



Diplomarbeit

Untersuchung von Telematikanwendungen im Radverkehr mit besonderer Berücksichtigung der Navigationsmöglichkeiten mittels GPS-Handgeräten

cand.-ing. Ralf Thomas

Prüfer:

Prof. Dr. Reinhart D. Kühne

Betreuer:

Dipl.-Ing. Peter Schick

Abgabe: 17.08.2001

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung	3
2. Abkürzungsverzeichnis	4
3. Einführung	5
4. Radverkehr allgemein	6
4.1 Entwicklung des Radverkehrs	6
4.2 Situation des Radverkehrs	9
4.3 Arten von Radverkehr und ihre Besonderheiten	
4.3.1 Örtliche Wege	13
4.3.2 Überörtliche Wege	16
4.3.3 Wirtschaftsverkehr	16
4.4 Potenzial und Zukunft des Radverkehrs	18
5. Situation in der konventionellen Radverkehrsnavigation	21
5.1 Zuständigkeiten im Radverkehr	21
5.2 Kartengrundlage	22
5.3 Radverkehrswegweisung	25
5.4 Anforderungen des Nutzers	27
5.5 Realität in beispielhaft ausgewählten Gebieten	
5.5.1 Beschreibung von Mängeln	29
5.5.2 Beschreibung von Best-practice-Lösungen	31
6. Grundlagen von Ortung und Navigation	34
6.1 Einführung in das Global Positioning System (GPS)	34
6.1.1 Grundlagen der GPS-Messung	35
6.1.2 Einführung in das Prinzip des GPS-Empfängers	37
6.2 Genauigkeit und Störquellen bei der GPS-Navigation	38
6.3 kartografische Bezugssysteme	40
6.4 Routenplanung und Routenführung	41
6.5 Vergleich von Eigenortung und Navigation im Straßenverkehr und im Radverkehr	42

7. Marktübersicht von Radverkehrsnavigation	47
7.1 Bestehende Projekte	48
7.2 Geräteübersicht	49
7.3 Software	51
7.4 Kartengrundlage	52
8. Eigener Messaufbau	53
8.1 Technische Voraussetzungen	53
8.2 Einführung in die verwendete Software	57
9. Messfahrten und Auswertung	61
9.1 Aufstellen eines Zielkonzeptes und Kriterienkatalogs	61
9.2 Durchführung von Einzeltests	62
9.3 Messfahrt in Freizeitgebieten (ländlicher Raum)	70
9.4 Messfahrt in städtischem Gebiet	80
9.5 Zusammenfassende Auswertung der Messfahrten	84
10. Auswirkungen von GPS auf die Radverkehrsplanung	86
10.1 Beschilderung	86
10.2 Radverkehrsführung	86
10.3 Radverkehr als System	87
10.4 Radverkehrssicherheit	88
10.5 Verwendung im Wirtschaftsverkehr	89
10.6 Problematik bei der Umsetzung	90
11. Wunschszenario für den Radverkehr mit GPS-Unterstützung	91
12. Zusammenfassung und Fazit	93
Anhang	94
Literaturverzeichnis	125

1. Aufgabenstellung

Am 02.05.2000 wurde die „selective availability“, also die Verschlechterung des GPS-Satellitenortungssignals, abgeschaltet. Dadurch ist die Ortungsgenauigkeit eines GPS-Empfängers auf eine Genauigkeit von bis zu wenigen Metern gestiegen. Dies eröffnet eine neue Dimension in der Anwendung von Ortungs- und Navigationssystemen, insbesondere wird die Entwicklung von Systemen für den Verkehrsträger Fahrradverkehr interessant.

Erste Systeme sind oder werden bereits von Geräteherstellern entwickelt und finden ihre ersten Einsatzmöglichkeiten.

In einer Diplomarbeit sollen

- die technischen Grundlagen derartiger Systeme recherchiert und dargestellt,
- Anforderungsprofile für unterschiedliche Einsatzfelder erstellt,
- die Marktfähigkeit vorhandener Produkte sowie zukünftige Marktpotenziale abgeschätzt
- evtl. Messfahrten mit Prototypen und/oder Seriengeräten durchgeführt und schließlich
- etwaige Auswirkungen auf die Radverkehrsplanung abgeschätzt werden.

Zur Durchführung der Messfahrten stellt die Garmin GPS GmbH ein GPS-Handgerät mit Kartenfunktion (Garmin eTrex Vista) zur Verfügung

Ausgabedatum: Montag, 14. Mai 2001

Abgabedatum: Freitag, 17. August 2001

2. Abkürzungsverzeichnis

ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad Club
BBBike	Berlin Brandenburg Bike
C/A-Code	Coars/Acquisition-Code
DOD	Department of Defence
DOP	Dilution of Precision
FAG	Finanzausgleichsgesetz
GK	Gauß-Krüger-Koordinaten
GPS	Global Positioning System
GVFG	Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NAVSTAR-GPS	Navigation System using Time And Ranging – Global Positioning System
PRN-Code	Pseudo Random Noise
SA	Selective Available
TK	Topografische Karte
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Service
WGS 84	World Geographic System 1984
WUMS	Wege zu einer umweltverträglichen Mobilität am Beispiel der Region Stuttgart

3. Einführung

GPS für Radfahrer. Sicherlich ein Thema, um sich die Frage zu stellen: Kann dies praktikabel sein und gibt es dafür überhaupt einen Markt? Aber in unserer hoch technisierten Welt ist in der Zwischenzeit alles möglich. Der Fahrradfahrer schaut bei technischen Neuerungen allerdings meist in die Röhre, da sie zu teuer und auf dem Markt nicht durchsetzbar sind. Doch dies muss nicht unbedingt so bleiben. Dabei könnte die Satellitennavigation einen Anfang machen. Schließlich wird allein im Pkw dem Fahrer durch zahlreiche Assistenzsysteme das Fahren deutlich erleichtert. Hauptsächlich das Navigationssystem schafft dem Fahrer eine entspannte Fahrt, ohne langes Suchen der Fahrtroute. Warum also soll die technische Entwicklung in diesem Bereich am Thema Radverkehr vorbeigehen. Schließlich gilt das Fahrrad mit über einer Milliarde Exemplare als die meistgebaute Maschine der Welt.

Gemäß dem deutschen Sprichwort „Der schwerste Schritt, ist der über die Schwelle“ soll in dieser Arbeit das Potenzial der Satellitennavigation im Radverkehr ermittelt werden. Dazu wurde von der GPS GmbH aus Gräfeling bei München freundlicherweise ein GPS-Empfänger „Garmin eTrex Vista“ zu Testzwecken zur Verfügung gestellt.

Dabei soll in verschiedenen Abschnitten der gesamte Radverkehr durchleuchtet werden, ehe am Ende die neuen technischen Möglichkeiten in Form des GPS dargestellt werden. Dabei wird in Kapitel 3 zunächst an das Thema Radverkehr durch einen geschichtlichen Abriss herangeführt. Dieser mündet dann in einer Situationsanalyse, in der auch die verschiedenen Arten des Radverkehrs beleuchtet werden und endet in einem Ausblick in Form einer Potenzialanalyse.

Im weiteren wird auf die allgemeine Situation in der Radverkehrsplanung eingegangen, die einen Überblick darüber schafft, inwieweit der Radverkehr in Deutschland überhaupt ernst genommen wird, und in welcher Form dieser gefördert werden kann. Dazu werden u.a. Beispiele aus der Praxis dargelegt, die mit den Anforderungen des Nutzers verglichen werden können.

In Kapitel 5 wird der Leser an das Thema Ortung und Navigation durch eine kurze Einführung herangeführt. Damit sollen die Grundlagen geschaffen werden, mit denen die Messfahrten und die Auswertungen mit dem GPS-Empfänger ausgeführt werden können. Einen großen Bereich nimmt dabei auch die Störanfälligkeit solcher Systeme ein, um spätere Probleme bei der Navigation begründen zu können. Ein kurzer Vergleich mit der Kfz-Navigation soll die Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten beider Systeme verdeutlichen.

