	Beschleunigungsfaktor der Dumpingfunktion

Gleichung 10: Gleichungen zur Berechnung der Reputation für den in dieser Arbeit betrachteten Kontext (nach Sporas, [Zach99], [Zach00])

Durch den Wegfall des Bewertungsintervalls für den Bewertungsparameter W_i entfällt auch die Möglichkeit, dass die Reputation eines Nutzers auf Grund negativer Bewertungen wieder abnimmt. Dies wird jedoch durch den in dieser Arbeit vorgestellten Verfahrensablauf zum Teil wieder kompensiert, da die Reputation eines Nutzers nicht steigt, wenn Routen erfasst werden, die nicht zumindest in Teilen mit Routen anderer Nutzer übereinstimmen (siehe Abschnitt 3.2.2 Schritt 1).

Wie bereits im Verfahrensablauf dargestellt, treten folgende Fälle auf, in denen eine Bewertung der Nutzer durchgeführt wird. Unterschieden werden die drei Fälle auf Grund der verschiedenen Kombinationen von Eingangsdaten, die im zweiten Schritt des Verfahrensteils verarbeitet werden können.

- Route – Route: Die Reputation der beiden beteiligten Nutzer steigt je einmal.
- Route – Abschnitt A (aus Daten von n Nutzern berechnet): Die Reputationswerte der Nutzer, die bereits zu dem Abschnitt A beigetragen haben steigen einmal. Die Reputation des Nutzers N , der die Route geliefert hat, steigt n -mal, da für jeden Nutzer, der zur Berechnung des Abschnitts A beigetragen hat, eine Bewertung des Nutzers N durchgeführt wird.
- Abschnitt A (aus Daten von n Nutzern berechnet) – Abschnitt B (aus Daten von m Nutzern berechnet): Die Reputation jedes Nutzers, der zur Berechnung des Abschnitts A beigetragen hat, steigt m -mal, da für jeden Nutzer, der zur Berechnung des Abschnitts B beigetragen hat, eine Bewertung durchgeführt wird. Umgekehrt gilt, dies auch für die Reputationswerte der Nutzer, die zur Berechnung des Abschnitts B beigetragen haben.

Im Fallbeispiel in Kapitel 4 (Seite 99 ff.) kann die Entwicklung der Reputation verschiedener Nutzer über mehrere Durchläufe des zweiten Verfahrensteils unter Verwendung des in diesem Abschnitt vorgestellten Bewertungsalgorithmus in der praktischen Anwendung nachvollzogen werden.

3.4.2 Diskussion der Bewertungsverfahren

Im Folgenden wird auf die Auswirkungen des im vorherigen Abschnitt vorgestellten Algorithmus zur Modellierung der Reputation der Nutzer auf die Vertrauenswürdigkeit der neu berechneten Abschnitte eingegangen. Zum Vergleich wird das in Abschnitt 3.2.2 (Seite 70) angesprochenen Zählverfahren mit herangezogen.

Im in der vorliegenden Arbeit verwendeten Bewertungsverfahren wird die Zuverlässigkeit der neu berechneten Abschnitte aus der Summe der Reputationen der Nutzer, die zur Berechnung dieses Abschnitts beigetragen haben, ermittelt. Im Zählverfahren hingegen wird die Anzahl der von den Nutzern erfassten Wegstücke, auf Basis derer der neu berechnete Abschnitt erzeugt wurde, bestimmt. Die Unterschiede der beiden Bewertungsverfahren zeigen sich an Hand der aufgestellten und in Tabelle 23 (Seite 92) zusammengefassten Anforderungen an Bewertungsverfahren. Gemeinsam haben beide Ansätze, dass sie für jeden neu berechneten Abschnitt einen numerischen Wert liefern, der zur Bestimmung derjenigen Abschnitte verwendet werden soll, die als Kandidaten zur Übernahme in die Kerndatenbank in Frage kommen. Im gesamten Verfahrensablauf erfolgt dies im dritten Schritt des zweiten Verfahrensteils (siehe Abbildung 36, Seite 78) durch einen Vergleich mit einem vorgegeben Schwellwert s . Für die beiden Bewertungsverfahren stellt sich somit die generelle Frage, wie dieser Schwellwert zu wählen ist. Übertragen auf die einzelnen Bewertungsverfahren lässt sich dies durch folgende Fragestellungen ausdrücken:

- *Zählverfahren*: Wie viele Nutzer müssen durch Wegstücke zu einem neu berechneten Abschnitt beigetragen haben, damit dieser als Kandidat zur Übernahme in die Kerndatenbank angesehen wird?
- *Zuverlässigkeit der Abschnitte*: Wie groß sollte die Zuverlässigkeit, sprich die Summe der Reputationen der Nutzer, die zur Berechnung des Abschnitts beigetragen haben, mindestens sein, damit dieser als Kandidat zur Übernahme in die Kerndatenbank angesehen wird?

Eine eindeutige Antwort auf die jeweilige Frage zu geben ist bei näherer Untersuchung nicht trivial. Der Grund hierfür ist, dass die Beantwortung der beiden oben genannten Fragestellungen von der Sichtweise des Antwortenden abhängig ist. Folgendes Beispiel soll die hier auftretende Problematik erläutern.

Gegeben sei ein neu berechneter Abschnitt der aus von 10 verschiedenen Nutzern gelieferten Wegstücken erzeugt wurde. Hierbei spielt die geometrische Ausprägung für die in diesem Abschnitt durchgeführten Betrachtungen keine Rolle. Im Folgenden werden für diesen Abschnitt einige Betrachtungen hinsichtlich der beiden unterschiedlichen Bewertungsverfahren angestellt. Für das Zählverfahren würde ein Wert von 10 ermittelt werden. Im Gegensatz dazu kann für das in dieser Arbeit verwendete Bewertungsverfahren zur Bestimmung der Zuverlässigkeit kein exakter Wert für den in diesem Beispiel verwendeten Abschnitt angegeben werden, da die hierfür benötigte Reputation der einzelnen Nutzer nicht gegeben ist. Tabelle 24 zeigt einige vereinfachte Möglichkeiten, wie die Vertrauenswürdigkeit des hier verwendeten beispielhaften Abschnitts zustande kommen könnte.

Reputation der Nutzer	Vertrauenswürdigkeit des Abschnitts
10 neue Nutzer (R=100)	$10 \cdot 100 = 1000$
5 neue Nutzer (R=100), 5 Nutzer mit mittlerer Reputation (R=500)	$5 \cdot 100 + 5 \cdot 500 = 3000$
10 Nutzer mit hoher Reputation (R=890)	$10 \cdot 890 = 8900$

Tabelle 24: Beispiel für die möglichen Vertrauenswürdigkeiten eines Abschnitts (10 Nutzer, D=1000)

Ein Vergleich der beiden Bewertungsverfahren im vorliegenden Beispiel zeigt, dass für das Zählverfahren ein eindeutiger Wert einfach festgelegt werden kann. Im Gegensatz dazu kann die Vertrauenswürdigkeit nur bestimmt werden, wenn die Reputation der einzelnen Nutzer, die durch erfasste Wegstücke zu dessen Berechnung beigetragen haben, bekannt ist. Dies resultiert aber auch darin, dass zwei verschiedene aus von jeweils 10 unterschiedlichen Nutzern erfassten Wegstücken berechnete neue Abschnitte mit dem Zählverfahren den gleichen Wert (10) besitzen. Mit dem Bewertungsverfahren, welches in der vorliegenden Arbeit verwendet wird, ist dies nicht der Fall (siehe Tabelle 24), da die Quellen aus der die Informationen stammen, im vorliegenden Anwendungsfall also die Nutzer, die die Wegstücke erfasst haben, berücksichtigt werden.

Unter Berücksichtigung der eben durchgeführten Betrachtungen resultiert die Festlegung des Schwellwerts s für das jeweilige Bewertungsverfahren in der Frage wie die Bildung von Vertrauen im vorliegenden Kontext erfolgt. Die hier auftretende Problematik spiegelt sich zum Beispiel in folgenden Fragestellungen wider, die bei der Bestimmung des Schwellwerts s aufgeworfen werden können:

- Kann einem Abschnitt der aus 8 von verschiedenen Nutzern erfassten Wegstücken berechnet wurde, mehr vertraut werden, als einem aus 7? Warum gerade 8?
- Kann einem Abschnitt, der aus 8 von verschiedenen **unbekannten** Nutzern erfassten Wegstücken berechnet wurde, mehr vertraut werden, als einem aus von 4 **bekannten** Nutzern?

Das hier verwendete Konzept der Vertrauenswürdigkeit hat gegenüber dem Zählverfahren den Vorteil, dass es zwischen „unbekannten“ und „bekannten“ Nutzern unterscheidet. Aber auch hier erschwert die in Tabelle 25 aufgezeigte Besonderheit des verwendeten Algorithmus zur Bestimmung der Vertrauenswürdigkeit eines neu berechneten Abschnitts die Festlegung des Schwellwertes s . Die dort aufgeführten Möglichkeiten für das Zustandekommen verschiedener Werte der Vertrauenswürdigkeit zeigen zum Beispiel, dass die Vertrauenswürdigkeit eines Abschnitts, der aus Wegstücken 10 verschiedener Nutzer erzeugt wurde, niedriger sein kann als die eines Abschnitts, der auf von 3 Nutzern erfassten Daten basiert.

Reputation der Nutzer	Vertrauenswürdigkeit des Abschnitts
10 neue Nutzer (R=100)	$10 \cdot 100 = 1000$
5 Nutzer mit mittlerer Reputation (R=500)	$5 \cdot 500 = 2500$
3 Nutzer mit hoher Reputation (R=890)	$3 \cdot 890 = 2670$

Tabelle 25: Beispiele für das Zustandekommen von Vertrauenswürdigkeiten (D=1000)

Wie beim Zählverfahren stellt sich auch bei der Verwendung der Vertrauenswürdigkeit für die Festlegung des Schwellwerts s die Frage ob und wie die Bildung von Vertrauen mit diesem abgebildet wird.

Wie die soeben aufgeführten Beispiele zeigen, spiegeln das verwendete Bewertungsverfahren und der festzulegende Schwellwert s wider, wie die Bildung von Vertrauen aus Sicht des Verantwortlichen für die Kerndatenbank stattfindet. Im Folgenden wird diese Problematik als *Prozess der Vertrauensbildung* bezeichnet. Da es, wie auch im realen Leben, keine allgemeingültigen Regeln für diesen Prozess gibt, kann der Schwellwert s nicht einfach generell festgelegt werden. Während für den einen Verantwortlichen der Kerndatenbank die Übernahme in die Kerndatenbank auf Basis einer bestimmten Anzahl an Nutzern (Zählverfahren) sinnvoll erscheint, würde sich ein anderer für die Berücksichtigung der Reputation der Nutzer entscheiden und somit die Vertrauenswürdigkeit verwenden. In der vorliegenden Arbeit wurde letzteres Verfahren für das im folgenden Kapitel aufgezeigte Fallbeispiel verwendet. Zur Modellierung wurde der im vorherigen Abschnitt beschriebene angepasste Sporas Algorithmus verwendet. Weitere Untersuchungen zu den Möglichkeiten, wie der Schwellwert festgelegt werden kann, würden den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Im anschließenden Fallbeispiel wird der Schwellwert deshalb in einfacher Art und Weise bestimmt.

Weiterführende Untersuchungen sollten jedoch den Prozess der Vertrauensbildung im vorliegenden Anwendungsfall näher betrachten. Zum Beispiel könnte dies unter Berücksichtigung sowohl der Anzahl der Nutzer als auch der ermittelten Vertrauenswürdigkeit geschehen. So könnte die Bildung des Vertrauens etwa auf folgender Aussage basieren:

- Ein neu berechneter Abschnitt muss mindestens aus Wegstücken dreier unterschiedlicher Nutzer erzeugt worden sein und mindestens eine Vertrauenswürdigkeit von 1300 aufweisen. Diese Zahlenwerte wurden exemplarisch ohne nähere Untersuchung gewählt.

Bei Abbildung obengenannter Aussage in einen Prozess zur Vertrauensbildung innerhalb eines IT-Systems könnte zum Beispiel untersucht werden, ob und wie Methoden aus dem Bereich der Fuzzy-Logik auf die vorliegende Problematik der Schwellwertbestimmung beitragen können.

4 Fallbeispiel

Im Folgenden wird auf die in dieser Arbeit detaillierter untersuchten Teile des vorgeschlagenen zweiten Verfahrensteils eingegangen. Zum einen wird für diesen das Verfahren zur Bestimmung gleicher Teilstücke und zur Berechnung des resultierenden Abschnitts auf einen Beispieldatensatz angewendet (1. Schritt im zweiten Verfahrensteil). Zum anderen wird das hier vorgestellte Verfahren zur Modellierung der Reputation der Nutzer angewendet und dessen Verwendungsmöglichkeiten im vorliegenden Anwendungsfall der Wanderwege aufgezeigt.

4.1 Eingangsparameter und Ausgangsdaten

Im folgenden Abschnitt wird der zweite Verfahrensteil auf ein konkretes Beispiel angewendet. Dieser besteht aus drei Schritten, wie sie in Abschnitt 3.2.2 (Seite 70) beschrieben sind.

Bevor mit der Auswertung der von den Nutzern gelieferten Daten begonnen werden kann, müssen die Parameter für die Bewertung der Nutzer für den Sporas Algorithmus (siehe Gleichung 10, Seite 94) festgelegt werden. Für das in diesem Abschnitt behandelte Fallbeispiel wurden hierfür die in Tabelle 26 zusammengefassten Parameter verwendet.

Parameter	Wert		Bedeutung
D	1000	....	<i>Maximal erreichbare Reputation</i>
θ	10	....	<i>Anzahl der zurückliegenden Bewertungen, die berücksichtigt werden</i>
σ	10	....	<i>Beschleunigungsfaktor der Dumpingfunktion</i>
R_0	100	....	<i>Minimale Reputation (berechnet nach Gleichung 3, Seite 62)</i>

Tabelle 26: Parameter für Sporas Algorithmus im vorliegenden Fallbeispiel

Im vorliegenden Fallbeispiel werden die in Tabelle 27 zusammengefassten drei Nutzer verwendet. Diese lassen sich grob in drei verschiedene Kategorien einteilen. Während Nutzer B die minimale Reputation R_b besitzt und somit als neuer Nutzer oder Nutzer von dem noch keine Daten verarbeitet wurden gilt, haben die Nutzer A und C ihre Ausgangsreputation R_a bereits gesteigert. Nutzer A spiegelt einen Nutzer mit einer mittleren Reputation wider, während Nutzer C bereits eine hohe Reputation besitzt.

Nutzer	Ausgangsreputation
A	$R_A = 450$
B	$R_B = 100$
C	$R_C = 800$

Tabelle 27: Im Fallbeispiel verwendete Nutzer mit ihrer Ausgangsreputation

Die den Nutzern für dieses Fallbeispiel zugewiesenen Reputationen wurden realistisch gewählt. So kann ein Nutzer, wie aus Tabelle 28 zusehen ist, der mit der Reputation R_b beginnt, bereits nachdem sechs Abschnitte seiner erfassten Routen zusammen mit ebenso vielen Abschnitten eines Nutzers mit sehr guter Reputation (zum Beispiel Nutzer A) zur Berechnung neuer Abschnitte verwendet wurden, einen mittleren Wert für die Reputation erreichen.

	R_A	R_{other}
0	100	800
1	172	800
2	238,24	800
3	299,18	800
4	355,25	800
5	406,82	800
6	454,28	

Tabelle 28: Beispiel für die Entwicklung der Reputation von Nutzer A

Als von den Nutzern A, B und C erfassten Routen werden in diesem Fallbeispiel die in Abbildung 53 gezeigten Polylinien verwendet. Bei diesen handelt es sich um mit GPS aufgezeichnete Routen. Aus diesen sind grobe Fehler in der Positionierung entfernt worden und eine Reduktion der Punktdichte wurde durchgeführt (siehe Abschnitt 3.2.1, Seite 69). Im Folgenden werden diese nach dem vorgestellten zweiten Verfahrensteil in mehreren Durchläufen verarbeitet. Hierbei wird die Entwicklung der Reputation der Nutzer, der Vertrauenswürdigkeit der Abschnitte sowie die Verarbeitung der dazugehörigen Geometrien erläutert. Im vorliegenden Fallbeispiel werden nur vom Nutzer erfasste Daten verwendet, für die auch innerhalb der hier verwendeten Toleranzgrenze von 15 Metern (ungefähre Messgenauigkeit von low cost GPS Empfängern) als gleich anzusehende Abschnitte gefunden werden können.

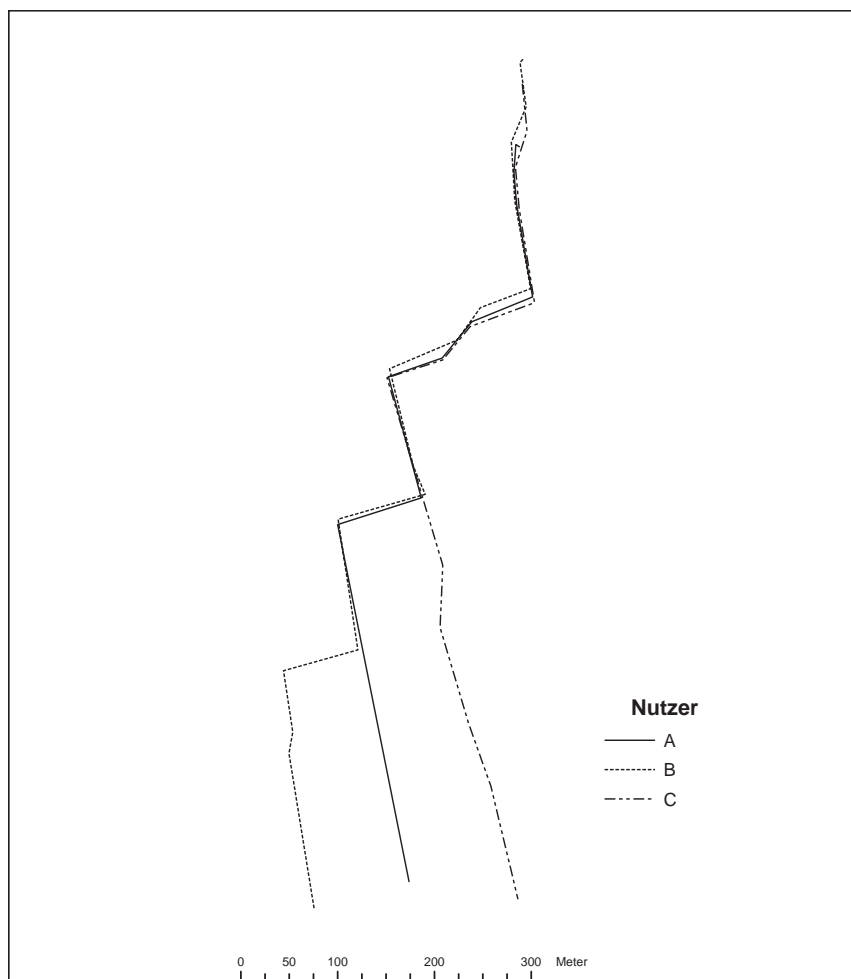


Abbildung 53: Im Beispielfall verwendete durch drei Nutzer (A,B,C) erfasste Routen

Weiterhin wird im vorliegenden Fallbeispiel auch die Auswirkung der zu verschiedenen Zeitpunkten zur Verfügung stehenden durch die Nutzer erfassten Routen aufgezeigt. Hierzu wird vorausgesetzt, dass die vom Nutzer C erfasste Route erst nach dem erstmaligen Durchlauf des zweiten Verfahrensteils zur Verfügung steht.