Anhand einer kurzen Übersicht über die momentan am Markt erhältlichen Navigationsgeräte wird die Verbindung zum Thema Radverkehrsnavigation hergestellt, ehe im nächsten Kapitel dann genauer auf das bei den Messfahrten verwendete Gerät und seine Software mitsamt der Kartengrundlage eingegangen wird. In Kapitel 8 erfolgt schließlich der eigentliche Test des GPS-Empfängers, der dort in seiner Genauigkeit und seiner Praktikabilität durch speziell ausgewählte Testfahrten überprüft wird. Dadurch wird versucht, die Möglichkeit der praktischen Verwendung dieses Systems offenzulegen. Dies mündet schließlich in einen Ausblick, der mögliche Auswirkungen auf die Radverkehrsplanung durch eben dieses System darlegt.

Noch anzumerken sei, dass alle in diese Arbeit eingebrachten Bilder und Aufzeichnungen ohne Quellenangaben unter eigener Regie entstanden sind. Dabei handelt es sich um eine Fülle von Dokumentationsfotos, die hauptsächlich auf die Messfahrten Bezug nehmen.

4. Radverkehr allgemein

4.1 Entwicklung des Radverkehrs

Zunächst soll als Einstieg kurz auf die Erfindung des Fahrrades eingegangen werden und ein zeitlicher Abriss über die Fortentwicklung dessen gegeben werden.

Die Anfänge des Fahrrades liegen völlig im Dunkeln. Ursprünglich geglaubte Erfinder des Fahrrades wie Farffier, da Vinci oder Artamonov können mittlerweile in das Reich der Fabel verwiesen werden. Vor allem die Zeichnungen da Vincis über eine erste Vorform des Fahrrades mit Doppelpedalen und Kettenantrieb (Abbildung 1) wurden unlängst als Fälschung entlarvt. Die Kette samt Pedalen wurden nachträglich mit Tinte in die Zeichnung gemalt. Dies bewiesen moderne Gewebeanalysen.

Somit versteifen sich alle Anzeichen auf Carl Friedrich Ludwig Christian Freiherr Drais von Sauerbronn (1785-1851), der als Kammerjunker und Grossherzoglich-Badischer Forstmeister 1816 in Mannheim das lenkbare Laufrad erfand, das schließlich am 12. Januar 1818 als „Draisine“ (Abbildung 1) patentiert wurde. Seine erste Fahrt unternahm er von seinem Wohnhaus nahe dem Mannheimer Schloss auf einer Chaussee hin zum Schwetzingen Schloss. Die knapp 13 km lange Strecke legte er in einer knappen Stunde zurück und war somit schneller als die damalige Postkutsche. Damit hatte Drais seine Vision der Mobilität ohne Pferde endlich verwirklicht.

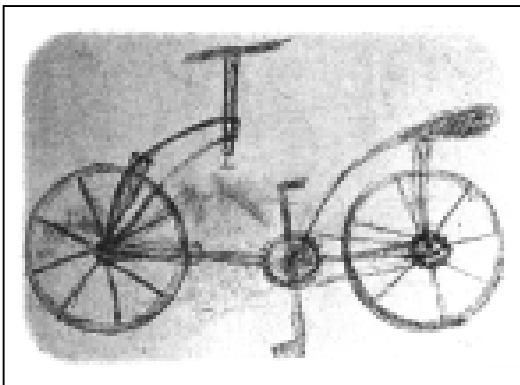


Abbildung 1: links: gefälschte Leonardo da Vinci – Zeichnung [33]
Mitte: Portrait Karl von Drais [31]
rechts: Draisine [31]

Danach vergingen etliche Jahre, ehe das heutige Fahrrad um 1860 in Frankreich entwickelt wurde. Vermutlich lag dies daran, dass die Balancierangst auf dem Laufrad erst überwunden werden musste. Möglich ist allerdings auch, dass ab 1835 das neue Verkehrsmittel Eisenbahn die Massen so in ihren Bann gezogen hat, dass die Fortentwicklung der Draisine in den Hintergrund gedrängt wurde. Die Weiterentwicklung bestand schließlich daraus, dass am Vorderrad der Laufmaschine erstmals Tretkurbeln mit Pedalen angebracht wurden, die 1853 der deutsche Instrumentenbauer Philipp Moritz Fischer aus Oberndorf entwickelte. Allerdings ist bis heute nicht geklärt, wer zuerst Kurbeln an der Laufmaschine anbrachte und so das erste pedalgetriebene Zweirad entwarf. Die Antwort liegt unter einem Berg widersprüchlicher Behauptungen von Fabrikanten, Fahrradhistorikern und Radbegeisterten verborgen. Des weiteren ist auch die lange vorherrschende Meinung, das Fahrrad sei an

Radverkehr allgemein

mehreren Orten gleichzeitig erfunden worden, falsch. Vielmehr gab es in dieser Zeit den Drang, Urheberrechte zu verletzen und Patente zu klauen.

Das in Frankreich von Pierre und Ernest Michaux 1862 gebaute erste brauchbare Hochrad mit großem Vorderrad erfreute sich sehr schnell größter Beliebtheit. Zuvor musste jedoch von allen Beteiligten die Angst überwunden werden, die Füße vom sicheren Boden auf die Pedale zu setzen. Das sog. „Velocipede“ (oder kurz Velo) trat daraufhin einen Siegeszug um die ganze Welt an (Abbildung 2).

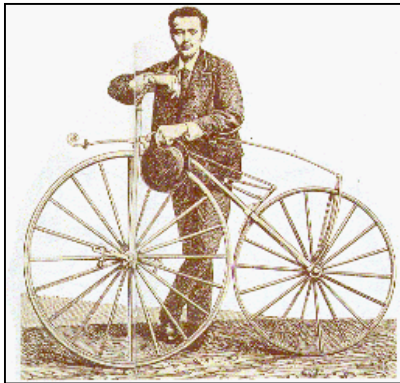


Abbildung 2: Ernest Michaux mit dem ersten „Velocipede“ [15], [28]

Das Hochradfahren erforderte allerdings erheblichen Mut, Talent und akrobatisches Geschick. Denn noch galt die Gleichung: pro Pedaltritt eine Radumdrehung. Das bedeutete, je größer das Vorderrad, desto schneller die Fahrt. Problematisch war dabei auch, dass Stürze über den Lenker selten glimpflich verliefen, da die Vorderradhöhe sich auf ca. 1,5 m belief. Die Aufgabe bestand nun darin, das Fahren sicherer zu machen, ohne an Geschwindigkeit zu verlieren. Was den Radfahrer dem Boden wieder näher brachte, war die Entwicklung des Übersetzungsgetriebes und der Kette. Die Geschwindigkeit des Hochrades konnte nun auch vom Niederrad erreicht werden, da das vordere Kettenblatt größer war als das Kettenritzel am Hinterrad.

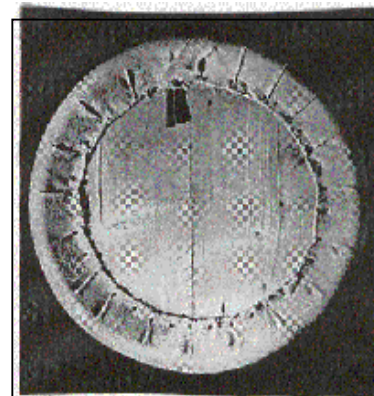


Abbildung 3: links: John Boyd Dunlop [41]
rechts: erster pneumatischer Gummireifen [5]

Radverkehr allgemein

Die eigentliche Bezeichnung „Fahrrad“ in seiner heutigen Form entstand erst 1885 nach Übereinkunft mit den gegründeten Radvereinen. Den richtigen Durchbruch schaffte das Fahrrad allerdings erst mit der „zweiten“ Erfindung des Luftreifens 1888 durch den schottischen Tierarzt John Boyd Dunlop (Abbildung 3). War das Radfahren in den vorangegangenen Jahren aufgrund schlechter Straßenverhältnisse eine wahre Schinderei, so verlieh der Luftreifen dem Fahrrad in der Folge einen gewissen Komfort. Dunlop war bei der Entwicklung des Luftreifens aus Kautschuk von der Elastizität des Schweinedarms inspiriert worden. In der Folge variierten mehrere Erfinder (u.a. Edouard Etienne Michelin) die Idee des Luftreifens und vereinfachten vor allem den Reifenwechsel.

Ende des 19. Jahrhunderts schließlich begann die industrielle Massenproduktion von Fahrrädern. Mit der industriellen Produktion und der damit verbundenen Verbilligung wurde aus dem Luxusartikel Fahrrad ein wichtiges Verkehrsmittel für alle Bevölkerungsschichten. Das Zeitalter des modernen Individualverkehrs hatte damit begonnen und das Fahrrad wurde zunächst zum wichtigsten Verkehrsmittel in diesem Bereich.

Wurden im Jahre 1887 in Deutschland gerade einmal 17.000 Fahrräder hergestellt, so waren es 1912 bereits 500.000 und 1927 sogar 3 Millionen Stück. Dies bedeutete, dass im Jahre 1928 auf sechs Einwohner in Deutschland ein Fahrrad kam. Im Gegensatz dazu besaß zur gleichen Zeit von 245 Einwohner lediglich einer einen „Kraftwagen“. Erst mit dem Wirtschaftsaufschwung in den 50er und 60er Jahren löste der Pkw das Fahrrad als wichtigstes Individualverkehrsmittel ab. In der Folge wurde das Fahrrad nur noch in einigen „traditionellen“ Fahrradstädten wie Münster und Oldenburg als vollwertiges Verkehrsmittel akzeptiert. Ansonsten war es nur noch als Sport- und Freizeitgerät und als Verkehrsmittel für Kinder angesehen. Erst Ende der 60er Jahre erlangte der Radverkehr in Deutschland wieder nennenswerte Bedeutung. Dieser zweite Aufschwung geschah hauptsächlich in den Großstädten. Im Gegensatz zur vorigen Zeit wurde das Fahrrad von nun an auch von Personen akzeptiert, die sich ein Auto leisten konnten.

Ein weiterer historischer Meilenstein im Radverkehr ist die Entstehung und Entwicklung der Radwege. Diese sind annähernd so alt wie das Fahrrad. Die ersten Radwege entstanden im 19. Jahrhundert und wurden dabei nicht nur in Seitenlage der Straßen angelegt, sondern teilweise auch bereits auf der Fahrbahn. Der Stein des Anstoßes zum Bau von Radwegen war das holprige Pflaster städtischer Hauptverkehrsstraßen, denn dieses brachte den Radfahrern erhebliche Komforteinbußen und machten ihn unattraktiv. Der Zweck der ersten Radwege bestand zunächst nicht darin, den Radverkehr vom übrigen Fahrzeugverkehr zu trennen, sondern vielmehr in der Entlastung der Fußgänger, die durch Radfahrer massiv belästigt wurden. Aber auch in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts war die Trennung von Kfz-Verkehr und Fahrrädern noch nicht das vorrangige Thema. Vielmehr sollten in Konkurrenz zum noch vorherrschenden Kopfsteinpflaster der Chausseen sichere Radwegetze mit glatter Fahrbahn erschlossen werden. Dies trug dem in dieser Zeit mengenmäßig bedeutenden Radverkehr Rechnung.

In den 50er und 60er Jahren, als das Fahrrad nur eine untergeordnete Rolle als Fortbewegungsmittel spielte, wurden auch die Radwege in den Städten durch den gierigen Flächenverbrauch des motorisierten Individualverkehrs (MIV) wieder entfernt. Erst als in den 70er Jahren die Ökologiebewegung unter dem Eindruck der Energiekrise aufkam, setzte man in Deutschland wieder voll auf den Radverkehr als Alternative zum flächenverbrauchenden MIV. Die Politik der „Entmischung“ von motorisiertem und nichtmotorisiertem Verkehr setzte sich durch. Als Folge entstanden allerdings oft, wenn überhaupt, Radwege auf den Gehwegen und damit auf Kosten der Fußgänger. Die Folge waren ständige Konflikte zwischen Fußgängern und Radfahrern.

Radverkehr allgemein

4.2 Situation des Radverkehrs

Das Fahrrad ist bis heute das Verkehrsmittel, dessen Vorteile von Seiten der Politik am stärksten übersehen wird. In Deutschland werden zu Anfang des 21. Jahrhunderts ca. 12% aller Wege mit dem Fahrrad durchgeführt. Im Durchschnitt legt jeder Bundesbürger ca. 300 km im Jahr zurück. Im Vergleich mit anderen EU-Ländern liegt Deutschland damit zwar im oberen Drittel, jedoch ist die Diskrepanz zu den führenden Ländern erheblich (Abbildung 4). So weisen zum Beispiel die Niederlande einen Radverkehrsanteil von 27% auf und sind somit zusammen mit Dänemark Spitzenreiter in Sachen Radverkehrsförderung. Aber auch hinsichtlich der Verkehrsleistung ist die Niederlande mit 1000 km pro Bürger und Jahr führend.

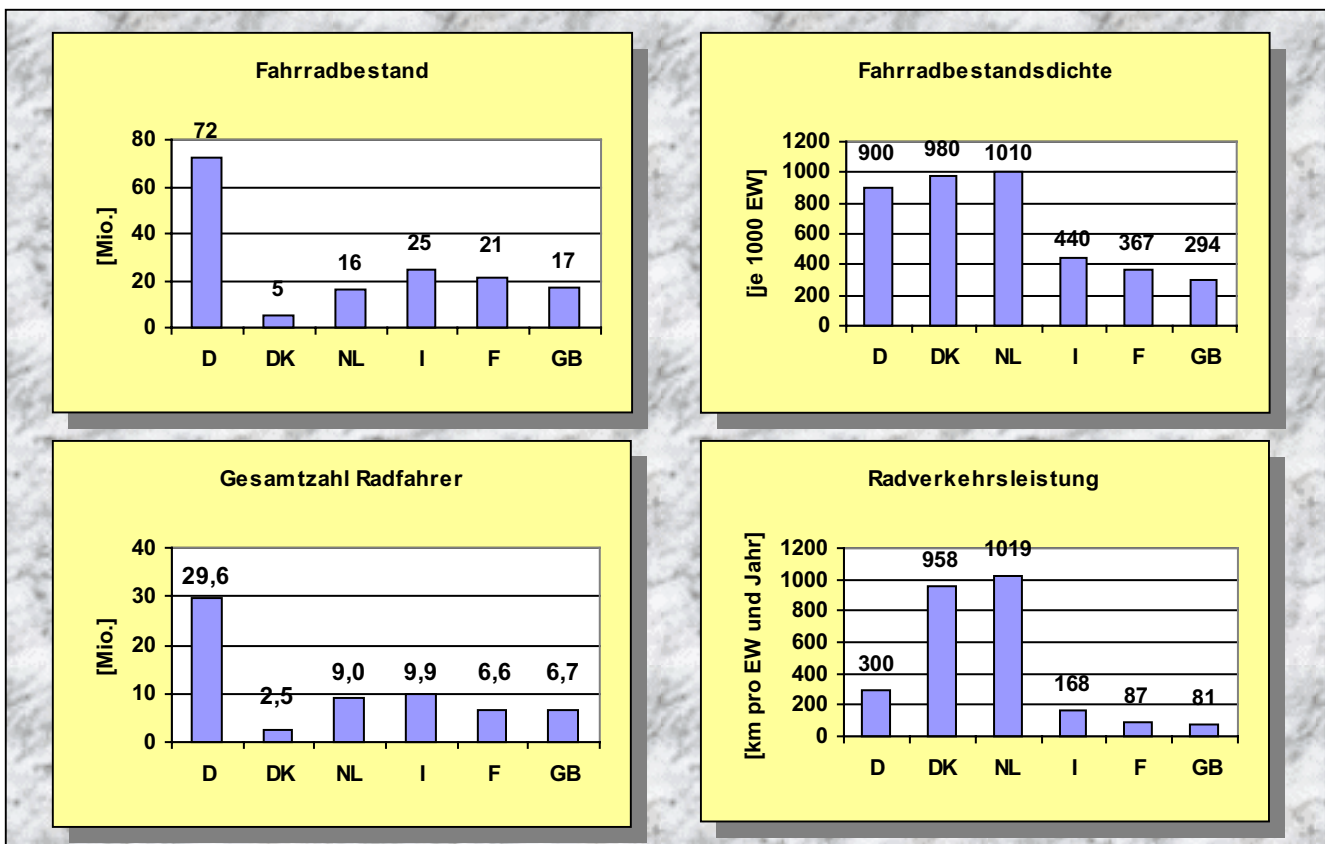


Abbildung 4: Vergleich von Daten des Radverkehrs in Deutschland mit denen anderer Länder der Europäischen Union [20; eigene Erstellung]