4.2 Verarbeitung der Daten

Im Folgenden wird der *zweite Verfahrensteil* in mehreren Iterationen durchlaufen. Zu Beginn eines jeden Durchlaufs werden zunächst die Eingangsdaten dargestellt, die danach in den einzelnen Schritten weiterverarbeitet werden. Hierdurch kann die Entwicklung der in diesem Fallbeispiel verwendeten Daten und die Reputation der beteiligten Nutzer an einem Beispiel nachvollzogen werden.

4.2.1 Erster Durchlauf

Eingangsdaten:

Für den ersten Durchlauf stehen die in Abbildung 54 dargestellten Eingangsdaten zur Verfügung. Diese bestehen aus den dort gezeigten Geometrien sowie den entsprechenden für die weitere Prozessierung benötigten Werten, die in den in Abbildung 54 enthaltenen Tabellen zusammengefasst sind. Weiterhin sind die in Tabelle 27 zusammengefassten Nutzer mit ihren zugehörigen Reputationen vorgegeben.

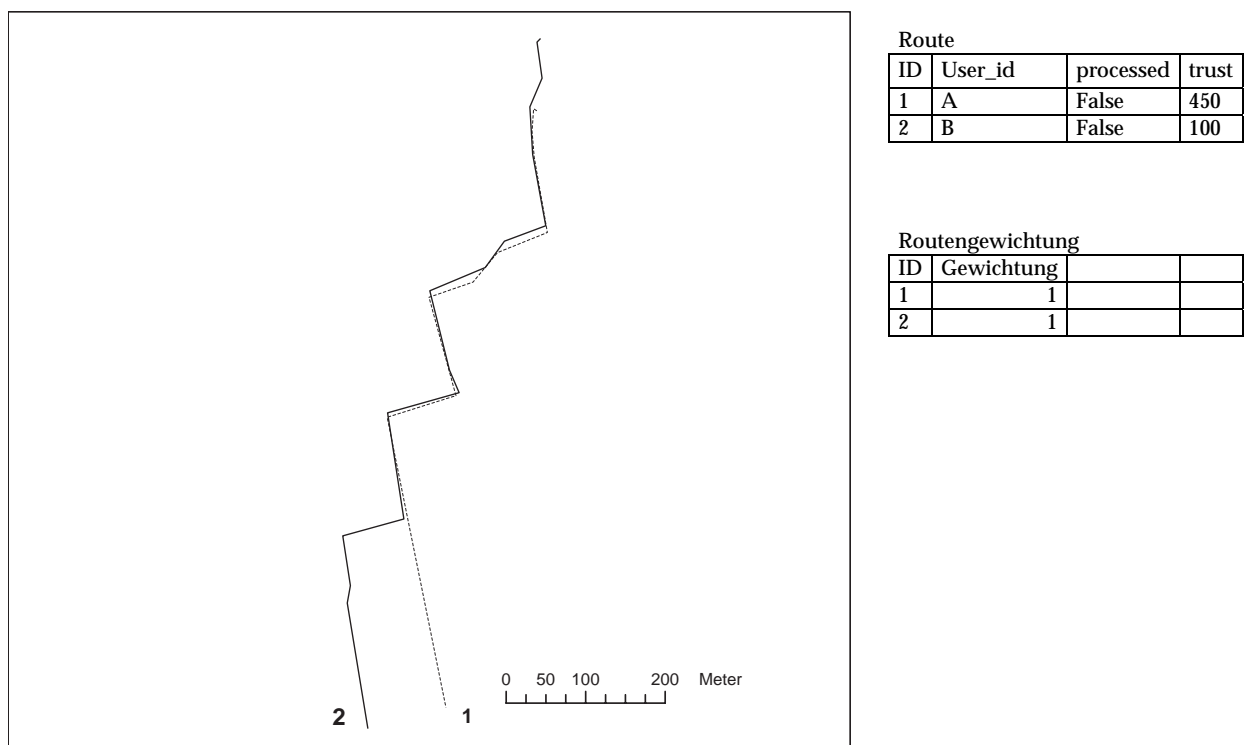


Abbildung 54: Eingangsdaten für den 1. Durchlauf des zweiten Verfahrensteils

Da es sich bei allen in diesem Fallbeispiel verwendeten Ausgangsdaten um durch von Nutzern erfasste Routen handelt, besitzen diese die (geometrische) Gewichtung 1 (siehe Gleichung 9, Seite 87). Diese Gewichtung wird im in dieser Arbeit verwendeten Datenmodell hier direkt in der Geometrie an jedem Stützpunkt der Polylinien abgelegt (Attribut *M* in der Klasse *PointM*, siehe Anhang A Abbildung 73 und Abbildung 75) und wäre eigentlich nicht notwendigerweise direkt als Attribut zu führen. Um im vorliegenden Fallbeispiel die Entwicklung der Gewichtung einzelner Abschnitte über die verschiedenen Durchläufe des zweiten Verfahrensteils besser verfolgen zu können, wird diese jedoch in einer separaten Tabelle mit angegeben (siehe Abbildung 54).

1. Schritt:

Der erste Schritt des zweiten Verfahrensteils besteht aus zwei durchzuführenden Teilen, der Suche nach zwei gleichen Abschnitten und falls diese vorhanden sind, der Erzeugung des neu berechneten Abschnitts. Im Folgenden wird dies für die gegebenen Eingangsdaten durchgeführt.

Suche nach gleichen Abschnitten:

Die Suche nach gleichen Abschnitten in den beiden von den Nutzern A und B erfassten Routen (1, 2) erfolgt mittels einer Pufferbildung um beide Routen mit einer Toleranz von 15 Metern. In Abbildung 55 sind diese Pufferzonen zusammen mit den durch die Nutzer erfassten Routen dargestellt. Durch die Pufferzonen werden die Bereiche, in denen sich „gleiche“ Abschnitte befinden, bestimmt.

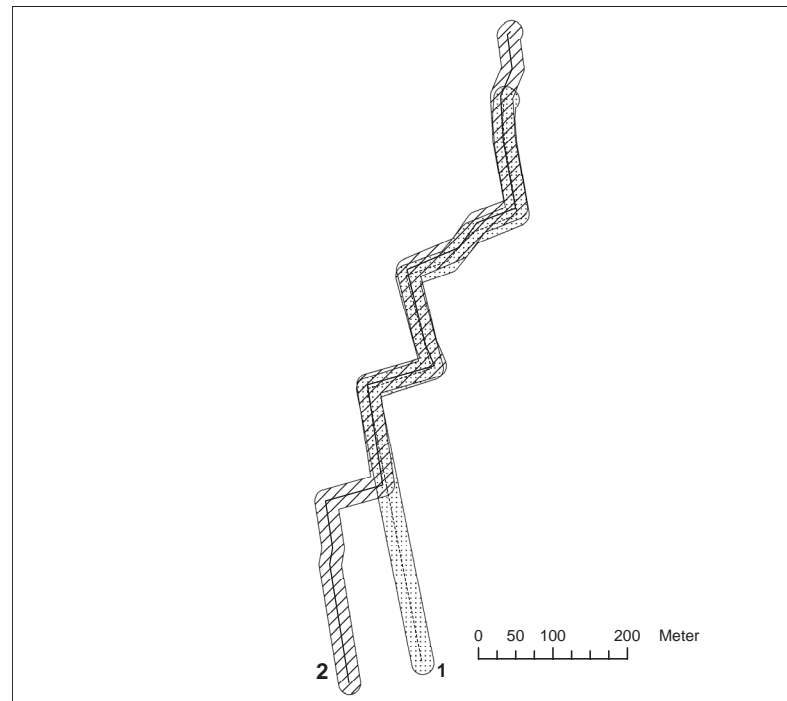


Abbildung 55: Pufferbildung im ersten Durchlauf zur Bestimmung gleicher Abschnitte

Abbildung 56 zeigt die Einteilung der Ausgangsdaten in die als gleich zu behandelten Abschnitte (grün) sowie die verbleibenden Teilstücke in rot. Um diese Aufteilung zu erreichen, wurden zusätzliche Stützpunkte an den Schnittpunkten der Ränder der Pufferzonen mit den Eingangsdaten eingeführt.

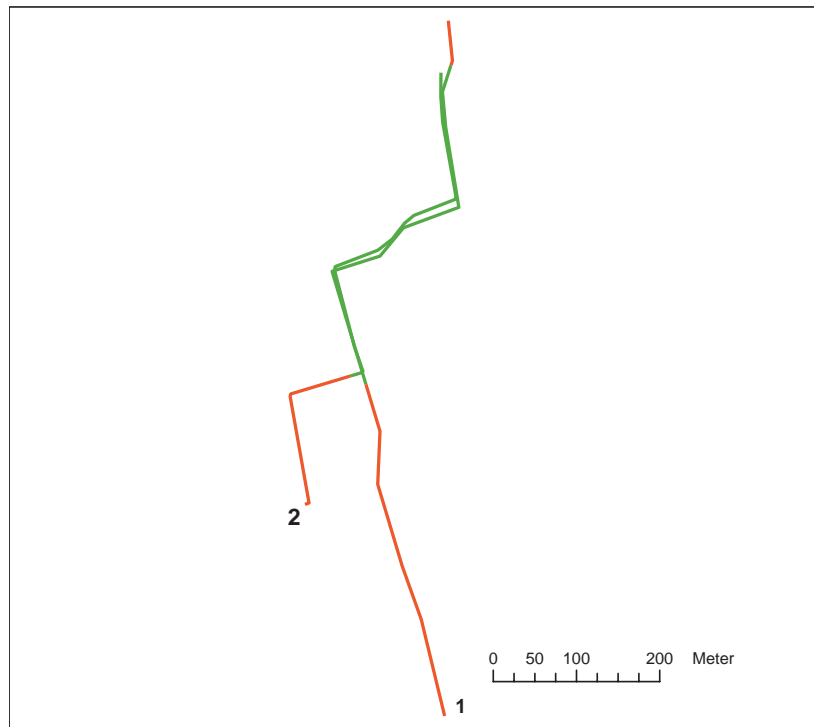


Abbildung 56: Als gleich identifizierte Abschnitte der Eingangsdaten (grün),
sowie verbleibende Abschnitte (rot)

Da, wie in Abbildung 56 zu sehen, gleiche Abschnitte gefunden wurden, ist nach dem zweiten Verfahrensteil mit der Erzeugung des neu berechneten Abschnitts fortzufahren.

Erzeugen des neu berechneten Abschnitts:

Für die in Abbildung 56 in Grün dargestellten Teilstücke der beiden Routen 1 und 2 wurde der neue Abschnitt berechnet. Dieser ist in der folgenden Abbildung rot markiert und verläuft auf Grund der gleichen Gewichtung der Eingangsdaten (1, 2) von jeweils 1 in der Mitte zwischen den beiden.

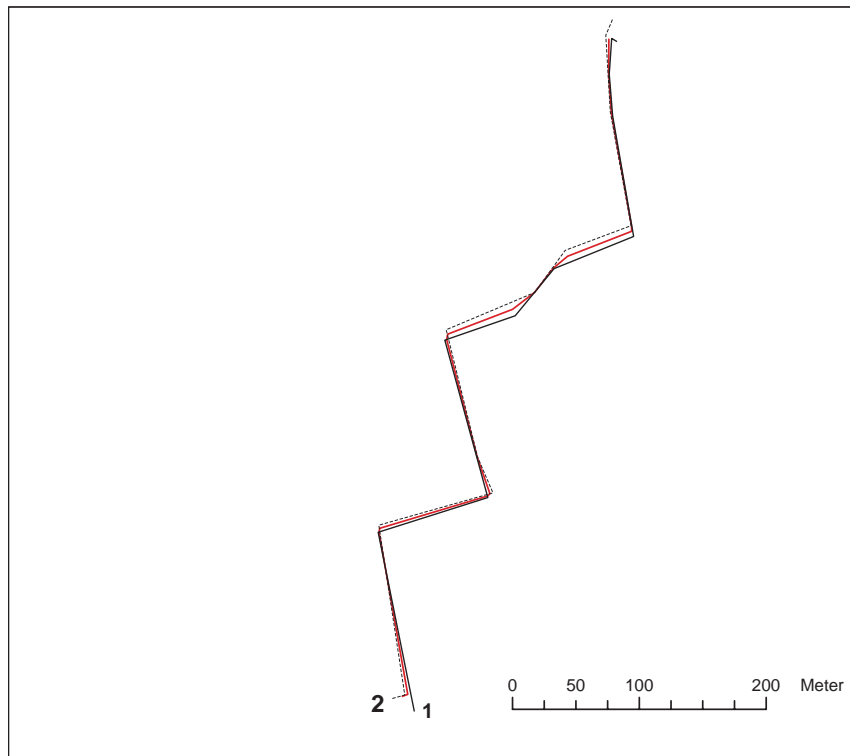


Abbildung 57: Im ersten Durchlauf erzeugter neu berechneter Abschnitt (rot), zwischen den als gleich identifizierten Abschnitten der Eingangsdaten 1 und 2

Die Stützpunkte des neu berechneten Abschnitts (rot) wurden auf Basis der Lote, wie sie durch den in Abschnitt 3.3.1.2 (Seite 81) beschriebenen Algorithmus erzeugt werden, berechnet. Unter Verwendung des Anfangs- und Endpunkts (P^1 , P^2) dieser Lote berechnen sich die Stützpunkte P_i des resultierenden Abschnitts nach Gleichung 9 (Seite 87). Unter Berücksichtigung der Gewichtung der hier verwendeten Eingangsdaten 1 ($w_1=1$) und 2 ($w_2=1$) werden im vorliegenden Durchlauf somit die Stützpunkte P_i wie folgt berechnet:

$$P_i = \frac{P^1 + P^2}{2}$$

Gleichung 11: Berechnung der Stützpunkte P_i eines neuen Abschnitts bei gleicher Gewichtung der Eingangsdaten

2. Schritt

Bewertung des neu berechneten Abschnitts:

Nach der Berechnung eines neuen Abschnitts ist dessen Vertrauenswürdigkeit zu bestimmen. Im ersten Durchlauf des zweiten Verfahrensteils wird die Vertrauenswürdigkeit τ_{neu} des neu berechneten Abschnitts nach Gleichung 7 (Seite 74) wie folgt bestimmt:

$$\tau_{neu} = \tau_1 + \tau_2 = 450 + 100 = 550$$

Bewertung der Nutzer:

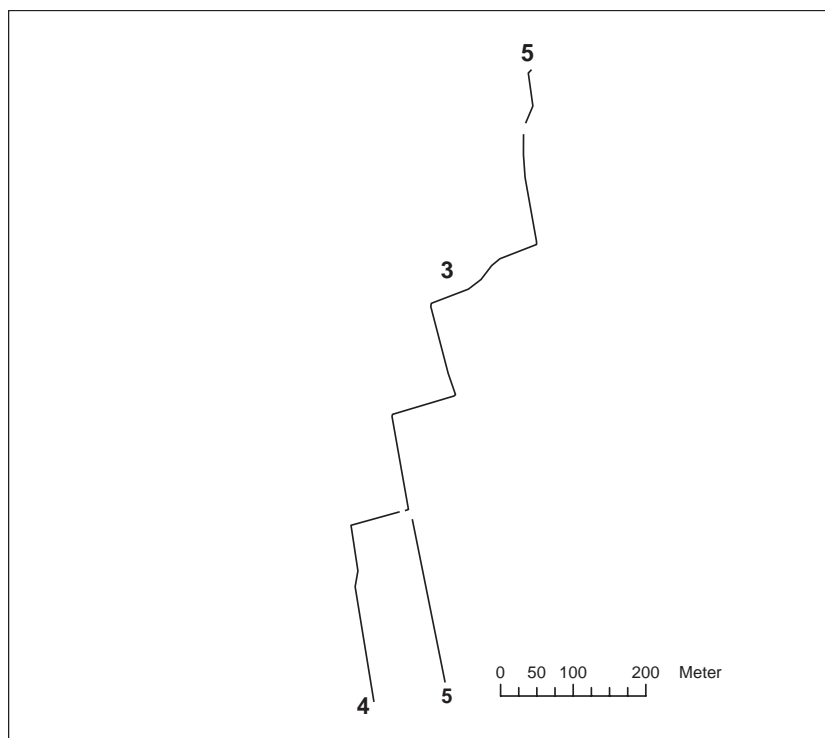
Nachdem die Vertrauenswürdigkeit des neu berechneten Abschnitts ermittelt wurde, werden die Reputationen der beteiligten Nutzer aktualisiert. Hierzu wird das in Abschnitt 3.4 (Seite 90) erläuterte, auf dem Sporas Algorithmus basierende, Verfahren verwendet. Tabelle 29 zeigt die Entwicklung der Reputation der Nutzer während des ersten Durchlaufs des zweiten Verfahrensteils. Während die Reputation der Nutzer A und B steigt, da ein neu berechneter Abschnitt aus Teilstücken der von ihnen gelieferten Routen erzeugt wurde, bleibt die Reputation des unbeteiligten Nutzers C konstant.

Durchlauf	Reputation des Nutzers		
	A	B	C
0	450	100	800
1	455,50	140,50	800

Tabelle 29: Reputation der Nutzer nach dem ersten Durchlauf

Neu berechneten Abschnitt in Datenbank der Eingangsdaten einfügen:

Abschließend werden der neu berechnete Abschnitt 3 sowie die verbleibenden Teilstücke (4, 5), wie in Abbildung 58 für das vorliegende Fallbeispiel dargestellt, in die Datenbank der Eingangsdaten eingefügt.



Route

ID	User_id	processed	trust
1	A	True	450
2	B	True	100
4	A	False	450
5	B	False	100

Berechnete Abschnitte

ID	Users	processed	trust
3	A,B	False	550

Routengewichtung

ID	Gewichtung		
4	1		
5	1		
3	2		

Abbildung 58: Verfügbare Daten am Ende des ersten Durchlaufs, graphisch dargestellt sind nur noch nicht bearbeitete Daten (processed=False)

Eine Besonderheit stellt hier der Datensatz 5 dar. Dessen Geometrie besteht aus zwei nicht miteinander verbundenen Polylinien. Eine Teil ist im unteren und der andere im oberen Teil der Abbildung 58 zu finden. Die Routen, die als Eingangsdaten verwendet wurden, werden als abgearbeitet (processed = True) markiert.

4.2.2 Zweiter Durchlauf

Eingangsdaten:

Für den zweiten Durchlauf stehen zum einen der in der ersten Iteration aus den Routen der Nutzer A und B (1, 2) erzeugte neu berechnete Abschnitt 3 sowie die verbleibenden Teilstücke dieser Routen (4, 5) als Eingangsdaten zur Verfügung. Zum anderen kommt nun die von Nutzer C erfasste Route (6) hinzu. Abbildung 59 zeigt alle in diesem Durchlauf verwendeten Eingangsdaten sowohl in ihrer geometrischen Ausprägung als auch die dazugehörigen Attribute, wie Quelle (User_id, Users), Vertrauenswürdigkeit (trust) und Gewichtung. Diese werden im Folgenden nach dem zweiten Verfahrensteil verarbeitet. Analog zum ersten Durchlauf erfolgt eine Bestimmung gleicher Abschnitte, die Erzeugung eines neu berechneten Abschnitts sowie die Bewertung dieses Abschnitts und der Nutzer deren Daten zu dessen Berechnung beigetragen haben.



Route

ID	User_id	processed	trust
1	A	True	450
2	B	True	100
4	A	False	450
5	B	False	100
6	C	False	800

Berechnete Abschnitte

ID	Users	processed	trust
3	A,B	False	550

Routengewichtung

ID	Gewichtung		
4	1		
5	1		
3	2		
6	1		

Abbildung 59: Eingangsdaten für den 2. Durchlauf des zweiten Verfahrensteils, in Grün die von Nutzer C gelieferte Route 6

1. Schritt:

Suche nach gleichen Abschnitten:

Die Suche nach gleichen Abschnitten innerhalb der Eingangsdaten beginnt mit der Bildung von Pufferzonen mit der in diesem Fallbeispiel verwendeten Toleranzgrenze von 15 Metern um alle in den Eingangsdaten enthaltenen Polylinien. Abbildung 60 zeigt diese Pufferzonen um alle noch nicht bearbeiteten (processed=False) Polylinien der Eingangsdaten (3, 4, 5, 6).

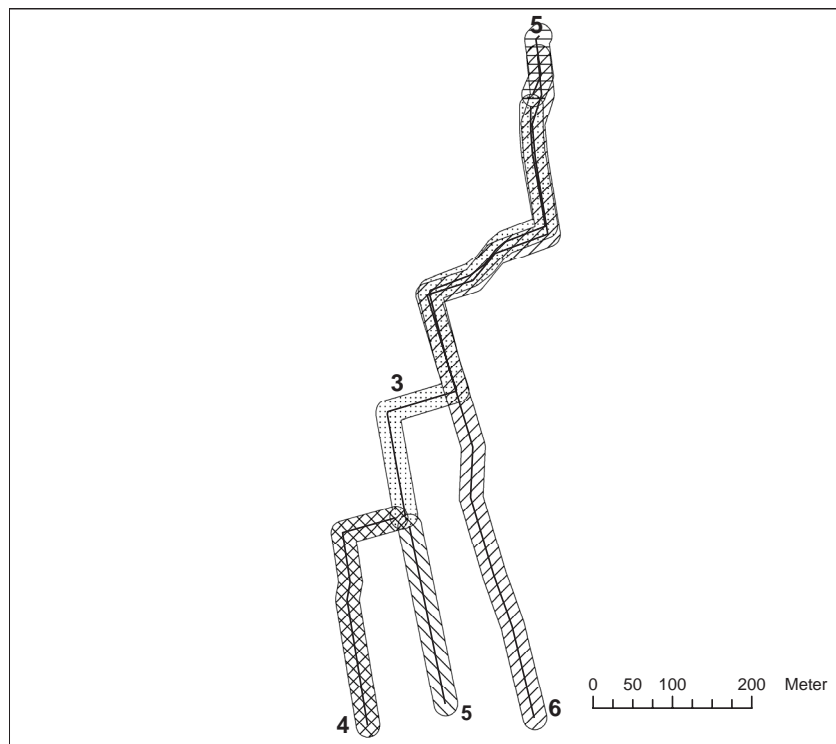


Abbildung 60: Pufferbildung im zweiten Durchlauf zur Bestimmung gleicher Abschnitte

Im Gegensatz zu den Pufferzonen im ersten Durchlauf des vorliegenden Fallbeispiels (siehe Abbildung 55) sind im jetzigen Durchlauf deutlich mehrere Überlappungen der Pufferzonen (siehe Abbildung 60) festzustellen. Insgesamt sind in folgenden drei Bereichen Teilstücke von Eingangsdaten enthalten:

- *Bereich in denen sich die Pufferzonen der Polylinien 3, 4 und 5 überlappen:* Die in diesen Pufferzonen enthaltenen Teilstücke der Polylinien bestehen entweder aus einem Punkt, der auf dem Rand einer Pufferzone liegt, oder aus sehr kurzen Teilstücken, mit einer Länge unterhalb der hier verwendeten Toleranzgrenze von 15 Metern. Dieser Bereich ist deshalb im weiteren Ablauf nicht weiter zu berücksichtigen (siehe auch Abschnitt 3.3.1.2, Seite 81).
- *Bereich in denen sich die Pufferzonen der Polylinien 3 und 6 überlappen:* In diesem Bereich sind die längsten Teilstücke, die sich in Pufferzonen der Eingangsdaten befinden, enthalten. Die Teilstücke stammen hier zum einen aus der vom Nutzer C gelieferten Route (6), zum anderen aus dem im ersten Durchlauf neu berechneten Abschnitt (3).
- *Bereich in denen sich die Pufferzonen der Polylinien 5 und 6 überlappen:* Diese Überlappung der Pufferzonen ist im oberen Teil der Abbildung 60 zu sehen. Die dort dargestellte kleinere Pufferzone gehört zu einem verbleibenden Teilstück (5) der im ersten Durchlauf verarbeiteten durch den Nutzer B erfassten Route 2. Die dort vorhandene kleinere Polylinie des Datensatzes 5 liegt mit einer Länge von über 70 Metern deutlich oberhalb der hier verwendeten Toleranzgrenze. Die größere Pufferzone gehört zu der durch den Nutzer C erfassten Route 6.

Die beiden letztgenannten Bereiche der obigen Auflistung sind somit diejenigen, in denen als gleich anzusehende Abschnitte zu finden sind. Im weiteren wird jeweils nur eine paarweise Verarbeitung zweier Teilstücke innerhalb eines Überlappungsbereichs der Pufferzonen durchgeführt. Deshalb wird im zweiten Durchlauf zunächst nur der Bereich, der sich aus der Überlappung der Pufferzonen der Polylinien 3 und 6

ergibt, berücksichtigt. Der verbleibende Bereich, der sich aus der Überlappung der Pufferzonen der Polylinien 5 und 6 ergibt und im Vergleich zum vorherigen die kürzeren Teilstücke der Eingangsdaten enthält, wird separat im nächsten Durchlauf des Fallbeispiels behandelt.

Zunächst werden die beiden Polylinien 3 und 6 in „gleiche“ Abschnitte und verbleibende Teilstücke eingeteilt. Abbildung 61 zeigt das Ergebnis dieser Einteilung mit den innerhalb des Toleranzbereichs als gleich identifizierten Abschnitten in Grün und den verbleibenden Teilstücken der Polylinien in rot.

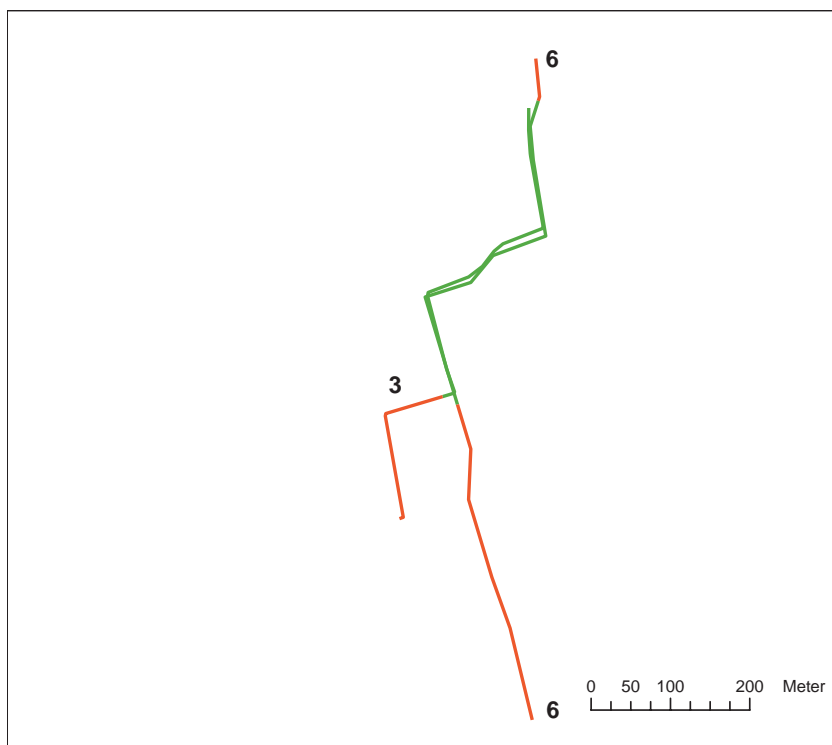


Abbildung 61: Als gleich identifizierte Abschnitte der Eingangsdaten 3 und 6 in Grün, sowie verbleibende Teilstücke (rot)

Erzeugen des neu berechneten Abschnitts:

Für die als gleich identifizierten Abschnitte der Eingangsdaten 3 und 6 werden die Stützpunkte P_i des resultierenden Abschnitts nach Gleichung 9 bestimmt. Unter Berücksichtigung der Gewichtung der Eingangsdaten 3 ($w_3=2$) und 6 ($w_6=1$) ergibt sich somit für jeden dieser Stützpunkte P_i :

$$P_i = \frac{2 \cdot P_{\rho_i}^3 + P_{\rho_i}^6}{3}$$

Gleichung 12: Berechnung der Stützpunkte P_i eines Abschnitts für die Eingangsdaten 3 und 6

Abbildung 62 zeigt den aus den Eingangsdaten 3 und 6 neu berechneten Abschnitt in Rot. Dieser kommt auf Grund der unterschiedlichen Gewichtung der Eingangsdaten nicht wie im ersten Durchlauf (siehe Abbildung 57, Seite 104) mittig zwischen den Eingangsdaten zu liegen. Klar ist zu erkennen, dass sich der neu berechnete Abschnitt näher am höher gewichteten Abschnitt der Polylinie 3 befindet.

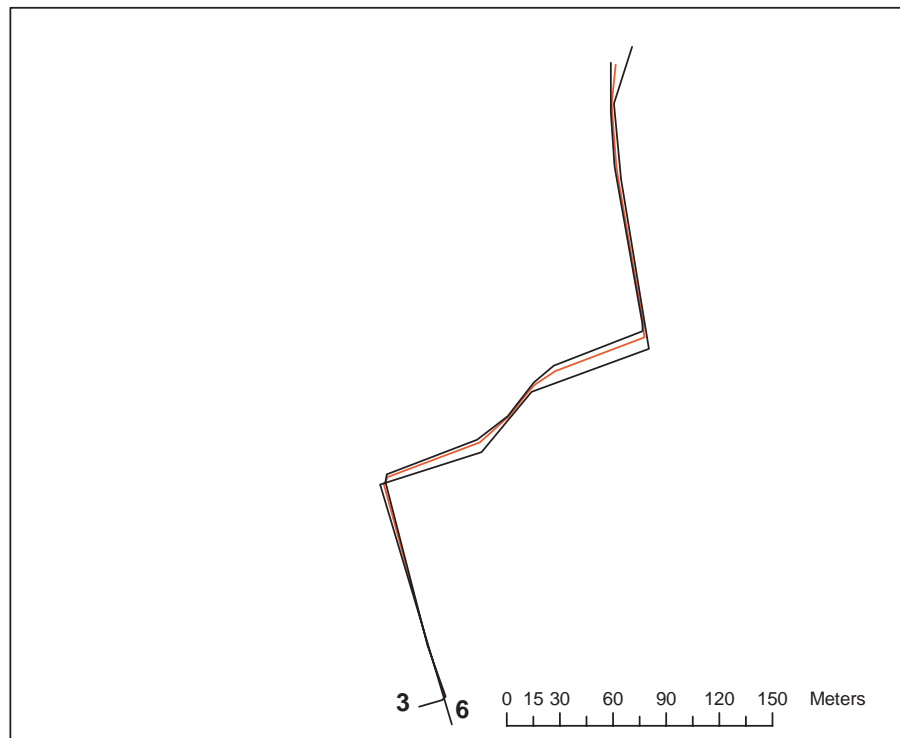


Abbildung 62: Im zweiten Durchlauf erzeugter neu berechneter Abschnitt (rot), zwischen den als gleich identifizierten Abschnitten der Eingangsdaten 3 und 6

2. Schritt

Bewertung des neu berechneten Abschnitts:

Die Bestimmung der Vertrauenswürdigkeit τ_{neu} des neu berechneten Abschnitts erfolgt wiederum nach Gleichung 7 (Seite 74). Für den neu berechneten Abschnitt in diesem Durchlauf ergibt sich somit:

$$\tau_{neu} = \tau_3 + \tau_6 = 550 + 800 = 1350$$

Bewertung der Nutzer:

Nach der Bewertung des neu berechneten Abschnitts sind die Reputationen der Nutzer, auf derer Basis dieser erzeugt wurde, zu aktualisieren. Für den momentanen Durchlauf betrifft dies die Nutzer A, B und C, da der neu berechnete Abschnitt auf der vom Nutzer C gelieferten Route 6 und dem aus den Daten der Nutzer A und B (1, 2) im ersten Durchlauf erzeugten Abschnitt 3 basiert. Somit ergeben sich folgende Änderungen der Reputationen:

Reputation Nutzer C: Da Teile der Route 6 des Nutzers C mit einem Teilstück des Abschnitts 3 zusammengeführt werden und dieser aus Daten der Nutzer A und B berechnet wurde, steigt die Reputation des Nutzers C

	R_{other}	Neu Reputation
$R_C=800$	$R_A=455,5$	$R_C=809,10$
$R_C=809,10$	$R_B=140,5$	$R_C=811,77$

zweimal. Tabelle 30 zeigt die Entwicklung der Reputation des Nutzers C.

Tabelle 30: Berechnung der Reputation des Nutzers C im zweiten Durchlauf

Die Reputation des Nutzers C wird somit in zwei Schritten, wie in Tabelle 30 zusehen, durch eine Bewertung durch den Nutzer A und danach durch den Nutzer B, gesteigert.

Reputation Nutzer A: Da ein Teilstück eines Abschnitts (3) der zum Teil aus Daten des Nutzers A erzeugt wurde zu einem neu berechneten Abschnitt (siehe Abbildung 61) beiträgt, wird die Reputation des Nutzers gesteigert. Hierzu wird von allen Nutzern, im vorliegenden zweiten Durchlauf des Fallbeispiels ist dies nur der Nutzer C, mit deren Daten der Abschnitt 3 zusammengeführt wird, eine Bewertung des Nutzers A durchgeführt. Tabelle 31 enthält die Ausgangswerte zur Berechnung der neuen Reputation des Nutzers A sowie die dessen resultierende neue Reputation.

	R_{other}	Neue Reputation
$R_A=455,5$	$R_C=800$	$R_A=498,06$

Tabelle 31: Berechnung der Reputation des Nutzers A im zweiten Durchlauf

Reputation Nutzer B: Analog zur Berechnung der Reputation des Nutzers A wird auch die Reputation des Nutzers B neu berechnet, da dieser ebenfalls Daten, die zur Berechnung des Abschnitts 3 verwendet wurden, beigetragen hat. Tabelle 32 enthält die zur Berechnung der neuen Reputation des Nutzers B verwendeten Ausgangswerte sowie dessen neue Reputation.

	R_{other}	Neue Reputation
$R_B=140,5$	$R_C=800$	$R_B=208,80$

Tabelle 32: Berechnung der Reputation des Nutzers B im zweiten Durchlauf

Zusammenfassend ist in Tabelle 33 die Entwicklung der Reputationsen der einzelnen Nutzer von der Ausgangssituation bis hin zur im zweiten Durchlauf erreichten Reputation dargestellt.