Auffallend ist in Deutschland, dass innerhalb des Landes die Radverkehrsanteile sehr großen Schwankungen unterworfen sind. Dabei ergeben sich Prozentsätze in einer Spannweite von teilweise 40% in „Radler-Städten“ wie Münster, Erlangen, Freiburg und Troisdorf, bis hin zu unter 5-10 % in Großstädten wie Berlin und Stuttgart. Zunächst könnte dabei vermutet werden, dass diese Tendenz zum Großteil von der vorhandenen Topografie und dem Wetter abhängt. Bei genauerem Hinsehen allerdings kann diese These in keinsten Weise gehalten werden, wie das Beispiel Berlin eindrucksvoll zeigt:

Radverkehr allgemein

In Berlin gibt es eigentlich keine störenden Berge und es fällt wenig Regen. Dies sind eigentlich hervorragende Grundbedingungen für das Radfahren. Dennoch werden dort nur rund 6 % aller Wege mit dem Fahrrad zurückgelegt.

Die starke Diskrepanz in den Radverkehrsanteilen liegt folglich mehr am Unwillen der Verwaltung als an möglichen Bergen im Stadtbereich. Die Politik muss sich daher mehr um die Belange des Radverkehrs kümmern. Dieses Thema wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit nochmals aufgegriffen.

Betrachtet man sich die Art und die Länge der mit dem Fahrrad zurückgelegten Wege (Abbildung 5) genauer, so fällt auf, dass die Mehrzahl derer unter 3 km liegen. Belegt wird dies auch durch den „Ersten Fahrradbericht“ der Bundesregierung von 1998, in dem eine durchschnittlich zurückgelegte Weglänge pro Fahrt von 2,9 km anno 1991 ermittelt wurde.

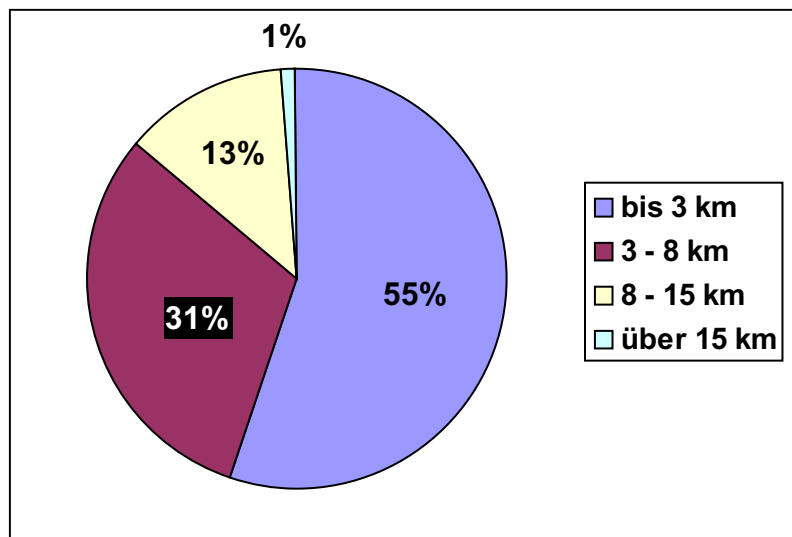


Abbildung 5: Anteil der Fahrten nach Entfernungsklassen [11; eigene Erstellung]

Das Fahrrad eröffnet allen Bevölkerungsgruppen fast jeden Alters eine eigenständige Mobilität. Statistisch gesehen besitzt fast jeder Bundesbürger ein Fahrrad; mehr als 75 Mio. Fahrräder gibt es in Deutschland, dies sind weitaus mehr als Pkw. Laut Statistischem Landesamt Baden-Württemberg verfügen ca. 82 % der Haushalte über mindestens ein Fahrrad (Abbildung 6), in jedem vierten Haushalt stehen sogar mindestens drei Fahrräder bereit.

Allerdings muss sich der Radverkehr trotz dieser eigentlich eindrucksvollen Zahlen seine Verkehrsanteile erst mühsam wieder „zurückerobern“. Sogar die überwiegend ökologisch motivierten Appelle zugunsten des Radverkehrs verhallen in der Vergangenheit mehr oder minder ungehört.

Radverkehr allgemein

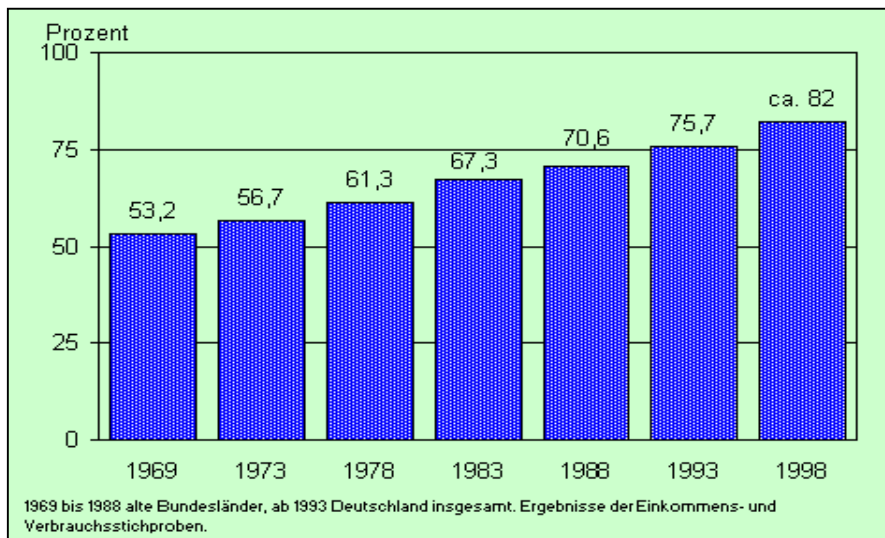


Abbildung 6: Anteil der Haushalte mit mindestens einem Fahrrad [14]

Die Situation in Deutschland ist folglich geprägt:

- von einigen vorbildlichen Kommunen, denen gegenüber die meisten Städte und Kreise keine systematische Radverkehrsförderung betreiben,
- von den Ländern, die sich bis heute nicht auf eine einheitliche Wegweisung einigen konnten
- vom Bund, der im Zeitraum 1993 bis 1999 gerade einmal 120 Mio. DM jährlich für den Radwegebau an Bundesstraßen ausgegeben hat.

Fahrradfreundliche Stadt kann somit nur diejenige werden, die auch dementsprechend Geld in den Radverkehr fließen lässt. Abbildung 7 zeigt deutlich, dass die entsprechenden Ausgaben der Städte unmittelbar mit der örtlichen Bedeutung des Radverkehrs korrespondieren. Die Beispiele Münster und Freiburg verdeutlichen dies auch anhand ihrer hohen Radverkehrsanteile von bis zu 40 %. Des Weiteren verstehen es diese Städte auch, gewachsene Strukturen für das Fahrrad zu erhalten und kontinuierlich weiter zu entwickeln.