Durchlauf	Reputation des Nutzers		
	A	B	C
0	450	100	800
1	455,50	140,50	800
2	498,06	208,80	811,77

Tabelle 33: Reputation der Nutzer nach dem zweiten Durchlauf

Neu berechneten Abschnitt in Datenbank der Eingangsdaten einfügen:

Der zweite Durchlauf schließt mit der Aktualisierung der Datenbank der Eingangsdaten ab. Die während des zweiten Durchlaufs nicht zur Berechnung des neuen Abschnitts verwendeten Datensätze 4 und 5 bleiben unverändert erhalten. Der neu berechnete Abschnitt wird als Datensatz 8 eingefügt. Die Datensätze (3, 6), aus denen dieser erzeugt wurde, werden als abgearbeitet (*processed=True*) markiert und stehen damit zur weiteren Verarbeitung nicht mehr zur Verfügung. Die verbleibenden Teilstücke der Datensätze 3 und 6, die nicht in die Berechnung des neuen Abschnitts 8 eingeflossen sind, werden als Datensätze 7 und 9 weitergeführt. Abbildung 63 zeigt sowohl die graphische Ausprägung der am Ende des zweiten Durchlaufs zur Verfügung stehenden Datensätze als auch die dazugehörigen Attribute. Dort sind auch die aus getrennten Polylinien (5(1) und 5(2), 9(1) und 9(2)) bestehenden Datensätze 5 und 9 zu erkennen.

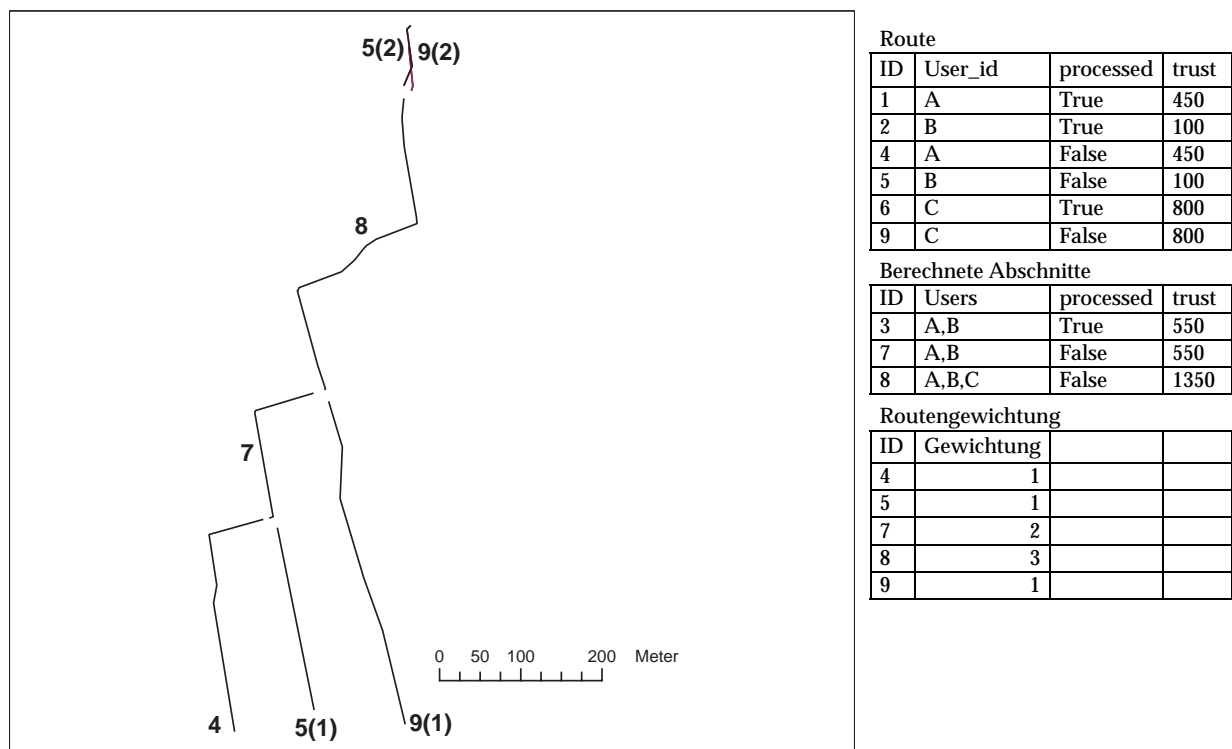


Abbildung 63: Verfügbare Daten am Ende des zweiten Durchlaufs, graphisch dargestellt sind nur nicht bearbeitete Daten (*processed=False*)

4.2.3 Dritter Durchlauf**Eingangsdaten:**

Als Eingangsdaten für den dritten Durchlauf des zweiten Verfahrensteils im vorliegenden Fallbeispiel werden die in Abbildung 63 dargestellten Daten verwendet. Neue Routen von Nutzern kommen in diesem Durchlauf des Fallbeispiels nicht hinzu.

1. Schritt:**Suche nach gleichen Abschnitten:**

Es wird wiederum um jede Polylinie der Eingangsdaten eine entsprechende Pufferzone gebildet. Wie in den Durchläufen zuvor werden diese verwendet, um Bereiche, in denen als gleich anzusehende Abschnitte zu finden sind, zu bestimmen. Abbildung 64 zeigt diese Pufferzonen mit den gesuchten Bereichen. Dort sind, wie auch im zweiten Durchlauf, einige Bereiche mit Überlappungen zu finden. Diese

4. Fallbeispiel

bestehen jeweils nur aus einem Punkt einer Polylinie oder einem Teilstück einer Polylinie, das kürzer als der vorgegebene Toleranzbereich ist, und somit nicht für die weitere Verarbeitung in Frage kommen. Im Einzelnen sind diese die Überlappungsbereiche der Polylinien:

- 4, 5(1) und 7
- 7, 9(1) und 8
- 8, 5(2) und 9(2)

Es verbleibt für die weitere Verarbeitung somit nur der Bereich der durch die Überlappung der Pufferzonen der Polylinien 5(2) und 9(2) gegeben ist. Dieser Bereich wurde auch schon im zweiten Durchlauf bestimmt, für die weitere Verarbeitung jedoch zu Gunsten eines anderen vorläufig zurückgestellt.

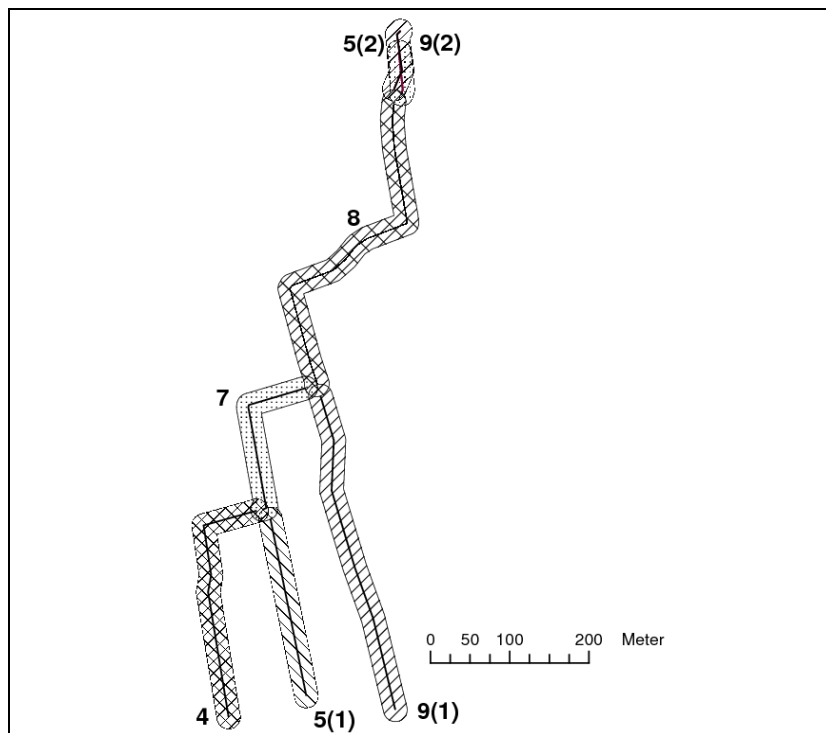


Abbildung 64: Pufferbildung im dritten Durchlauf zur Bestimmung gleicher Abschnitte

Für den in diesem Durchlauf identifizierten Bereich werden mittels der Pufferzonen die als gleich anzusehenden Abschnitte der Polylinien 5(2) und 9(2) bestimmt. Das in Abbildung 65 zu sehende Ergebnis dieser Bestimmung zeigt die als gleich identifizierten Abschnitte in Grün sowie das verbleibende Teilstück der Polylinie 5(2) in Rot.

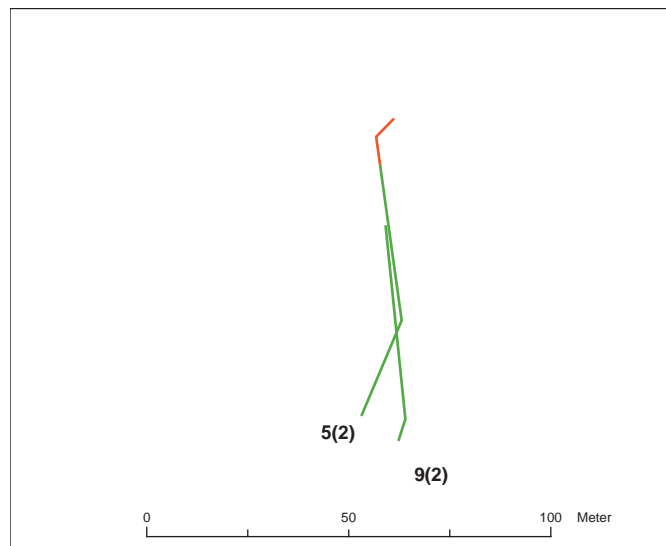


Abbildung 65: Als gleich identifizierte Abschnitte der Eingangsdaten 5(2) und 9(2) in Grün sowie verbleibende Abschnitte in Rot

Erzeugen des neu berechneten Abschnitts:

Aus den vorher als innerhalb der Toleranzgrenze als gleich anzusehenden Teilstücken (siehe Abbildung 65) wird ein neuer Abschnitt erzeugt. Unter Berücksichtigung der Gewichtung der Eingangsdaten 5(2) ($w_{5(2)}=1$) und 9(2) ($w_{9(2)}=1$) wird jeder der Stützpunkte P_i des neuen Abschnitts wie folgt berechnet:

$$P_i = \frac{P_{\rho_i}^{5(2)} + P_{\rho_i}^{9(2)}}{2}$$

Gleichung 13: Berechnung der Stützpunkte P_i eines Abschnitts für die Eingangsdaten 5(2) und 9(2)

Der neu berechnete Abschnitt (rot) ist in Abbildung 66 zusammen mit den zu seiner Berechnung verwendeten Ausgangsdaten dargestellt. Durch die gleiche Gewichtung dieser verläuft der neu berechnete Abschnitt mittig zwischen den Teilstücken der Ausgangsdaten.

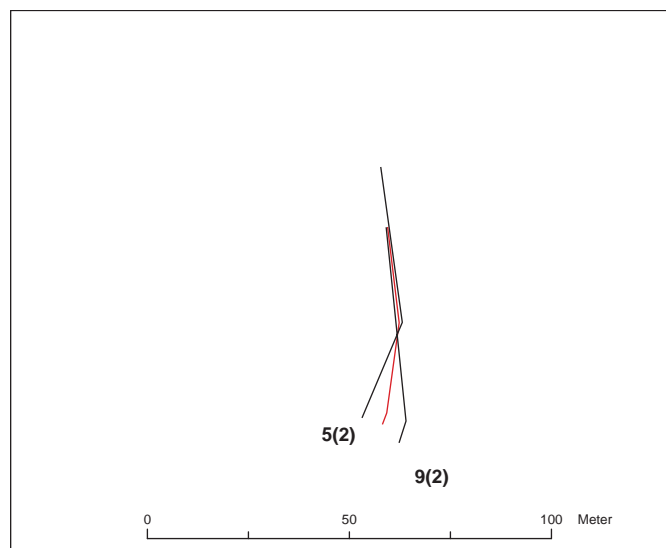


Abbildung 66: Im zweiten Durchlauf erzeugter neu berechneter Abschnitt (rot) zwischen den als gleich identifizierten Abschnitten der Eingangsdaten 3 und 6

2. Schritt

Bewertung des neu berechneten Abschnitts:

Die Bestimmung der Vertrauenswürdigkeit τ_{neu} des neu berechneten Abschnitts erfolgt wiederum nach Gleichung 7 (Seite 74). Für den neu berechneten Abschnitt in diesem Durchlauf ergibt sich somit:

$$\tau_{neu} = \tau_{5(2)} + \tau_{9(2)} = 100 + 800 = 900$$

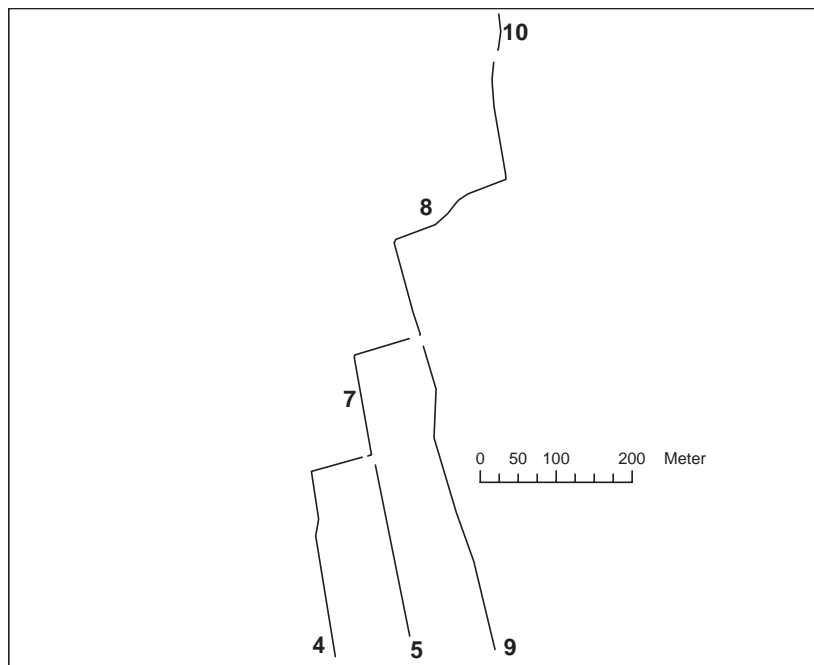
Bewertung der Nutzer:

Die Bewertung erfolgt wiederum, wie aus Tabelle 34 ersichtlich durch das vorgestellte Verfahren. Hierdurch steigt die Reputation der Nutzer, die Teilstücke, aus denen der neue Abschnitt berechnet wurde, geliefert haben. Im vorliegenden Durchlauf sind dies die Polylinien 5(2) und 9(2) der Nutzer B und C. Da zur Berechnung des neuen Abschnitts keine Daten des Nutzers A verwendet wurden, bleibt die Reputation dieses Nutzers konstant.

Durchlauf	Reputation des Nutzers		
	A	B	C
0	450	100	800
1	455,50	140,50	800
2	498,06	208,80	811,77
3	498,06	272,23	814,93

Tabelle 34: Reputation der Nutzer nach dem dritten Durchlauf

Neu berechneten Abschnitt in Datenbank der Eingangsdaten einfügen:



Route

ID	User_id	processed	trust
1	A	True	450
2	B	True	100
4	A	False	450
5	B	False	100
6	C	True	800
9	C	False	800

Berechnete Abschnitte

ID	Users	processed	trust
3	A,B	True	550
7	A,B	False	550
8	A,B,C	False	1350
10	B,C	False	900

Routengewichtung

ID	Gewichtung		
4	1		
5	1		
7	2		
8	3		
9	1		
10	2		

Abbildung 67: Verfügbare Daten am Ende des dritten Durchlaufs, graphisch dargestellt sind nur nicht bearbeitete Daten (processed=False)

Am Ende des dritten Durchlaufs wird der hier neu berechnete Abschnitt als Datensatz 10 in die Eingangsdaten für den zweiten Verfahrensteil eingefügt. Die Teilstücke 5(2) und 9(2), auf deren Basis dieser berechnet wurde, werden als abgearbeitet markiert. Wie aus Abbildung 67 zu entnehmen, werden die Teilstücke 5(1) und 9(1) zu den Datensätzen 5 und 9. Die Länge des einzigen in diesem Durchlauf verbleibenden Teilstücks der Polylinie 5(2), in Abbildung 65 (Seite 113) in Rot dargestellt, liegt unterhalb der vorgegebenen Toleranzgrenze. Somit wird dieses nicht in die Datenbank der Eingangsdaten eingefügt. Alle anderen Datensätze (4, 7, 8) bleiben unverändert.

4.2.4 Vierter Durchlauf

Eingangsdaten:

Die Eingangsdaten für den vierten Durchlauf des vorliegenden Fallbeispiels sind in Abbildung 67 zusehen. Es kommen keine weiteren von den Nutzern gelieferten Routen hinzu.

1. Schritt:

Suche nach gleichen Abschnitten:

Abbildung 68 zeigt die mit der vorgegebenen Toleranzgrenze von 15 Metern erzeugten Pufferzonen um die Polylinien der Eingangsdaten. Klar ist zu erkennen, dass keine Bereiche in denen sich als gleich anzusehende Abschnitte befinden gefunden werden können. Die in der Abbildung dargestellten Überlappungen der Pufferzonen enthalten nur noch einzelne Punkte einer Polylinie oder Teilstücke deren Länge unterhalb der Toleranzgrenze liegt.

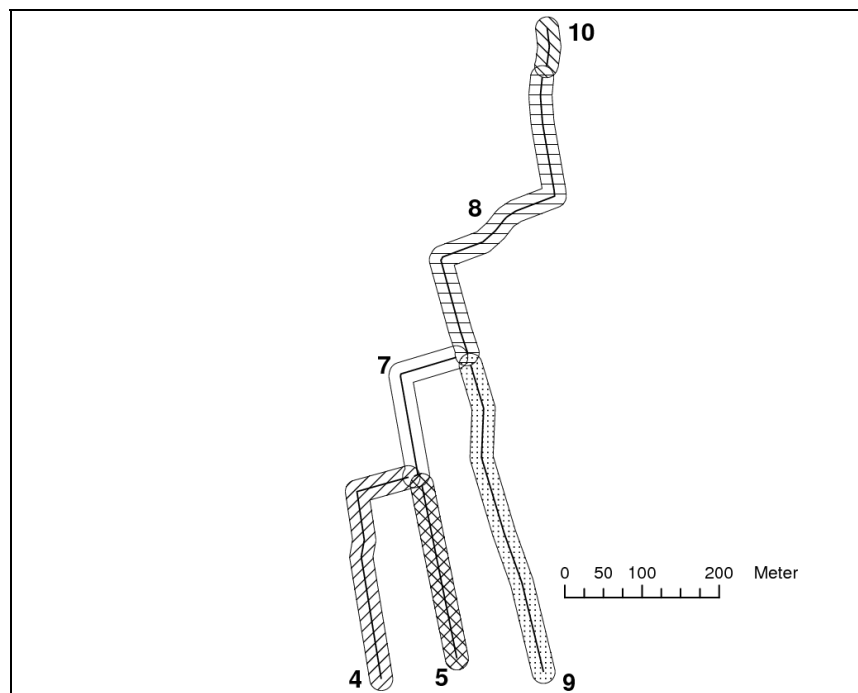


Abbildung 68: Pufferbildung im vierten Durchlauf zur Bestimmung gleicher Abschnitte

Nachdem vorgegebenen Ablauf für den zweiten Verfahrensteil ist, da keine als geometrisch „gleich“ anzusehende Abschnitte mehr gefunden wurden, mit dem dritten Schritt fortzufahren.

3. Schritt

Vergleich mit Schwellwert zur Übernahme in die Kerndatenbank

Die Bestimmung der Kandidaten zur Übernahme in die Kerndatenbank erfolgt durch einen Vergleich der Vertrauenswürdigkeit (trust) der Eingangsdaten für diesen Durchlauf (siehe Abbildung 67) mit dem Schwellwert s . Im vorliegenden Fallbeispiel wird der Schwellwert s auf 1000 festgelegt. Für den Vergleich mit der Vertrauenswürdigkeit der einzelnen Eingangsdaten bedeutet dies, dass alle Datensätze, deren Vertrauenswürdigkeit größer als s ist, als Kandidaten zur Übernahme in die Kerndatenbank anzusehen sind.

Die Festlegung des Schwellwerts $s=1000$ erfolgte für das vorliegende Fallbeispiel auf Grund folgender Überlegung. Ein Kandidat für die Kerndatenbank soll mindestens aus Daten zweier Nutzer erzeugt worden sein. Da die erreichbare Reputation eines Nutzers auf einen maximalen Wert ($D=1000$) begrenzt ist, ergibt sich unter Berücksichtigung des Verfahrens zur Bestimmung der Vertrauenswürdigkeit, dass dies durch die Wahl des Schwellwerts s sichergestellt wird.

Abbildung 69 zeigt graphisch den Vergleich der Vertrauenswürdigkeit der Eingangsdatensätze (4, 5, 7, 8, 9, 10) mit dem Schwellwert s . Die Höhen der Polylinien geben die Vertrauenswürdigkeit des jeweiligen Abschnitts wieder. Je höher diese sind, desto größer ist die Vertrauenswürdigkeit. In Grau ist für das vorliegende Fallbeispiel der Bereich zwischen der minimalen Vertrauenswürdigkeit eines Datensatzes und dem gesetzten Schwellwert s gekennzeichnet. Alle Datensätze, die in Abbildung 69 aus dem grauen Bereich herausragen sind somit Kandidaten zur Übernahme in die Kerndatenbank. Im vorliegenden Fallbeispiel ist dies für die Polylinie 8, mit einer Vertrauenswürdigkeit von 1350, der Fall. Alle anderen überschreiten mit ihrer zugehörigen Vertrauenswürdigkeit den Schwellwert s nicht (vergleiche hierzu Abbildung 67).

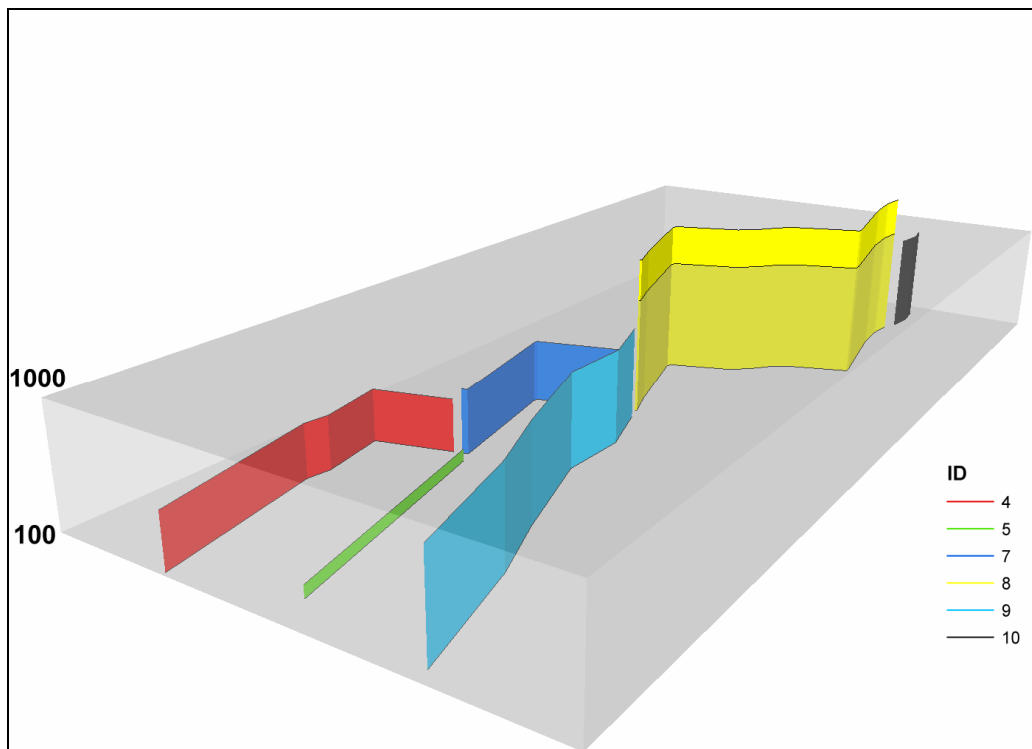


Abbildung 69: 3D Visualisierung der Eingangsdaten des vierten Durchlaufs. Die Höhe der einzelnen Polylinien geben deren *Vertrauenswürdigkeit* (trust) an. In Grau dargestellt der Bereich der Vertrauenswürdigkeit von 100 bis zum Schwellwert $s = 1000$.

Zusammenfassend zeigt das vorliegende Fallbeispiel die Anwendung des zweiten Teils des Verfahrensablaufs (siehe 3.2.2, Seite 70). In diesem werden sowohl die geometrische Verarbeitung der von Nutzern gelieferten Routen, die Entwicklung der Reputation der Nutzer als auch die darauf basierende Bestimmung der Vertrauenswürdigkeit der neu berechneten Abschnitte erläutert. Im vierten Durchlauf erfolgt abschließend eine Bestimmung der Abschnitte, die auf Grund der erreichten Vertrauenswürdigkeit als Kandidaten zur Übernahme in die Kerndatenbank gelten.

Zum besseren Vergleich zeigt Abbildung 70 das Ergebnis, das mit dem verwendeten Beispieldatensatz für das Zählverfahren erzielt werden kann. Die jeweilige Wertung der einzelnen Abschnitte entspricht den in Abbildung 67 in Tabelle *Routengewichtung* enthaltenen Werten.

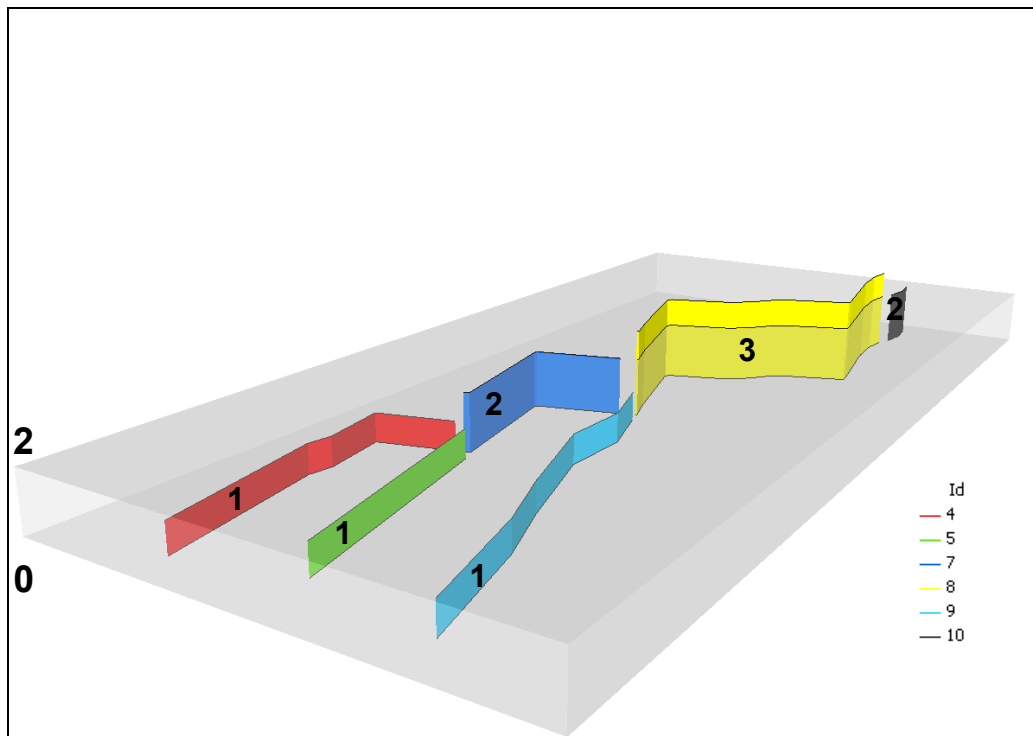


Abbildung 70: 3D Visualisierung der Eingangsdaten nach dem vierten Durchlauf unter Verwendung des *einfachen Zählverfahrens*. Die schwarzen Zahlen geben die Anzahl der Nutzer an die zum jeweiligen Abschnitt beigetragen haben.

In Tabelle 35 sind die mit dem *Zählverfahren* erreichten Werte der einzelnen Abschnitte denen der *Vertrauenswürdigkeit* gegenübergestellt. Deutlich zeichnet sich ab, dass unter Verwendung der Vertrauenswürdigkeit eine feinere Einstufung der einzelnen Abschnitte erfolgt als beim Zählverfahren. Der Unterschied der beiden Verfahren wird besonders bei den Abschnitten 7 und 9 deutlich. Während der Abschnitt 7 mit dem Zählverfahren die höhere Bewertung gegenüber Abschnitt 9 erhält, ist unter Verwendung der Vertrauenswürdigkeit, die auf der Reputation der Nutzer basiert, genau das Gegenteil der Fall. Der Prozess der Vertrauensbildung (Bestimmung der Schwellwerts s) kann nun zum Beispiel auf einem der beiden Verfahren oder einer Kombination der beiden durchgeführt werden (siehe hierzu Abschnitt 3.4.2, Seite 95).

Abschnitt	Zählverfahren	Vertrauenswürdigkeit
4	1	450
5	1	100
7	2	550
8	3	1350
9	1	800
10	2	900

Tabelle 35: Vergleich der Werte der einzelnen Abschnitte für das *Zählverfahren* und die ermittelte *Vertrauenswürdigkeit*

5 Zusammenfassung

Der Bedarf wie auch die Nutzung digitaler Geoinformationen haben einen rasanten Aufschwung erlebt. Während vor einigen Jahren die Nutzung dieser Daten noch hauptsächlich dem Bereich B2B vorbehalten war, werden diese Daten nun in erheblichem Umfang in B2C Anwendungen verwendet. Das beste Beispiel hierfür sind sicherlich die sich immer mehr verbreitenden Navigationslösungen. An erster Stelle sind dort die Anwendungen im Bereich der Fahrzeugnavigation zu nennen, die heutzutage als Massenware bereits bei Lebensmitteldiscountern erhältlich sind. Mit zunehmender Verbreitung solcher oder anderer auf digitaler Geoinformation basierender Anwendungen steigen jedoch auch die Anforderungen an diese. Beeinflusst von zunehmender Mobilität der Nutzer, einer sich rasch verändernden Umwelt und der Erschließung neuer Anwendungsgebiete sind somit immer detailliertere und aktuellere Daten als Grundlage für diese Anwendungen gefordert. Hieraus resultiert folglich ein immer höherer Aufwand und damit auch höhere Kosten bei der Datenerfassung und -aktualisierung.

Dies gilt auch für den Bereich der Location Based Services, der als einer der vielversprechendsten Märkte im Umfeld des Mobilfunks angesehen wird. In der vorliegenden Arbeit wurde deshalb untersucht, wie die Nutzer solcher positionsbezogenen Dienste in die Datenerfassung und -aktualisierung einbezogen werden können, um den Aufwand der hierzu notwendig ist zu reduzieren. Als Ansatz wird hier von einer Vielzahl an Nutzern eines LBS ausgegangen, die vor Ort fehlende oder fehlerhafte Informationen in den von ihnen genutzten Diensten feststellen und die Möglichkeit haben, diese an den Betreiber des LBS weiterzumelden. Da eine beliebige Änderung der Daten durch jeden Nutzer rasch zu einer unbrauchbaren Datengrundlage des LBS führen würde, wurde das im folgenden Abschnitt zusammengefasste zweiteilige Verfahren vorgeschlagen, um möglichst keine falschen Daten in Datengrundlage des LBS zu übernehmen. Innerhalb des Verfahrens werden deshalb Metadaten, insbesondere die Datenquelle, verwendet, um Rückschlüsse auf die Vertrauenswürdigkeit der erfassten Daten ziehen zu können.

5.1 Verfahren allgemein

Im ersten Teil des hier betrachteten Verfahrens zur Einbindung von LBS-Nutzern in die Erfassung und Aktualisierung der Daten wird die Erfassung von Daten durch die Nutzer und die Sammlung dieser zur weiteren Verarbeitung durchgeführt. Abbildung 71 zeigt die hier zu berücksichtigenden drei Schritte.

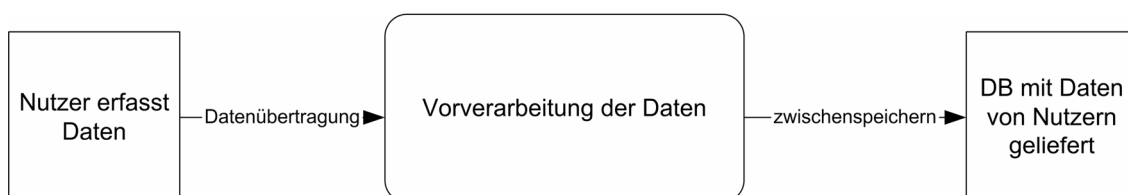


Abbildung 71: Schematischer Ablauf der Erfassung von Daten durch Nutzer

Ziel des zweiten Verfahrensteils ist es, aus den von vielen Nutzern erfassten Daten die als relevant für die Datenbank des LBS angesehen werden können, herauszufiltern. Wie bereits ausgeführt, ist es nicht sinnvoll jeden Nutzer des LBS beliebige Änderungen in der Kerndatenbank desselbigen durchführen zu lassen. Innerhalb des vorgestellten Verfahrens wurde deshalb das Konzept der Vertrauenswürdigkeit der Daten eingeführt, um auf Basis dessen relevante Daten für die Kerndatenbank des LBS zu ermitteln. Die Vertrauenswürdigkeit wird in Form eines numerischen Wertes ausgedrückt und bezieht sich auf jeweils eine Information zu einem Objekt. Bei der Bestimmung der Vertrauenswürdigkeit werden direkt folgende zwei Faktoren berücksichtigt:

- *Anzahl der übereinstimmenden Informationen* zum gleichen Objekt durch verschiedene Nutzer, d.h. je mehr Nutzer die gleiche Information zum selben Objekt erfassen, desto höher ist die Vertrauenswürdigkeit dieser Information.
- *Die Quelle der Information*, d.h. der Nutzer der die Daten erfasst hat. Hierdurch erhalten Daten, die von Nutzern stammen, die bereits mehrfach als zu einem gewissen Grad zuverlässig eingestufte Informationen geliefert haben, eine höhere Vertrauenswürdigkeit.

Abbildung 72 zeigt den generellen Ablauf des zweiten Teils des vorgestellten Verfahrens.

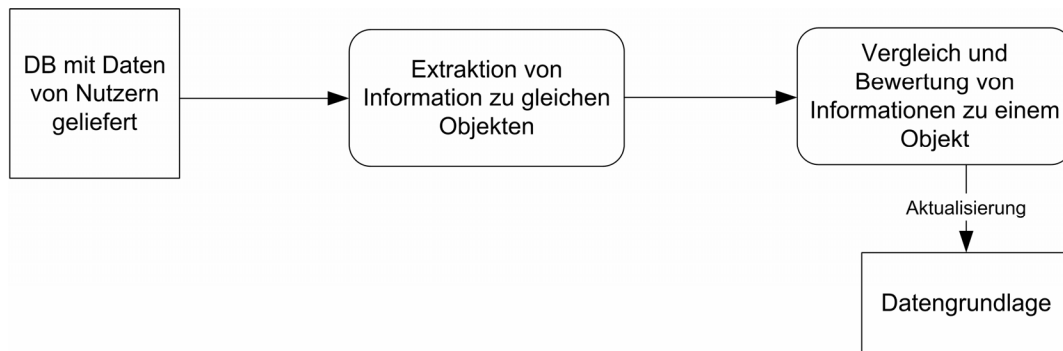


Abbildung 72: Schematischer Ablauf zur Verarbeitung der von den Nutzern gelieferten Daten

5.2 Ergebnisse des Anwendungsfalls

In der vorliegenden Arbeit wurde die Einbeziehung von Nutzern eines LBS für Wanderer in die Erfassung und Aktualisierung von Wanderwegen untersucht. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Nutzer Wanderrouen mittels GPS aufzeichnen und diese zur Auswertung zur Verfügung stellen. In den weiteren Untersuchungen wurden für den gewählten Anwendungsfall speziell die Schritte zur *Extraktion von Information von gleichen Objekten* und der *Vergleich und die Bewertung von Informationen zu einem Objekt* näher untersucht. Der abschließende Schritt der Aktualisierung der Kerndatenbank des LBS mit den als zuverlässig eingestuften Daten wurde in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet.