Vorreiter in Sachen Radverkehrsförderung in Deutschland ist aktuell das Bundesland Nordrhein-Westfalen, das momentan daran arbeitet, ein landesweites Radverkehrsnetz zu entwickeln und auszuschildern. Insgesamt ist allerdings die Förderung des Radverkehrs bundesweit ein ausschließlich inselhaftes Phänomen. Das heißt im Gesamten sieht die Praxis des überörtlichen Radverkehrs relativ negativ aus, denn fast nirgends gibt es ausgeprägte Radverkehrsnetze. Einzig der Bau von Radwegen entlang von Bundes-, Landes- und Kreisstraßen wird in relativ großem Maße vorangetrieben. Allein zwischen 1981 und 1999 wurden 6200 km Radwege entlang von Bundesstraßen realisiert, so dass im Jahr 2000 eine Gesamtlänge von 15 000 km zu verzeichnen ist. Dies verspricht zwar eine große Menge und Länge an Radwegen, doch sind diese aufgrund der erheblichen Lärmbelastungen durch den Kfz-Verkehr effektiv wenig attraktiv. Ein weiteres Manko in Sachen momentan verfügbarer Radwege, ist das oft unvermittelte Ende dieser an Knotenpunkten oder besonders an Kreisgrenzen. Vor allem an Knotenpunkten muss dadurch mit einem dreimal höheren Unfallrisiko gerechnet werden als auf freier Strecke.

Radverkehr allgemein

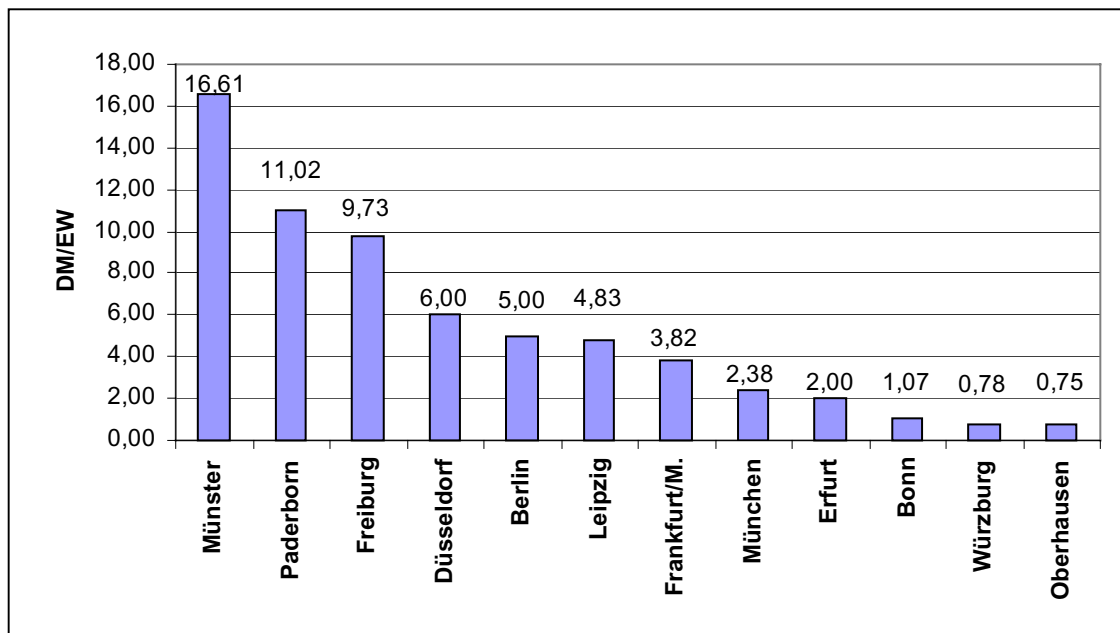


Abbildung 7: Ausgaben ausgewählter Kommunen für den Radverkehr [DM/EW], [1; eigene Erstellung]

In den Ballungszentren herrscht heute beim Pkw-Verkehr eine tagesdurchschnittliche Geschwindigkeit von rund 20 – 25 km/h vor. All das entspricht der Geschwindigkeit eines – zugegebenermaßen sportlich-radelnden Menschen. Des weiteren hat die Verkehrsstatistik bis vor kurzem den gesamten nicht-motorisierten Verkehr schlicht ignoriert und definierte Mobilität ausschließlich als motorisierte.

Wie sehr sich das Automobil als Symbol für Wohlstand und als Garant einer funktionierenden Wirtschaft in vielen Köpfen festgesetzt hat, zeigen heute immer wieder Reaktionen auf Maßnahmen zur Einschränkung des motorisierten Verkehrs. Zwar findet politisch seit der Erdölkrise von 1973 ein Umdenkungsprozess zu Gunsten des nicht-motorisierten bzw. öffentlichen Verkehrs statt, allerdings scheint die Realität in den meisten Fällen eine andere zu sein, sobald unpopuläre Maßnahmen ergriffen werden müssen, um Verkehr zu vermeiden. Vielmehr ist das Thema Verkehrslenkung momentan in aller Munde, allerdings schafft dies keine grundlegende Lösung für das Problem der Verkehrszunahme.

Trotz allem hat das Fahrrad in Deutschland als Verkehrsmittel für Alltags- und Freizeitfahrtzwecke erhebliche Bedeutung erlangt und nach Jahrzehnten der Krise eine bedeutende Renaissance erlebt. Allein in den Köpfen vieler Politiker und Verkehrsplaner wird das Fahrrad als Alltagsverkehrsmittel immer noch in den Hintergrund gedrängt. Dies ist jedoch nicht verwunderlich, da Themen wie Autobahnbau, Ökosteuer oder der Bahnbau dem Radverkehr sehr wenig Raum lassen.

4.3 Arten von Radverkehr und ihre Besonderheiten

Im folgenden soll kurz auf die verschiedensten Bereiche des Radverkehrs, aufgeteilt nach ihren Fahrtzwecken, eingegangen werden. Dies soll bereits einen gewissen Einblick in die Möglichkeiten des Einsatzes von GPS in diesem Bereich geben und Potenziale in dieser Hinsicht herausarbeiten.

4.3.1 Örtliche Wege

Örtliche Wege umfassen hauptsächlich diejenigen Strecken, die eine Länge unter 8 km besitzen, also der Bereich, in dem der Radverkehrsanteil am höchsten ist. Insgesamt beträgt der Anteil dieser Wege an den gesamten mit dem Fahrrad zurückgelegten Strecken ca. 90%. Im Folgenden wird dieser Bereich unterschieden in:

- Einkaufsverkehr
- Berufsverkehr
- Ausbildungsverkehr
- Freizeitverkehr unter 8 km

Einkaufsverkehr

Bei der Verteilung von Fahrradfahrten nach Verkehrszwecken umfasst der Einkaufsverkehr mit 29 % einen sehr hohen Anteil. Gemessen am Gesamtpersonenverkehr liegt er nach der Zahl der Fahrten im Durchschnitt in Deutschland bei ca. 12 %.

Auf die Fläche eines Kfz-Stellplatzes passen die Fahrräder von 10 Kunden. Parkplatzprobleme können somit durch häufigere Fahrradnutzung nahezu vermieden werden, wenn ausreichend Fahrradabstellplätze in Geschäftsstraßen oder an Supermärkten bereitgestellt werden. Nach einer Studie aus Utrecht ergibt sich für den Einkaufsverkehr ein sehr überraschendes Bild. Zwar machen Personen, die mit dem Pkw einkaufen gehen, pro Einkauf mehr Umsatz, jedoch kommen radfahrende Kunden deutlich häufiger ins Geschäft. Tatsächlich ist in dieser Studie auch von Umsatzsteigerungen die Rede, nachdem Kfz-Stellplätze in Fahrradstellplätze umgewandelt wurden.