Bei der Anwendung des ersten Schritts musste berücksichtigt werden, dass selbst bei Nutzung identischer Wanderrouen durch verschiedene Nutzer auf Grund der Positionierungsgenauigkeit von GPS die geometrische Ausprägung der von den Nutzern erfassten Daten nie exakt übereinstimmen wird. Es wurde deshalb ein geometrischer Algorithmus verwendet, der innerhalb einer vorgegebenen Toleranzgrenze als gleich anzusehende Wegstücke in den von den Nutzern gelieferten Daten findet und durch eine Art Mittelbildung ein diese Wegstücke repräsentierendes Teilstück berechnet.

Weiterhin wurde für den zweiten Schritt ein Algorithmus entwickelt, der es ermöglicht die Vertrauenswürdigkeit der berechneten Wegstücken zu bestimmen. Da in dieser die Reputation der Nutzer berücksichtigt werden sollte, wurde die Anwendbarkeit der im Bereich der IT verwendeten Konzepte zur Modellierung von Vertrauen und Reputation für den vorliegenden Anwendungsfall untersucht. Auf Basis verschiedener Anforderungen an Algorithmen zur Modellierung der Reputation von Nutzern wurde ein Vergleich zweier anwendbarer Verfahren durchgeführt. Resultierend hieraus wurde der so genannte Sporas Algorithmus an den vorliegenden Anwendungsfall angepasst und für die Modellierung der Reputation der Nutzer verwendet.

Abschließend wurde der zweite Verfahrensteil mit den in der Arbeit vorgestellten Algorithmen in einem Fallbeispiel praktischen Test unterzogen. Hier wurden verschiedene von Nutzern erfasste Wanderrouen, die bereits den ersten Teil des Verfahrens durchlaufen

haben, mittels des in der vorliegenden Arbeit vorgestellten zweiten Verfahrensteils prozessiert.

Das Ergebnis der praktischen Tests zeigt, dass sich mit dem vorgestellten Verfahren aus den von Nutzern erfassten Wanderrouen. Basierend hierauf ist es einem Anbieter von positionsbezogenen Diensten somit möglich, die von den Nutzern erfassten Daten automatisch auszuwerten und unter Verwendung der ermittelten Vertrauenswürdigkeit zu entscheiden, welche Daten in die Kerndatenbank des LBS übernommen werden dürfen. Das vorgestellte Verfahren kann somit einen Beitrag zur Reduzierung der Kosten und des Aufwands bei der Datenerfassung und –aktualisierung leisten.

5.3 Einordnung der Ergebnisse

Während das vorhergehende Kapitel die Ergebnisse des in dieser Arbeit betrachteten Fallbeispiels zusammenfasst, werden diese im folgende in das wissenschaftliche Gesamtbild eingeordnet.

Die rasante Verbreitung und intensive Nutzung des Internets in den letzten Jahren resultiert in einer schier unendlichen und kaum noch überschaubaren Fülle an verfügbaren Informationen aus unterschiedlichsten Quellen. Diese Informationen sind in einfacher Art und Weise nahezu jedermann zugänglich. Jedoch kann, bedingt durch das offene und freie Konzept des World Wide Web (WWW), die Richtigkeit der bereitgestellten Informationen nicht einfach vorausgesetzt werden. Es obliegt meist dem Nutzer des World Wide Web zu entscheiden ob er der Quelle die die gesuchte Information bereitstellt vertraut. Das gleiche gilt nicht nur für Informationen und Daten aus dem Internet sondern auch für Dienste (Web Services) die über selbiges angeboten werden. Wie sich in den letzten Jahren gezeigt hat spielt Vertrauenswürdigkeit im Internet eine wichtige Rolle. Von besonderem Interesse sind für die meisten Nutzer des Internets momentan Anwendungsbereiche die finanzielle Transaktionen beinhalten wie zum Beispiel Electronic Banking (Online Banking) oder Internet Shops. Gerade hier kann wie auch häufig in der Presse berichtet erheblicher Schaden für den Kunden als auch für den Betreiber dieser Dienste entstehen. Um das Vertrauen der Kunden zu gewinnen und zu erhalten werden in den genannten Anwendungsbereichen verschiedenste unterschiedliche Konzepte und Verfahren angewendet. Am Ende ist es jedoch eine Entscheidung des Kunden ob er dem jeweiligen Anbieter eines Dienstes und das angewandte Verfahren als *vertrauenswürdig* einstuft und diesem zum Beispiel für einen online getätigten Einkauf seine Kreditkarteninformationen bereitstellt oder in einem anderen Fall ein online Konto eröffnet und nutzt.

Auch die Verfügbarkeit und Nutzung von Geodaten sowie Geodaten verarbeitender Dienste (Geo Web Services) über das Internet nimmt stetig zu. Ein wesentlicher Faktor hierfür ist zum Beispiel die weite Verbreitung von GPS- und Navigationsgeräten, die mit meist hinreichender Genauigkeit eine einfache Geodatenerfassung auch durch Privatpersonen ermöglichen, die dann anderen potentiellen Interessenten über das World Wide Web zur Verfügung gestellt werden können. Anwendungsbereiche in denen dies schon heute genutzt wird sind zum Beispiel Routenvorschläge (Kfz, Fahrrad, Wandern) oder der Austausch von Orte von Interesse (POIs). Den Nutzern dieser Geodaten und Dienste stellt sich jedoch auch die Frage der *Vertrauenswürdigkeit* der erhaltenen Informationen.

Wie in der vorliegenden Arbeit am Anwendungsfall des Wanderwegenetzes gezeigt kann ein numerischer Wert unter Berücksichtigung der Quelle der Information (Erfasser der Daten) ermittelt werden, der den Nutzer dieser Daten im Prozess der Vertrauensbildung unterstützt. Generell kann das vorgestellte Konzept der Vertrauenswürdigkeit auf nahezu alle im Internet verfügbaren Geodaten und Geo Web Services übertragen werden. Es würde den Vorteil bieten dem Nutzer neben den eigentlichen Daten weiterführende Informationen über die Quelle der Daten sowie deren Vertrauenswürdigkeit zu liefern. Wie in Abschnitt 2.2

(Seite 57) zusammengefasst wird in anderen Bereichen der IT bereits versucht ähnliche Konzepte einzusetzen.

Betrachtet man im Zusammenhang von Geodaten im Internet und Geo Web Services den durch erstmals Marsh ([Mar94]) eingeführten *Situational Trust* kann dieser wie folgt abgewandelt und interpretiert werden.

$$T_x(\tau(y), \alpha)^t$$

T	...	Vertrauen
α	...	Situation in der das Vertrauen berechnet werden soll
τ	...	Vertrauenswürdigkeit des Geodatensatzes/ Geo Web Services
t	...	Bisheriges Verhalten des Nutzers. Entspricht einer zeitlichen Abhängigkeit
y	...	Quelle des Geodatensatzes/Geo Web Services
x	...	Nutzer des Geodatensatzes/ Geo Web Services

Gleichung 14: Prozess der Vertrauensbildung unter Berücksichtigung der Vertrauenswürdigkeit

Nach Gleichung 14 wird das Vertrauen T des Nutzers x in einen Geodatensatzes/ Geo Web Services somit von der Situation α in der die Information genutzt werden soll, der Vertrauenswürdigkeit $\tau(y)$ sowie dem bisherigen (zeitlich veränderlichen) Verhalten des Nutzers beeinflusst.

Wesentliches Element des in Gleichung 14 zusammengefassten Prozesses ist die Vertrauenswürdigkeit τ . Wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt kann eine Vertrauenswürdigkeit auf verschiedene Arten bestimmt werden und zum Beispiel als numerischer Wert unter Berücksichtigung der Reputation des Daten Erfassers ausgedrückt werden. Um jedoch den Nutzern von Geodaten/ Geo Web Services allgemein zu ermöglichen diese Vertrauenswürdigkeit im Prozess der Vertrauensbildung zu verwenden sind weiterführende Untersuchungen in folgenden Bereichen notwendig:

- Standardisierung der Vertrauenswürdigkeit: Untersuchungen zu möglichst generischen Konzepten/Verfahren zur Modellierung der Vertrauenswürdigkeit für Geodaten und Geo Web Services
- Metadaten: Untersuchungen zu Metadatenanwendungsschemata, die sowohl alle zur Bestimmung der Zuverlässigkeit benötigten Informationen enthalten, wie auch die Speicherung der ermittelten Vertrauenswürdigkeit ermöglichen.

Weiterhin sollten Untersuchungen zum Prozess der Vertrauensbildung für Geodaten aus dem Internet und Geo Web Services durchgeführt werden. Hierbei können die in Gleichung 14 beschriebenen Parameter berücksichtigt werden und gegebenenfalls erweitert werden. So könnte zum Beispiel die Echtheit der Geodaten/Geo Web Services als zusätzlicher Parameter eingeführt werden und mittels digitaler Signaturen überprüft werden.

5.4 Ausblick

Das in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Verfahren zur Einbindung der Nutzer in die Datenerfassung und -aktualisierung wurde am konkreten Anwendungsfall der Wanderwege getestet. Weitere Untersuchungen sollten sich mit Weiterverarbeitung der durch das vorgestellte Verfahren erzeugten Daten beschäftigen. Dies kann zum einen die automatische Aktualisierung der Kerndatenbank des LBS mit den gewonnenen Daten sein. Zum anderen ist aber auch ein Zusammenbringen der erzeugten Daten mit aus anderen Verfahren gewonnenen Informationen denkbar. Ziel wäre es hier zum Beispiel, die mit dem vorgestellten Verfahren erzeugten Daten mit anderen zu vergleichen und so durch festgestellte Übereinstimmungen die Richtigkeit der durch das Verfahren berechneten Abschnitte zu verifizieren. Als Vergleichsdaten könnten zum Beispiel aus Rasterkarten oder Luftbildern extrahierte Informationen dienen. Weiterhin wäre es denkbar, die mit dem vorliegenden Verfahren erzeugten Daten als Eingangsinformationen für andere Datengewinnungsverfahren zu nutzen. So könnten zum Beispiel die von den Nutzern gelieferten Daten verwendet werden, um an diesen Stellen mittels geeigneter Verfahren in Rasterdaten automatisch gezielt nach Wanderwegen in Form von Linien zu suchen.

Resultierend aus dem in dieser Arbeit angewendeten Konzept der Vertrauenswürdigkeit und der Reputation der Nutzer sind weitere Untersuchungen für den in Abschnitt 3.4.2 (Seite 95) diskutierten Prozess der Vertrauensbildung auf Basis der ermittelten Vertrauenswürdigkeit der Teilstücke durchzuführen. Weiterführend wäre festzustellen, ob und wie der Prozess der Vertrauensbildung im Bereich von Geodaten generell durchgeführt werden kann. Näher zu betrachtende Fragestellungen hier wären zum Beispiel: Kann ein allgemeiner Prozess der Vertrauensbildung für Geodaten definiert werden, können gewisse Grundregeln, gültig für alle Geodaten aufgestellt werden, oder muss dieser Prozess für jeden einzelnen Anwendungsfall separat betrachtet werden?

Während der Algorithmus zur Bestimmung der Vertrauenswürdigkeit, wie er in der vorliegenden Arbeit verwendet wurde, auch auf andere Anwendungsfälle übertragbar sein sollte, sind die Algorithmen zur Bestimmung gleicher Information zum gleichen Objekt stark kontextabhängig. So wurden im vorliegenden Anwendungsfall Geometrien von den Nutzern erfasst und weiterverarbeitet. Denkbar ist aber auch eine Erfassung von attributiven Informationen zu einem Objekt durch die Nutzer. Hierzu gehören alle beschreibenden Informationen zu Objekten mit oder ohne Raumbezug. Der Vergleich derartiger Informationen kann offensichtlich nicht mit den gleichen Algorithmen durchgeführt werden, wie sie zum Beispiel in der vorliegenden Arbeit zur Bestimmung gleicher Abschnitte innerhalb der von den Nutzern erfassten Routen verwendet wurden. Vielmehr würden hier Methoden aus dem Bereich Semantik Anwendung finden.

Abkürzungsverzeichnis

3G	3rd Generation, künftige Mobilfunktechnologien inklusive WCDMA, CDMA2000, UMTS und EDGE	
AGPS	Assisted GPS	
B2B	Business to Business	
B2C	Business to Consumer	
CDMA	Code division multiple access	
CI	Cell ID	
DGPS	Differential GPS	
DTD	Document Type Definition	www.w3c.org
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution	
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service	
E-OTD	Enhanced Observed Time Difference	
Gbps	Giga Bit per second	
GLONASS	Global Navigation Satellite System	
GPS	Global Positioning System	
GSM	Global System for Mobile Communications	
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol	[HTTP]
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.	www.ieee.org
IP-DL	Idle Period Downlink	
IR	Infrarot	
ISO	International Standardization Organisation	www.iso.org
IT	Informationstechnik	
L.I.F.	Location Inter-Operability Forum	[LIF02]
LBS	Location Based Service	
Mbps	Mega Bit per second	
MLP	Mobile Location Protocol	[OMAMLPL]
OGC	Open Geospatial Consortium	www.ogc.org
OMA	Open Mobile Alliance	www.openmobilealliance.org
OTDOA	Observed Time Difference of Arrival	
PDA	Personal Digital Assistant	

POI	Point of Interest	
RX	Rx Level (dBm) - Empfangspegel	
SAR	Search & Rescue	
SMS	Short Messaging Service	
SOAP	Simple Object Access Protocol	[SOAP]
SVG	Scalable Vector Graphics	
TA	Timing Advance	
ToA	Time of Arrival	
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	
W3C	World Wide Web Consortium	www.w3c.org
WAP	Wireless Application Protocol	[WAP]
WCDMA	Wideband CDMA	
WLAN	Wireless Local Area Network	
WWW	World Wide Web	
XML	Extensible Markup Language	www.w3c.org

Literatur

- [Abd00] Abdul-Rahman, A.; Hailes, S.: *Supporting Trust in Virtual Communities*. In: Hawaii Int. Conference on System Sciences 33 , Maui, Hawaii, Januar 2000
- [Ait03] Aitenbichler, E.: Ortungssysteme für mobile Endgeräte. In: *Proceedings zu GI Jahrestagung (1) 2003*, 202-206
- [Alm02] Almer, A.; Zeiner, H.; Derler, Ch.; Stelzl, H.; Luley, P.: *National Park Information System*. Proceedings of the 16th International Conference, Informatics for Environmental Protection. Vienna, Austria, September 2002
- [And02] Andersen: *Digital Content for Global Mobile Services. Final Report*. European Commission Directorate-General Information Society, Februar 2002
- [Aras] Aras, H.; Malak, R.; Zipf, A.: *Crumpet*. Projektbeschreibung zu Crumpet, www.eml-development.de (zuletzt besucht 15.04.2005)
- [Bad00] Bader, M.; Barrault, M.: *Improving Snakes for Linear Feature Displacement in Cartographic Generalization*. Proceedings of the 5th International Conference on GeoComputation, University of Greenwich, United Kingdom, 23 - 25 August 2000
- [Bak03] Bakos, Y.; Dellarocas, C.: *Cooperation Without Enforcement? A Comparative Analysis of Litigation and Online Reputation As Quality Assurance Mechanisms*. Center for eBusiness@MIT, paper 174, MIT Sloan, März 2003
- [Bal00] Balbach, O.: *UMTS-Competing navigation system and supplemental communication system to GNSS*. In: Papers presented at ION GPS meeting 2000, Salt Lake City, Utah, U.S.A, September 19-22, 2000
- [Bar04] Barkhuus, L.: Privacy in Location-Based Services, Concern vs. Coolness. In Workshop on Location Systems Privacy and Control. MobileHCI04, Glasgow 13. September 2004
- [Böh04] Böhm, A.; Leiber, T.; Reufenheuser B.: *Trust and Transparency in Location-Based Services: Making Users lose their Fear of Big Brother*. In Workshop on Location Systems Privacy and Control. MobileHCI04, Glasgow 13. September 2004
- [Bol04] Boleng, J. ; Camp, T.: *Adaptive Location Aided Mobile Ad Hoc Network Routing*. In Proceedings of the 23rd IEEE International Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC '04), pp. 423-432, 2004
- [Boll02] Bollmann, J.; Koch, W. G.: *Lexikon der Kartographie und Geomatik*. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, 2002
- [Bra04] Brakel, O.; Groh, G.; Hillebrand, Ch.; Tasch, A.: *Privacy Matters for Location Based Community Services*. In: Proceedings zu GOR04 Conference, Duisburg, März 2004
- [Bri04] Bridwell, S. A.: Space-Time Masking Techniques for Privacy Protection in Location-Based Services. In: Proceedings of the 3rd International Conference on GIScience, Baltimore(MD), 2004
- [Brun02] Brunner, K.: *Schlechte Karten. Zur Problematik kartographischer Visualisierung auf kleinformatischen Displays mobiler Endgeräte*. GeoBit, 7. Jahrgang, Heft 10, Heidelberg, S. 20-22, 2002