Probleme gibt es für die Radfahrer eigentlich nur im Transport der eingekauften Waren. Für Dinge des täglichen Bedarfs dürfte allerdings die Kapazität von Fahrradkörben ausreichen. Innerhalb der Studie fiel nämlich zusätzlich auf, dass lediglich 25% der Autofahrer ein Geschäft mit zwei oder mehr Warentüten verlassen. 75% aller Autofahrer haben folglich keine für das Radfahren hinderlichen schweren Lasten zu transportieren.

Für den Einkaufsverkehr mit dem Fahrrad ist zusätzlich noch wichtig, dass die Umgebung der Geschäfte qualitativ aufgewertet wird. Dies kann schon allein dadurch geschehen, dass Tempo-30-Zonen außerhalb der Durchgangsstraßen eingerichtet werden. Das Sicherheitsgefühl des Radfahrers wird dadurch zusätzlich noch gestärkt.

Berufsverkehr

Laut statistischem Bundesamt radeln immer mehr Berufstätige zur Arbeit. Schließlich ist das Fahrrad im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln schneller. Im innerstädtischen Bereich wird das Fahrrad auf den überwiegend drei bis fünf Kilometer langen Anfahrsstrecken von

Radverkehr allgemein

keinem anderen Verkehrsmittel übertroffen. 19 % der Fahrten mit dem Fahrrad werden im Berufsverkehr unternommen, gemessen am Gesamtpersonenverkehr aller Verkehrsträger umfasst der Berufsverkehr mit dem Fahrrad 9 %.

Hinderungsgründe für Pendler, auf das Fahrrad umzusteigen, sind vor allem die vom Kfz-Verkehr ausgehenden Gefahren. Viele fahrradfahrende Pendler sehen dieses Problem zwar auch, weichen aber deshalb auf ungefährlichere Straßen aus. Dies bedeutet, dass Pendler auch durchaus Umwege in Kauf nehmen, um ihr Sicherheitsgefühl zu stärken. In Abbildung 8 ist die Entwicklung des Berufsverkehrs mit dem Fahrrad verzeichnet.

Viele Pendler fahren von ihrer Wohnung bzw. ihrem Arbeitsplatz zum Bahnhof. Dabei ergibt sich zwangsläufig das Problem, das Fahrrad abstellen zu müssen. Wichtig ist den Berufstätigen, einen diebstahlsicheren Abstellplatz vorzufinden. Häufig kommt es auch zu völlig ungeordnet geparkten Fahrrädern, wenn keine oder nur unzureichend viele Abstellplätze vorhanden sind. Vor allem in Großstädten ist dieses Phänomen häufig zu entdecken.

Ein anderes Argument für das Radfahren zur Arbeit ist u.a. auch, dass schon ein Pensum von drei Kilometern täglich vielen Erkrankungen aufgrund von Bewegungsmangel vorbeugen kann. Belegt wurde dies in einem norwegischen Industriebetrieb, bei dem die Zahl der Krankheitstage um die Hälfte sank, nachdem der Umstieg auf das Fahrrad gefördert wurde. Auch für die Unternehmen selbst sind fahrradfahrende Mitarbeiter von Vorteil, da Radfahrer körperlich und deshalb auch häufig geistig in besserer Form sind als andere. Somit erfreuen sich die Unternehmen dadurch auch noch einer höheren Produktivität.

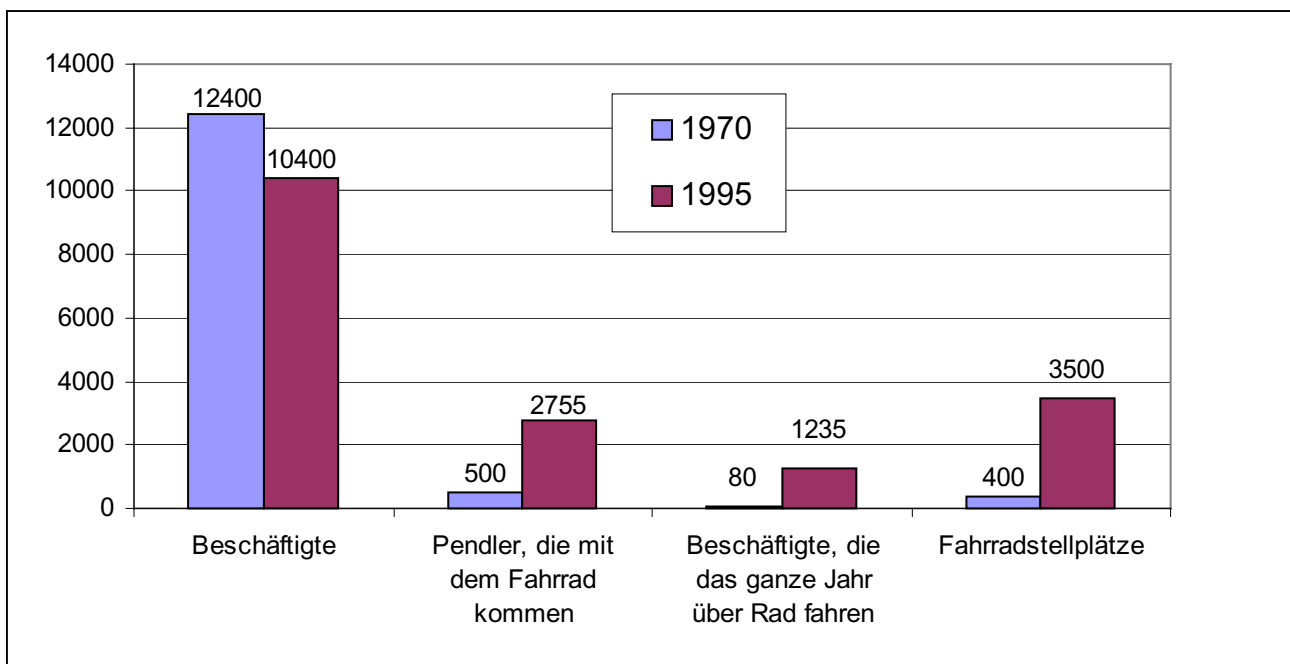


Abbildung 8: Das Fahrrad im Berufsverkehr bei Ciba Geigy [20; eigene Erstellung]

Durch das Pendeln mit dem Fahrrad zu den Öffentlichen Verkehrsmitteln kann auch dieser für den Berufstätigen attraktiver werden. So kann der Radfahrer auf der Fahrt bis zum Haltepunkt eines schnelleren Verkehrsmittels gegenüber dem Bus erheblich Zeit einsparen. Denn je öfter man die Fahrt unterbrechen muss, desto höher wird der Zeitverlust und desto attraktiver wird das Auto.

Radverkehr allgemein

Ausbildungsverkehr

Der Ausbildungsverkehr ist ein traditionell stark frequentiertes Gebiet für den Fahrradverkehr. Zwar finden nur 14% der Fahrten mit dem Fahrrad in diesem Bereich statt, allerdings hat das Fahrrad verglichen mit dem Gesamtpersonenverkehr mit einem Anteil von 27% den weitaus größten Umfang aller Verkehrszwecke auf sich vereint. Dies ergibt auch Sinn, da die höchste Bedeutung des Fahrrades als Verkehrsmittel bei Kindern und Jugendlichen liegt.

Hauptsächlich in Sachen Schule hat das Fahrrad enorme Bedeutung. Durch die relativ geringen Entfernungen (meist unter 5 km) zur Ausbildungsstätte spielt das Fahrrad seine Vorteile als schnelles und unabhängiges Verkehrsmittel voll aus. Der Ausbildungsverkehr wird dabei häufig auch als Möglichkeit des sozialen Kontaktes verstanden. Denn meist finden Fahrten zur Schule in großen Gruppen statt. Dies ist der große Unterschied zu den bisher genannten Verkehrszwecken, die sich doch in aller Regel durch individuelles Radfahren auszeichnen. Eine Besonderheit hierbei ist auch, dass sich die Schüler meist recht früh vor Beginn des Unterrichtes treffen, um entspannt an der Schule anzukommen. Meist wird dies auch genutzt, um ausgiebig Konversation zu betreiben. Diese Ablenkung kann allerdings auch Gefahren hervorrufen, da die Konzentration des Einzelnen auf den übrigen Verkehr meist nicht mehr gegeben ist. Deshalb ist es hierbei wichtig, gesicherte Radwege für den Schüler anzubieten, wie es in fast allen Städten und Gemeinden fabriziert wird.