- [Burg05] Burghardt, D.; Edwardes, A.; Purves, R.; Weibel, R.: *Automatische Generalisierung dynamisch generierter Karten für mobile Endgeräte*. In *Kartographische Nachrichten*, 55. Jahrgang, 3/2005
- [CAP04] CAPITALS ITTS consortium: *IST Fact Sheet: Capitals providing Integrated Travel and Tourism Services (CAPITALS ITTS)*. http://dbs.cordis.lu/fep-cgi/srchidadb?ACTION=D&CALLER=PROJ_IST&QF_EP_RPG=IST-2000-30038 (Stand: 15.05.2004), zuletzt besucht 22.04.2005
- [Car02] Carter, J.; Bitting, E.; Ghorbani, A. A.: *Reputation formalization for an information sharing multiagent system*. *Computational Intelligence*, 18(2), Seite 515-534, 2002
- [Cas02] Caspary, W.: Kinematische Messmethoden. In: *ZFV-Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement* 127 (2002), Nr. 5, S 281-290
- [CD19132] ISO/TC 211, *Geographic Information – Location based services – Reference model*, ISO Draft International Standard (DIS) 19132, 2005
- [CGA02] C.G.A.L.I.E.S: *Coordination Group on Access to Location Information for Emergency Services. Final Report*. <http://www.telematica.de/cgalies>, 2002 (zuletzt besucht 28.04.2004)
- [Cha02] Charvát, K.; Skala, V.; Holy, S.; Kafka, S.: *Forestry m business*. In: 5th AGILE Conference on Geographic Information Science – Proceedings, Palma, 2002
- [Che04] Cheng, R.; Prabhakar, S.: *Using Uncertainty to Provide Privacy-Preserving and High-Quality Location-Based Services*. In *Workshop on Location Systems Privacy and Control. MobileHCI04*, Glasgow 13. September 2004
- [Cole04] Coleman K.: *Convergence: GIS/Communications/Information Technologies*. http://www.directionsmag.com/article.php?article_id=699, 13. November 2004 (zuletzt besucht 12.05.2005)
- [Coro01] Corona, B.; Winter, S.: *Navigation information for pedestrians from city maps*. In: 4th AGILE Conference on Geographic Information Science – Proceedings, Brno, 2001
- [CSI01] CSISS: *SPECIALIST MEETING ON LOCATION-BASED SERVICES - Final Report*. Upham Hotel, Santa Barbara Dezember 2001 http://www.csiss.org/events/meetings/location-based/goodchild_lbs.htm, (zuletzt besucht 24.11.2004)
- [Cug02] Cugola, G.; Jacobsen, H.-A.: *Using Publish/Subscribe Middleware for Mobile Systems*. *ACM SIGMobile Mobile Computing and Communications Review (MC2R)* 6(4), Seite 25-33, ACM Press, NewYork, October 2002
- [Del03] Delbrouck, D.: *Studie: Location Based Services entscheiden über den M-Business-Erfolg*. ZDNet News – Business Studie, <http://news.zdnet.de/story/0,,t101-s2133797,00.html> (zuletzt besucht 23.04.2003)
- [Dell03] Dellarocas, C.: *The digitization of word-of-mouth: Promise and challenges of online feedback mechanisms*. MIT Sloan School of Management, Working Paper 4296-03, March 2003
- [DIS19134] ISO/TC 211, *Geographic Information – Location based services – Multimodal routing and navigation*, ISO Committee Draft (CD) 19132, 2005
- [Dju01] Djuknic, G. M.; Richton, R. E.: *Geolocation and Assisted GPS*. In: *Computer*, February 2001, Seite 123-125

- [Dor02] Dornbusch, P.; Zündt, M.: Realisierung von Positionsortungen in WLAN. In: *ITG-Fachtagung „Technologie und Anwendungen für die mobile Informationsgesellschaft“*, Dresden, VDE Verlag, 2002
- [Dra03] Dragovic, B.; Hand, S.; Harris, T.; Kotsovinos, E.; Twigg, A.: *Managing Trust and Reputation in the XenoServer Open Platform*. CiteSeer Scientific Literatur Digital Library (<http://citeseer.ist.psu.edu/cis>), 2003
- [DUR00] Durlacher Research Ltd.: *UMTS Report*. Juni 200, <http://www.dad.be/library/default.html> (zuletzt besucht 04.05.2005)
- [ecmc] ecmc -Europäisches Zentrum für Medienkompetenz GmbH: *Mobile Dienste*. <http://www.ecmc.de/imblickpunkt> (zuletzt besucht 12.05.2005)
- [EGN02] EGNOS/ESTB Publications: *Fact Sheet 1: EGNOS explained*. Dezember 2002, <http://esamultimedia.esa.int/docs/egnos/estb/Publications/fact.htm> (zuletzt besucht 10.05.2004)
- [EGN02a] EGNOS/ESTB Publications: *Fact Sheet 5: SISNet – Enhancing EGNOS for LAND-Mobile Users*. Dezember 2002, <http://esamultimedia.esa.int/docs/egnos/estb/Publications/fact.htm> (zuletzt besucht 10.05.2004)
- [Eri05] Eriksdotter, H.: Warten auf das Super-WLAN. In *Technology Review*, Juni 2005, Seite 22-24
- [Esf01] Esfandiari, B.; Chandrasekharan, S.: *On How Agents Make Friends: Mechanisms for Trust Acquisition*. In *Proceedings of the Fourth Workshop on Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*, Montreal, Canada, Seite 27-34, 2001
- [ESRI96] ESRI © White Paper Series: *Automation of Map Generalization*. Environmental Systems Research Institute, Inc., Mai 1996
- [ETSI] ETSI MCC: Overview of 3GPP Release 99. Summary of all Release 99 Features
- [EU02] European Parliament; Council of the European Union: *DIRECTIVE 2002/58/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 12 July 2002 concerning the processing of personal data and the protection of privacy in the electronic communications sector (Directive on privacy and electronic communications)*. Official Journal of the European Communities L 201/37, 31.07.2002
- [EUFP6] Europäische Kommission: *Technologien für die Informationsgesellschaft. Ein vorrangiger Themenbereich für Forschung und Entwicklung im Rahmen des Spezifischen Programms „Integration und Stärkung des Europäischen Forschungsraums“ des 6. Rahmenprogramms der Gemeinschaft Arbeitsprogramm 2005-06*. Information Science Technologie (IST), <http://www.cordis.lu/ist>
- [Fel] Feldmann, S.; Kyamakya, K.; Zapater, A.; Lue, Z.: *An indoor Bluetooth-based positioning system: concept, implementation and experimental evaluation*. <http://projekte.learninglab.uni-hannover.de/pub/bscw.cgi/0/25772> (zuletzt besucht 05.05.2004)
- [Fie03] Fiege, L.; Gärtner, F. C.; Kasten, O.; Zeidler, A.: Supporting Mobility in Content-Based Publish/Subscribe Middleware. In: M. Endler, D. Schmidt (Eds.): *Middleware 2003*, LNCS No. 2672, Springer-Verlag, pp. 103-122, Juni 2003

- [Fri05] Fritsch, L.; Muntermann, J.: *Aktuelle Hinderungsgründe für den kommerziellen Erfolg von Location Based Service-Angeboten*. Konferenz Mobile Commerce Technologien und Anwendungen (MCTA), Augsburg, 2005
- [Gei02] Geisler, B.: *Zur automatischen Generierung von Wegen aus GPS-Messungen*. Diplomarbeit, Universität der Bundeswehr München, Studiengang Geodäsie und Geoinformatik, 2002, unveröffentlicht
- [Geoi04] Geoinformatik-Service: *LBS*. <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/lexikon.asp> (zuletzt besucht 26.04.2005), 24.11.2004
- [Ger02] Gercke, B.: *Bewegungsprofile anhand von Mobilfunkdaten im Strafverfahren*. Kölner Kriminalwissenschaftliche Schriften, Band 41, Dunker & Humblot GmbH, Berlin 2002
- [GIMO] Geospatial info-mobility service by real-time data-integration and generalisation. <http://gimodig.fgi.fi/> (zuletzt besucht 26.04.2005)
- [GLO] Global Navigation Satellite System: *GLONASS Performance*. <http://www.glonass-center.ru/int.html> (zuletzt besucht 11.04.2004)
- [Gon03] González, J. C.; Moner, I.; Marturià, J.; Wittmann, E.; Sayda, F.: *INFORMATION AND NAVIGATION SYSTEM FOR MOUNTAINEERS: THE PARAMOUNT PROJECT*, 9 th EC GI & GIS Workshop, ESDI: Serving the User, ECGIS 2003
- [Gra00] Grandison, T.; Sloman, M.: *A Survey of Trust in Internet Applications*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 4th Quarter, 2000
- [Gru03] Gruteser, M.; Grundwald, D.: *Anonymous Usage of Location-Based Services Through Spatial and Temporal Cloacking*. In *Proceedings of MobiSys 2003: Tthe First International Conference on Mobile Systems, Applications and Services*. San Francisco, May 2003
- [Gry02] Gray, E.; O'Connell, P.; Jensen, Ch.; Weber, S.; Seigneur, J.; Yong, C.: *Towards a Framework for Assessing Trust-Based Admission Control in Collaborative Ad Hoc Applications*. In Technical Report 66, Dept. of Computer Science, Trinity College Dublin, Dezember, 2002
- [Gue99] Guensler, R.; Wolf, J.: *Development of a Handheld Electronic Travel Diary for Monitoring Individual Tripmaking Behavior*. Transportation Research Board Annual Meeting, Januar 1999
- [GUIDE] <http://www.guide.lancs.ac.uk/overview.html> (zuletzt besucht 26.04.2005)
- [Hal02] Hallberg, J.; Nilsson, M.; Synnes, K.: *Positioning with Bluetooth, IrDa, RFID*. Master's thesis, Luleå University of Technology, 2002
- [Har00] Hargrave, S.: *Mobile Location Services: A Report into the State of the Market*. White paper, Cambridge Positioning, 2000
- [Hau04] Haurert, J.-H.; Sester, M.: *Using the Straight Skeleton for Generalisation in a Multiple Representation Environment*. ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, Leicester, 2004.
- [Hei00] Hein, G.; Eisfeller, B., Öhler, V.; Winkel, J. O.: *Synergies between satellite navigation and location services of terrestrial mobile communication*. In: Papers presented at ION GPS meeting 200, Salt Lake City, Utah, U.S.A., September 19-22, 2000

- [Hei01] Hein, G.; Eisfäller, B., Öhler, V.; Winkel, J. O.: *Determining location using wireless networks*. GPS World, März (2001), S.26-37, 2001
- [HEYW] <http://www.heywow.de> (zuletzt besucht 26.04.2005)
- [Hig01] Hightower, J.; Borriello, G.: *Location systems for ubiquitous computing*. Computer, Vol. 34, No. 8 (2001), S57-66
- [Hoo00] Hoogenraad B.: *Location Dependent Services*. In: 3th AGILE Conference on Geographic Information Science – Proceedings, Helsinki/Espoo, 2000
- [HTTP] World Wide Web Consortium (W3C): HTTP- Hypertext Transfer Protocol. <http://www.w3.org/Protocols/> (zuletzt besucht 14.10.2005), 2000
- [HU3G] Hutchison 3G Austria: *3Geo. Wo sich alles findet*. <http://www.drei.at/> (zuletzt besucht 11.05.2005)
- [Imi96] Imielinski, T.; Navas, J.: *GPS-based Addressing and Routing*. RFC2009, RFC Archive <http://home.swipnet.se/cfmd/rfc/dir/route.html> (zuletzt besucht 03.06.2005), November 1996
- [Ing01] Ingensand, H.; Bizi, P.: *Technologien der GSM-Positionierungsverfahren*. Allgemeine Vermessungsnachrichten, Heft 8-9, Seite 286-294, 2001
- [ISO19109] ISO/TC 211, *Geographic Information –Rules for application schema*, 2005
- [ISO19133] ISO/TC 211, *Geographic Information –Location based services – Tracking and navigation*, 2005
- [ISOTC211] ISO/TC211: *Geographic Information/Geomatics*. www.isotc211.org (zuletzt besucht 26.10.2005)
- [Jac04] Jacobsen, H. : Middleware for Location-Based Services. In: Schiller, J.; Voisard,A.: *Location-Based Services*. Elsevier Science, Seite 83-114, Mai 2004
- [Jag03] Jago, A.: *Mobile Location Services. The Definitive Guide*. Pearson Education, Inc.; Prentice Hall Professional Technical Reference, Upper Saddle River, New Jersey, 2003
- [Jen04] Jensen, Ch. S.: Database Aspects of Location-Based Services. In: Schiller, J.; Voisard,A.: *Location-Based Services*. Elsevier Science, Seite 115-147, Mai 2004
- [John01] Johnson R.; Nedovic-Budic, Z.; Covert, K.: *Lessons from Practice. A Guidebook to Organizing and Sustaining Geodata Collaboratives*. GeoData Alliance (<http://www.geoall.net/>), Reston, Virginia, September 2001 (zuletzt besucht 10.06.2005)
- [Jorn04] Jorns,O.; Bessler, S.: PRIVES: A privacy enhanced location based scheme.In Workshop Proceedings 6. International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services, Glasgow, 13. – 16. September, 2004
- [Kara] Karagiozidis, M.; Zacharopoulos, I.; Xenakis, D.;Demiris, A. M.; Ioannidis, N.: *Location Aware Visually Enhanced Ubiquitous Services*. Presentation within LOVEUS (IST-2000-30155), <http://loveus.intranet.gr/documentation.htm> (zuletzt besucht 22.04.2005)
- [Köl02] Kölmel, B.; Wirsing, M.: Nutzererwartungen an Location Based Services- Ergebnisse einer empirischen Analyse. In: *Geoinformation mobil*. Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg, 2002

- [Kol04] Kolodziej, K.: *Indoor Location Technology Opens New Worlds*. Geoworld, June 2004, Seite 38-41
- [Kur05] Kurscheid, R.: *SMS Nachfolger: EMS und MMS*. http://home.germany.net/101-289290/mobile/4-news_ems_mms.htm (zuletzt besucht 15.04.2005), 2005
- [Kurg03] Krug, K.; Mountain, D.; Phan, D.: *Location-Based Services For Mobile Users In Protected Areas*. Geoinformatics, März 2003
- [Lad02] Ladstätter, P.: *Ein Standpunkt kann bares Geld wert sein – LBS in der Unternehmenspraxis*. In: *Geoinformation mobil*. Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg, 2002
- [Lad02a] Ladstätter, P.: *Location Based Services: bloßer Hype oder reale Wertschöpfung*. In: *TeleKartographie & Location Based Services*, Geowissenschaftliche Mitteilungen Heft Nr. 58, Wien, 2002, S. 135-146
- [LIF02] Location Interoperability Forum (LIF): *Mobile Location Protocol, LIF TS 101 Specification*. Version 3.0.0, 6 June 2002, http://www.openmobilealliance.org/release_program/docs/MLP/OMA-LIF-MLP-V3_1-20040316-C.pdf (zuletzt besucht 02.03.2005)
- [LOVEUS] Karagiozidis, M.; Zacharopoulos, I.; Xenakis, D.; Demiris, A. M.; Ioannidis, N.: *Location Aware Visually Enhanced Ubiquitous Services*. Presentation within LOVEUS (IST-2000-30155), <http://loveus.intranet.gr/documentation.htm> (zuletzt besucht 22.04.2005)
- [Luh05] Luhmann, N.: "International Sociology", Jg. 20, H. 3, Sonderheft *The trust-control nexus in organizational relations*, Sept. 2005
- [Mala] Malak, R.: *Deep Map: The Multilingual Tourist Guide*. Projektbeschreibung zu Deep Map, www.eml.villa-bosch.de (zuletzt besucht 25.04.2005)
- [MAP02] MapInfo: *Location-based Services (LBS) auf dem Vormarsch*. Bernhard Harzer Verlag GmbH, Karlsruhe, 2002
- [Mar94] Marsh, S. P.: *Formalising trust as a computational concept*. Ph.D. Thesis, University of Stirling, Stirling, Scotland, U.K., 1994.
- [Mäs05] Mäs, S.; Reinhardt, W.; Kandawasvika, A.; Wang, F.: *Concepts for quality assurance during mobile online data acquisition*. In: 8th AGILE Conference on Geographic Information Science - Proceedings. 2005
- [Mau01] Maula, H.: *Mobile GIS and Multimedia as Fieldwork Support in Helsinki Water*. In: 4th AGILE Conference on Geographic Information Science – Proceedings, Brno, 2001
- [Mau96] Maurer, U.: *Modelling a public-key infrastructure*. In Computer Security - ESORICS'96. Springer-Verlag, 1996
- [Mic01] Michiardi, P.; Molva, R.: *CORE: A Collaborative Reputation Mechanism to enforce node cooperation in Mobile Ad hoc Networks*. Research Report N°RR-02-062, Institut Eurécom, Dezember 2001
- [Mis01] Misra, P.; Enge, P.: *Global Positioning System*. Lincoln, Massachusetts: Ganga Jamuna Press, 2001
- [MKe04] McKee, L. : *LBS Interoperability Through Standards*. In: Schiller, J.; Voisard, A.: *Location-Based Services*. Elsevier Science, Seite 149-172, Mai 2004

- [MOB05] Mobiloco: *Deutschlandpremiere: Hotspot-Rallye per Handy*. Pressemitteilung Mobiloco, 04.05.2005
- [MSR] Microsoft Research Vision Group: *Easy Living. Overview*. <http://research.microsoft.com/easyliving/#overview> (zuletzt besucht 13.05.2004)
- [NAV97] Navas, J.; Imielinski, T.: *GeoCast- Geographic addressing and routing*. In Proceedings zu 3rd annual ACM/IEEE international conference on Mobile Computing and networking, 26.-30. September 1997, pp 66-76
- [NMEA0183] National Marine Electronics Association (NMEA): *NMEA 0183 – Standard for Interfacing Marine Electronic Devices Version 3.1*. Januar 2002
- [NOK01] Nokia: *Mobile Location Services*. White Paper Nokia. Nokia Mobile Phones 2001
- [O'Sh04] O'Shea D.: A Standard Argument: Why WiMAX will rule. In *Telephony's "Complete Guide to WiMAX"*, Editor Meyers, J., Telephony, 31 Mai, 2004
- [OGCGML] Open GIS Consortium Inc.: *OpenGIS Geography Markup Language (GML), Version 3.0*. OGC Implementation Specifications, 18. Dezember 2002, <http://www.opengeospatial.org/docs/02-023r4.pdf> (zuletzt besucht am 16.03.2005)
- [OGCOLS] Open GIS Consortium Inc.: *OpenGIS® Location Services (OpenLS): Core Services*, Copyright © 2. Mai 2005 Open GIS Consortium, Inc. <http://www.opengis.org/>. All Rights Reserved. <http://www.opengis.org/legal/>. 173 Seiten, Mai 2005
- [OGCSFS] Open GIS Consortium Inc.: *OpenGIS Simple Feature Specifications for SQL*. OGC Implementation Specifications, <http://www.opengeospatial.org/docs/99-049.pdf> (zuletzt besucht am 16.03.2005)
- [OMAMLP] Open Mobile Alliance (OMA): *Mobile Location Protocol (MLP)*. Candidate Version 3.1- 16 März 2004, http://www.openmobilealliance.org/release_program/docs/MLP/OMA-LIF-MLP-V3_1-20040316-C.pdf (zuletzt besucht 16.03.2005)
- [OMARP] Open Mobile Alliance (OMA): *Overview of OMA Release Program*. http://www.openmobilealliance.org/release_program/index.html (zuletzt besucht 14.10.2005)
- [PALIO] www.palio.dii.unisi.it (zuletzt besucht 25.04.2005)
- [Par06] Partsinevelos, P.; Tryfona, N.: Handling High-Level Queries in Location-Based Services for User Groups. *GeoInformatica*, Volume 10, Number 2, June 2006, Seite 213 - 234
- [PARA02] Paramount Consortium: *PARAMOUNT - User Requirements*. Deliverable D1, European Commission / IST-Programme Contract N° IST-2000-30158, 2002
- [Pet04] Péteri, R.; Couloigner, I.; Ranchin, T.: *Quantitatively Assessing Roads Extracted from High-Resolution Imagery*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 70, No. 12, December 2004, pp. 1449–1456.
- [Pfa03] Pfarl, W.: *Datenschutz bei LBS im Mobilfunknetzbereich und im europäischen Notrufsystem*. Master Thesis, Universität Wien, September 2003
- [Pie03] Pierce, B.; Casas, J.; Giaimo, G.: *Estimating Trip Rate Under-Reporting: Preliminary Results From The Ohio Household Travel Survey*. TRB 2003 Annual Meeting, CD-ROM