Anders sieht es dagegen bei der Fahrt zu den übrigen Ausbildungsstätten aus, wie die Hochschulen, die Ausbildungsplätze oder ähnliches. Hier überwiegt erneut das Radfahren des Einzelnen. Meist zeichnet sich dieses Radfahren auch mehr durch Hektik aus, um pünktlich am Zielort anzukommen. Von gemütlichem und erholsamem Radfahren kann hierbei keine Rede sein. Häufig wird erst in letzter Minute das Haus verlassen.

Freizeitverkehr

Innerhalb des Verkehrsträgers Fahrrad nimmt der Freizeitverkehr mit 38% den größten Anteil ein. Dies ist sicherlich damit zu begründen, dass das Fahrrad lange Zeit nahezu ausschließlich als Sportgerät und weniger als Alltagsverkehrsmittel angesehen wurde.

Die Gründe warum Menschen ihre eigenen vier Wände verlassen sind sehr verschiedenartig. Raus aus dem Alltag, unterwegs sein, etwas erleben, aktiv sein, Menschen treffen, Neues entdecken, all dies ist darunter zu verstehen. Darüber hinaus kommt noch dazu, dass trotz unserer schnelllebigen Zeit immer mehr Menschen über immer mehr Freizeit verfügen, die sie mit aller Macht ausnutzen wollen. Der Trend zur Freizeitgesellschaft ist unübersehbar. Und auf diesem Gebiet nimmt das Fahrrad einen immer größeren Teil ein. Es ist aus der Freizeitgestaltung schon lange nicht mehr wegzudenken, zumal die Folgen des boomenden Freizeitverkehrs deutlich auszumachen sind: Staus, überquellende Parkplätze oder auch Autolärm und zunehmende Luftverschmutzung. Einen großen Beitrag zur Entlastung des motorisierten Freizeitverkehrs könnte somit der Fahrradverkehr übernehmen. Allein schon jeder fünfte oder sechste Weg vom Pkw auf das Fahrrad würde eine spürbare Steigerung der Lebensqualität bewirken.

Allgemein kann noch hinzugefügt werden, dass bei allen örtlichen Wegen (unter 8 km) die Ortskenntnis der Radfahrer mit Sicherheit vorhanden ist. Eine weitere kartografische oder technische Unterstützung sollte in diesem Rahmen nicht nötig sein und kann letztendlich auch keinen Sinn machen.

Radverkehr allgemein

4.3.2 Überörtliche Wege

In diesem Bereich wird der Teil des Freizeitverkehr, dessen Wegelänge über 8 km liegt, betrachtet. Hierzu zählen u.a. Fahrradtouren, Fahrradurlaub und der gesamte Bereich des Fahrrades als Sportgerät.

Der Radtourismus hat in den letzten Jahren einen enormen Aufwärtstrend erlebt. Innerhalb der Freizeitaktivitäten verzeichnete der Fahrradtourismus die höchsten Zuwachsraten. Mehr als zwei Millionen Deutsche haben laut ADFC im Jahr 2000 eine mehrtägige Reise unternommen. Immerhin 7,4 Prozent, also knapp 6 Millionen Bundesbürger, planen in den nächsten Jahren eine Radreise zu unternehmen. Davon werden 77 Prozent der Fahrradurlaube als „wichtigste Urlaubsreise des Jahres“ bezeichnet. Folglich trägt der Fahrradtourismus bereits schon heute in vielen Regionen stark zur Stabilisierung und Förderung regionaler Wirtschaftsstrukturen bei. Besonderheit der Radtouristen ist u.a., dass diese im Vergleich zu den übrigen Touristen wesentlich ausgabefreudiger sind.

Bei touristisch genutzten Radwegen ist ein angenehm gestaltetes Umfeld von großer Bedeutung. Landschaftlich reizvoll gelegene Radwege und ein von Beeinträchtigungen durch den Kfz-Verkehr freies Umfeld ist für die Attraktivität ein wichtiger Bestandteil. Radtouristen sind eine Spezies, die sehr naturverbunden sind. Natur erleben und gleichzeitig sich kulturell weiterbilden ist der Hauptgrund für die Durchführung von Radreisen, zusammen mit einer sportlichen Betätigung, die gleichzeitig auch der Gesundheit dient, die in unserer von Stress geprägten Gesellschaft augenscheinlich sehr leidet. Dadurch sind in der Zwischenzeit zahlreiche touristische Themenrouten entstanden, die zunehmend vermarktet werden. Beispiele hierfür sind in Nordrhein-Westfalen die „100-Schlösser-Route“ oder die Radroute „Dortmund-Ems-Kanal“.

Der größte Teil der Fahrradurlaube wird von den Urlaubern selbst organisiert. Zwar erfreut sich das Angebot von Radpauschalreisen zunehmender Beliebtheit, doch hat es den Anschein, dass gerade die Fahrradfahrer gerne ihr Unabhängigkeit genießen wollen. Dementsprechend muss die Möglichkeit der Organisation in Form von aussagefähigem Kartenmaterial und Lektüre in ausreichender Form gegeben sein. Übernachtet wird in den meisten Fällen in Hotels, gefolgt von Pensionen und Wohnwagen. In der Zwischenzeit entwickeln sich auch - für die Urlauber sehr vorteilhaft - fahrradfreundliche Beherbergungsbetriebe, das sog. „Bett&Bike“.

Fahrradtourismus verbindet folglich das Angenehme (Aktivität, Naturerfahrung und Erholung) mit dem Nützlichen (Umweltschutz und hohe Wirtschaftlichkeit) ohne einen Zwang zum Verzicht.

4.3.3 Wirtschaftsverkehr

Hierunter fällt u.a. der Bereich der Fahrradkuriere, die seit Beginn der 90er Jahre in großem Stil in die Städte drängen und dort nicht mehr wegzudenken sind. In der Praxis geht man allerdings bis heute davon aus, dass der Wirtschaftsverkehr dem motorisierten Verkehr entspricht. In den meisten Fällen wird deshalb der Anteil der Transporte mit dem Fahrrad am Gesamttransportaufkommen schlicht vernachlässigt. Gerade jedoch in Innenstadtbereichen von Großstädten spielt der Transport leichter Güter eine zunehmende Rolle, denn diese Art von Gütern lassen sich mit denselben Fahrzeugen transportieren wie Personen, also auch mit dem Fahrrad.

Radverkehr allgemein

Die Transportkapazität von Fahrrädern hängt zum einen von der Art des Fahrrades und zum anderen von der Ausrüstung des Radfahrers ab. Beim Thema Fahrrad lassen sich verschiedene Gruppen unterscheiden. Über herkömmliche Fahrräder für den alltäglichen Gebrauch muss nicht viel gesagt werden. Allerdings benutzen Fahrradkuriere je nach Transportart auch Fahrräder mit drei oder vier Rädern (u.a. Rikschas) sowie spezielle Anhänger. Damit ergeben sich transportierbare Lasten in einem Umfang von 30 kg bis zu 180 kg bei Spezialrädern. Die Ausrüstung der Fahrradkuriere umfasst im wesentlichen einen Rucksack, der i.d.R. eine Kapazität von 10 kg aufweist.