- [Pla03] Plan, O.: *GIS-gestützte Verfolgung von Lokomotiven im Werkbahnverkehr*. Dissertation. Neubiberg: Universität der Bundeswehr München, 2003
- [Pod02] Podnar, I.; Hauswirth, M.; Jzayeri, M.: *Mobile Push: Delivering Content to Mobile Users*. Proceedings of the 22nd International Conference on Distributed Computing Systems table of contents, Seite 563 - 570, 2002
- [Por03] Porak A.: *Real Life Scenarios of Location Based Advertising*. m>Business 2003, Vienna, 2003
- [Rae04] Raento, M.: Kill your personal data dead. In Workshop on Location Systems Privacy and Control. MobileHCI04, Glasgow 13. September 2004
- [REGEO] www.regeo.org (zuletzt besucht 25.04.2005)
- [Rei01] Reinhardt, W.: *Concept of a GIS and location based services for mountaineers*. In: 4th AGILE Conference on Geographic Information Science – Proceedings, Brno, 2001
- [Rei03] Reinhardt, W. ; Sayda, F. ; Kandawasvika A. ; Wang, F. ; Mundle, H.: *Geoinformation und mobile Dienste – Anforderungen und Anwendungen für Bergsteiger und Wanderer*. In Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation 6/2003, S. 463-469, DGPF/Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- [Ret02] Retscher, G.: Diskussion der Leistungsmerkmale von Systemen zur Positionsbestimmung mit Mobiltelefonen als Basis für Location Based Services (LBS). In: *TeleKartographie & Location Based Services*, Geowissenschaftliche Mitteilungen Heft Nr. 58, Wien, 2002
- [Rot02] Roth, J.: *Mobile Computing: Grundlagen, Technik, Konzepte*. 1. Auflage dpunkt-verl., Heidelberg, 2002
- [RSK03] Reinhardt, W.; Sayda, F.; Kandawasvika A.; Wang, F.; Wittmann, E.: *Geoinformation and Location Based Services - Principles and some Experiences with Applications for Mountaineers*. In *GeoBIT/GIS Magazine*", 6/2003, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg; June 2003
- [RSW02] Reinhardt, W.; Sayda, F.; Wittmann, E.: Location Based Services für Bergsteiger und Bergwanderer - erste Erfahrungen mit VISPA. In: *Tele-Kartographie & Location Based Services*, Geowissenschaftliche Mitteilungen Heft Nr. 58, Wien, 2002, S. 163-169
- [Sar00] Sarkola, P.: *Location Services for Mobile Phone Users*. In: 3th AGILE Conference on Geographic Information Science – Proceedings, Helsinki/Espoo, 2000
- [Sar05] Sarjakoski, T.: *Map project unlocks Europe's landscape*. <http://istresults.cordis.lu/index.cfm?section=news&tpl=article&ID=75296> (zuletzt besucht 26.04.2005), 20.05.2005
- [Sauer03] Saueressig, P.: *Agenten machen Touristen mobil*. Pressemitteilung Informationsdienst Wissenschaft, 14.01.2003
- [Say02] Sayda, F. ; Reinhardt, W. ; Wittmann, E.: *Positionsbezogene Dienste zur Unterstützung von Bergsteigern und Wanderern*. In Zipf/Strobl (Hrsg.) *Geoinformation mobil*, S. 127-137, Wichmann Verlag, Heidelberg, 2002
- [Say03] Sayda, F. ; Reinhardt, W. ; Wittmann, E.: *Nie mehr verirren - Positionsbezogene Dienste zur Unterstützung von Bergsteigern und Wanderern*. In: *GeoBIT*, 1-2/2003, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg; February 2003

- [Say05] Sayda, F.: *Involving LBS users in data acquisition and update*. In: 8th AGILE Conference on Geographic Information Science – Proceedings, Estoril, 26.05-28.05.2005
- [Schil03] Schilling, A.; Coors, V.: *3D Maps on Mobile Devices*. Workshop "Design kartenbasierter mobiler Dienste", 08.09.2003, Stuttgart, Germany
- [Sei03] Seigneur, J.-M.; Farrell, S.; Jensen, C. D.; Gray E.; Chen, Y.: *End-to-end Trust Start with Recognition*. CiteSeer Scientific Literatur Digital Library (<http://citeseer.ist.psu.edu>), 2003
- [Shea91] Shea, K. S.; McMaster, R. B.: *Cartographic Generalization in a Digital Environment: When and How to Generalize*. In Auto Carto-9, Baltimore, Maryland, Seiten 56-67, 1991
- [SOAP] World Wide Web Consortium (W3C): Simple Object Access Protocol 1.2 (SOAP), <http://www.w3.org/TR/soap/> (zuletzt besucht 14.10.2005), Juni 2004
- [Spi04] Spiekermann, S.: General Aspects of Location-Based Services. In Schiller, J.; Voisard, A.: *Location-Based Services*. Elsevier Science, Seite 9-26, Mai 2004
- [Stru] Strube, M.: *Deep Map II: Ein mobiles Touristeninformationssystem*. <http://www.vdivde-it.de/euromap/download/strube-slides.pdf> (zuletzt besucht 25.04.2005)
- [SVG] World Wide Web Consortium (W3C): Scalable Vector Graphics (SVG)-XML Graphics for the Web. <http://www.w3.org/Graphics/SVG/> (zuletzt besucht 14.10.2005), 2005
- [TELLM] www.tellmaris.com (zuletzt besucht 25.04.2005)
- [Tha03] Thapa, K.; Case, S.: An Indoor Positioning Service for Bluetooth Ad Hoc Networks. In: *Proceedings MICS (Midwest Instruction and Computing Symposium) 2003*
- [TOUR04] TOURSERV Consortium: *IST Fact Sheet: Personalised Tourist Services Using Geographic Information Systems via Internet (TOURSERV)*. http://dbs.cordis.lu/fep-cgi/srchidadb?ACTION=D&CALLER=PROJ_IST&QM_EP_RCN_A=56847 (Stand 30.09.2004), zuletzt besucht 22.04.2005
- [Uhl02] Uhlirz, S.; Lechthaler, M.: Lol@ - City Guide. Prototyp einer kartenbasierten UMTS-Applikation. In: *TeleKartographie & Location Based Services*, Geowissenschaftliche Mitteilungen Heft Nr. 58, Wien, 2002, S. 171-182
- [vKr98] van Kreveld, M.; Peschier, J.: *On the Automated Generalization of Road Network Maps*. In T.K. Poiker and N. Chrisman, editors, Proc. 8th Int. Symp. On Spatial Data Handling, pages 668-678, 1998
- [vPoor02] van der Poorten, P.M.; Jones, C.B.: *Characterisation and generalisation of cartographic lines using Delaunay triangulation*. International Journal of Geographical Information Science 16(8), 2002, Seiten 773-794
- [W3CXL05] World Wide Web Consortium (W3C): *XML Linking Language (XLink) Version 1.0*. W3C Recommendation, 27 Juni 2001, <http://www.w3.org/TR/xlink/> (zuletzt besucht am 16.03.2005)
- [W3CXS05] World Wide Web Consortium (W3C): *XML Schema Part1*. W3C Recommendation, 2 Mai 2001, <http://www.w3.org/TR/xmlschema-1> (zuletzt besucht am 16.03.2005)

- [Wag97] Wagner, D. P.; Neumeister, D. M.; Murakami, E.: *Global Positioning Systems for Personal Travel Surveys - Lexington Area Travel Data Collection Test: Appendixes*. United States Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1997
- [Wal02] Walke, B.; Althoff, M. P.; Seidenberg, P.: *UMTS - Ein Kurs*. J. Schlemmbach Fachverlag Weil der Stadt, 2002
- [WAP] Wireless Application Protocol Forum: Wireless Application Protocol. <http://www.openmobilealliance.org/tech/affiliates/wap/wapindex.html> (zuletzt besucht 14.10.2005), 2002
- [Web03] Weber, T.; Strobl, K.; Schäfer, C.: *Das Europäische Satellitennavigationssystem Galileo – Status und Systemdefinition*. Im Tagungsband zum 5. SAPOS Symposium, Frankfurt, November, 2003
- [Wei02] Weidenfeller, H.; Benker, T.: *Telekommunikationstechnik*. J. Schlemmbach Fachverlag Weil der Stadt, 2002
- [Wein99] Weinmann, R.; Häussler, J.; Zipf, A.; Malaka, R.: *Die Besucher Heidelbergs informieren: Die multimediale Deep Map-Datenbank*. In: HGG-Journal (Journal der Heidelberger Geographischen Gesellschaft) , Heft 14, pp. 241-245, 1999
- [Wes00] Westermaier, T.: *Trust in Bots: Zur Rolle von Vertrauen und Reputation bei Multiagenten-Systemen*. Studienarbeit, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, Institut für Informatik und Gesellschaft, Abteilung Telematik, Lehrstuhl Prof. Dr. Günter Müller, August 2000
- [Whe03] When, U.; Balon P.: *Business Modells for Location Based Services*. In: 6th AGILE Conference on Geographic Information Science – Proceedings, Lyon, 2003
- [Won04] Wong, R.: *Location Data: The Case For More Regulation?* In Workshop on Location Systems Privacy and Control. MobileHCI04, Glasgow 13. September 2004
- [Wun03] Wunderlich, T.: *Geolokalisation – eine Position kennt ihre Umgebung*. In: Chesi, G.; Weinold, T.: *12. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2003*, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 2003
- [Yu02] Yu, B.; Singh, M. P.: *An evidential model of distributed reputation management*. In Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems. ACM Press, Seite 294-301, Bologna, 2002
- [Zach00] Zacharia, G.; Maes, P.: *Trust Management Through Reputation Mechanisms*. Applied Artificial Intelligence, 14, Seite 881-907, Taylor & Francis, 2000.
- [Zach99] Zacharia, G.; Moukas, Alexandros; Maes, P.: *Collaborative Reputation Mechanisms in Electronic Marketplaces*. Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences, 1999

Anhang

A) Datenmodelle zur Speicherung und Verarbeitung

Abbildung 73 zeigt einen Klassentwurf für die von Nutzern erfassten Routen. In diesem sind sowohl die Geometrie der erfassten Route als auch die Metadaten, die zur weiteren Verarbeitung der Routen im zweiten Teil des Verfahrens benötigt werden, enthalten.

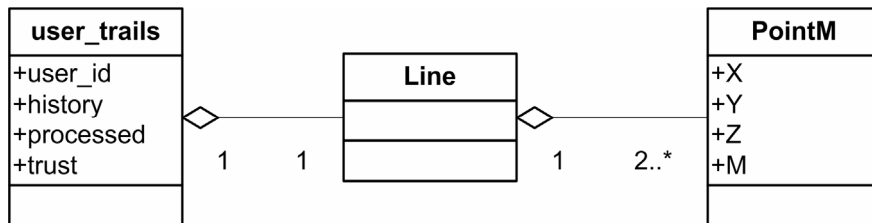


Abbildung 73: Entwurf einer Klasse zur Speicherung der von Nutzern erfassten Routen

Die Geometrie wird als Linie (*Line*) gespeichert. Sie setzt sich aus Punkten (*PointM*) zusammen, die neben den dreidimensionalen Koordinaten (X,Y,Z) des Punktes noch einen weiteren Wert (M) enthalten. Letzterer erlaubt es jedem Punkt noch einen Zahlenwert zuzuweisen. Diese Eigenschaft wird im zweiten Teil des Verfahrens verwendet um eine Gewichtung der einzelnen Punkte realisieren und speichern zu können. Metadaten die zur weiteren Verarbeitung im zweiten Teil des Verfahrens benötigt werden sind zum Beispiel die *user_id*, welche die Bestimmung des Ursprungs der Daten, sprich den Nutzer der die Daten erfasst hat, ermöglichen. Daten zum Erfassungszeitpunkt werden in der Eigenschaft *history* abgelegt. Um bereits durch den zweiten Verfahrensteil bearbeitete Daten zu markieren, wird die Eigenschaft *processed* der Klasse *user_trails* verwendet. Die Vertrauenswürdigkeit wird mittels des Parameters *trust* gespeichert und entspricht der Reputation des Nutzers zum Erfassungszeitpunkt der Route (siehe Abschnitt 3.2.2, Seite 70). Abbildung 74 zeigt die Implementierung des Klassenentwurfs in ein (relativ) einfaches gehaltenes relationales Datenmodell.

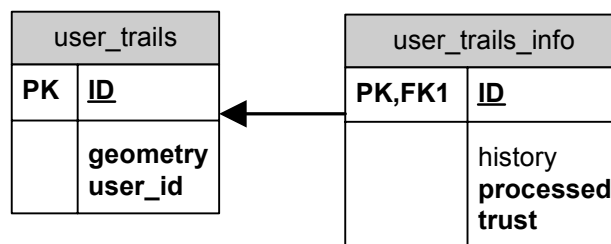


Abbildung 74: Datenmodell zur Speicherung der von Nutzern erfassten Daten

Abbildung 75 zeigt einen Klassentwurf, in dem die neu berechneten Abschnitte (*sections*) sowie die Nutzer (*user*) mit den für den zweiten Verfahrensteil benötigten Eigenschaften modelliert sind. Zu Abbildung der Geometrie der neu berechneten Abschnitt werden die gleichen Klassen (*Line*, *PointM*), die auch für die von Nutzern erfassten Routen benutzt wurden, verwendet. Die Klasse der neu berechneten Abschnitte (*sections*) enthält folgende Eigenschaften:

- *users*: Stellt eine Liste der Nutzer, die zu einem neu berechneten Abschnitt durch entsprechende Wegstücke beigetragen haben, zur Verfügung.
- *history*: Ermöglicht den Zugriff auf Informationen zur Entstehung des berechneten Abschnittes und enthält Informationen zu den Eingangsdaten auf Basis derer die geometrische Berechnung des Abschnittes erfolgt ist.

- *processed*: Spiegelt den Bearbeitungsstatus analog zu den durch Nutzer erfassten Routen (siehe Abbildung 73, Seite 137) wider.
- *trust*: Dient zur Speicherung der momentanen Vertrauenswürdigkeit dieses Abschnitts.

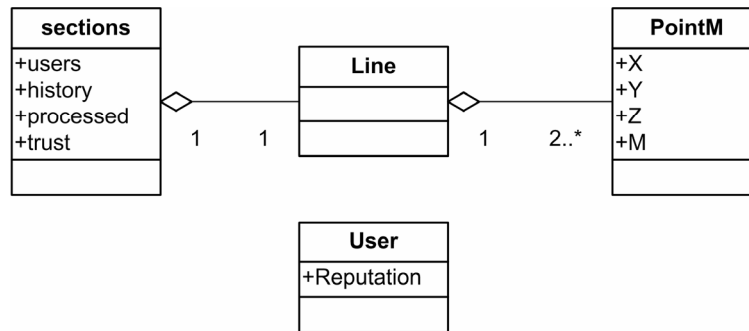


Abbildung 75: Klassenentwurf mit den **benötigten** Eigenschaften zur Abbildung der neu berechneten Abschnitte und der Reputation der Nutzer

Danksagung

Herzlich danken möchte ich

- Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Reinhardt für die fachliche Betreuung dieser Dissertation, die zum größten Teil während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgemeinschaft GIS (AGIS) an der Universität der Bundeswehr München entstanden ist.
- Frau Professor Dr.-Ing. habil. Monika Sester für ihre spontane Bereitschaft diese Dissertation zu unterstützen und zu betreuen, sowie ihre Mitarbeit in der Prüfungskommission und die dafür notwendige Anreise aus Hannover.
- Herrn Professor Dr.-Ing. Wilhelm Caspary für seine stetige Diskussionsbereitschaft, die entscheidende Impulse zu Fertigstellung dieser Arbeit gegeben hat, sowie die Übernahme des Vorsitzes des Prüfungsausschusses.

Des Weiteren möchte ich mich bei allen (ehemaligen) Mitarbeitern der AGIS sowie den Mitarbeitern benachbarter Institute für die angenehme Zusammenarbeit und die kollegiale Arbeitsatmosphäre bedanken. Besonders danken möchte ich Herrn Dr.-Ing. Stefan Neudeck für das akribische Korrekturlesen dieser Arbeit.

Für ihre Geduld, ihr Verständnis und immer während Unterstützung danke ich meiner Frau Charlotte.

Lebenslauf

	<p>Florian Sayda * 16.08.1973 in Hof Familienstand verheiratet</p>
	<p>Beruflicher Werdegang</p>
Seit 01/2006	<p>NATO C3 Agency – The Hague Senior Scientist – Deputy Geo Officer Communications & Information Systems Division</p>
02/2001-12/2005	<p>Universität der Bundeswehr München Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgemeinschaft Geoinformationssysteme (AGIS)</p>
06/1999-01/2001	<p>Enseco GmbH Projektingenieur im Bereich Technologie und Consulting</p>
	<p>Universitäre Ausbildung</p>
05/1999	<p>Abschluss des Studiums an der Universität Stuttgart Einreichung und Präsentation der Diplomarbeit</p>
11/1998-04/1999	<p>Diplomarbeit bei ESRI Redlands, Kalifornien, USA Thema: 3D rendering of Large TIN Datasets</p>
10/1994-10/1998	<p>Studium der Geodäsie und Geoinformatik, Universität Stuttgart Vertiefungsrichtung Geoinformationssysteme</p>
07/1993-06/1994	<p>Grundwehrdienst</p>
09/1984-06/1993	<p>Gymnasium Münchberg</p>