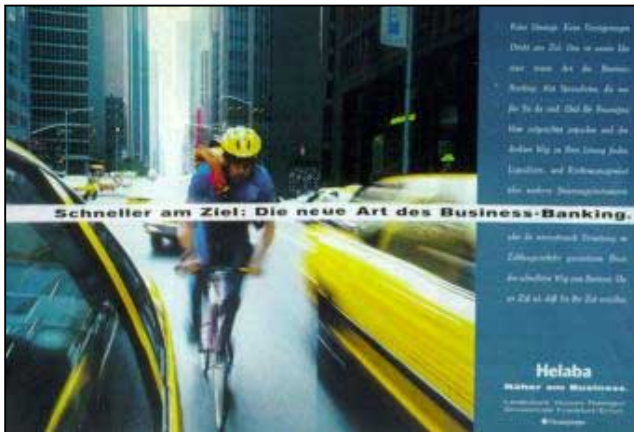


Abbildung 9: Fahrradkuriere im Dienst [27], [23]

Genutzt wird das Fahrrad im Wirtschaftsverkehr in unterschiedlichsten Bereichen. Dazu gehören neben Kurier- und Zustelldiensten auch Fahrten von Handwerkern und Informations- und Verkaufsdiensten. Im Vordergrund steht allerdings der Transport im Auftrag von Werbeagenturen, gefolgt von Druckereien, Anwaltskanzleien, Reisebüros, Apotheken, Ingenieurbüros und Ämter/Behörden.

Fahrradkuriere unternehmen Schätzungen zufolge jährlich ca. 10 Mio. Fahrten und fahren dabei über 50 Mio. Kilometer weit. Markenzeichen dieser Branche sind u.a. die Pünktlichkeit und somit auch die Zuverlässigkeit bei der Auslieferung sowie die Berücksichtigung individueller Kundenwünsche (siehe Abbildung 10). Extreme Vorteile haben Fahrradkuriere hauptsächlich in der Schnelligkeit auf kurzen Strecken. Laut Messungen Münchner Fahrradkuriere ist das Fahrrad bei innerstädtischen Fahrten unter 7 km deutlich schneller als das Auto, denn Staus oder Stockungen, die in Großstädten nicht nur zur Spitzenstunde auftreten, sind keine wesentlichen Behinderungen. Erst ab einer Strecke von 12 km kann das Auto seine Schnelligkeit ausspielen. Ganz wichtige Voraussetzung für die Kuriere ist die sehr gute Ortskenntnis, denn ohne diese wären Umwege oder längeres Suchen die Regel. Damit würde der Kurierdienst per Fahrrad seinen Zeitvorteil und somit auch an Attraktivität verlieren. Aufträge werden per Telefon an den Kurierdienst weitergegeben, der dann seine Fahrrad-kuriere über Handy an die entsprechenden Abholorte delegiert, so dass die Aufträge umgehend erledigt werden können. Neuen Techniken ist diese Branche somit sicherlich sehr aufgeschlossen, sofern diese Vorteile mit sich bringt.

Probleme gibt es bei der Abwicklung der Fahrten natürlich auch. Für die Kuriere sind beispielsweise Radwege zu gefährlich, da ständig Fußgänger vertrieben werden müssen. Dies hat ihnen auch das Image von Fahrrad-Rowdys eingebracht. Des Weiteren sind rücksichtslose Autofahrer und zu schmale Radwege das größte Hindernis der Fahrradkuriere.

Radverkehr allgemein

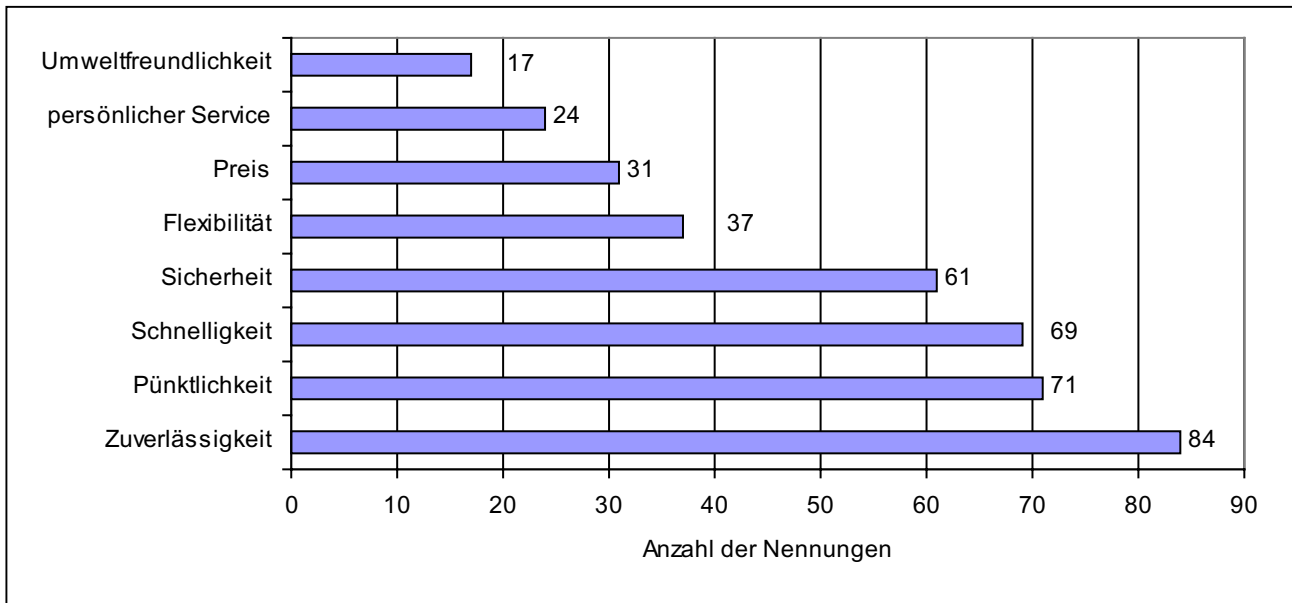


Abbildung 10: Anforderungen an Fahrradkuriere [22; eigene Erstellung]

4.4 Potenzial und Zukunft des Radverkehrs

Das Fahrrad ist viel mehr als ein Freizeitvergnügen. Wahrscheinlich ist die Einheit, die Fahrer und Fahrrad bilden, sogar die effektivste Maschine der Welt. Mit dem Rad übertrifft der Mensch Tiere, Maschinen und sich selbst. Obwohl er schon sehr gut zu Fuß ist, reduziert sich mit dem Fahrrad sein Energiekonsum für eine bestimmte Strecke auf ein Fünftel, während sich seine Geschwindigkeit gleichzeitig um den Faktor vier steigert. Mehrere Kosten-Nutzen-Analysen belegen zudem, dass der volkswirtschaftliche Nutzen des Fahrrades weitaus höher liegt als die Kosten für fahrradpolitische Projekte. Denn Radfahren fördert die Gesundheit, Lebensqualität, Mobilität, entlastet die Umwelt, schafft lokale Arbeitsplätze und kann teure Verkehrsspitzen auf der Straße reduzieren.

Laut „Erstem Fahrradbericht der Bundesregierung von 1998“ ergibt sich vor allem im Kurzstreckenbereich unter 5 km ein erhebliches Verlagerungspotenzial vom Pkw auf das Fahrrad, denn knapp 50 Prozent aller Pkw-Fahrten liegen in diesem Bereich. Beispielhaft ist dies in Abbildung 11 anhand der WUMS-Umfrage - aufgegliedert nach Fahrtzwecken - dargestellt. Nach Schätzungen lassen sich sogar bis zu 30 Prozent der Pkw-Fahrten in Ballungsgebieten auf den Radverkehr verlagern. Voraussetzung dafür ist allerdings eine geeignete Radverkehrspolitik in den Städten. Mit Hilfe dieser dürfte es in den Städten kein Problem sein, den Radverkehrsanteil bei geeigneter Topografie und guten klimatischen Bedingungen auf 20 bis 25 Prozent zu erhöhen. Einzelne Städte in Deutschland, wie Münster, Freiburg oder Troisdorf haben es in der Vergangenheit bewiesen, dass der Radverkehrsanteil teilweise auf über 30 Prozent gesteigert werden kann.

Radverkehr allgemein

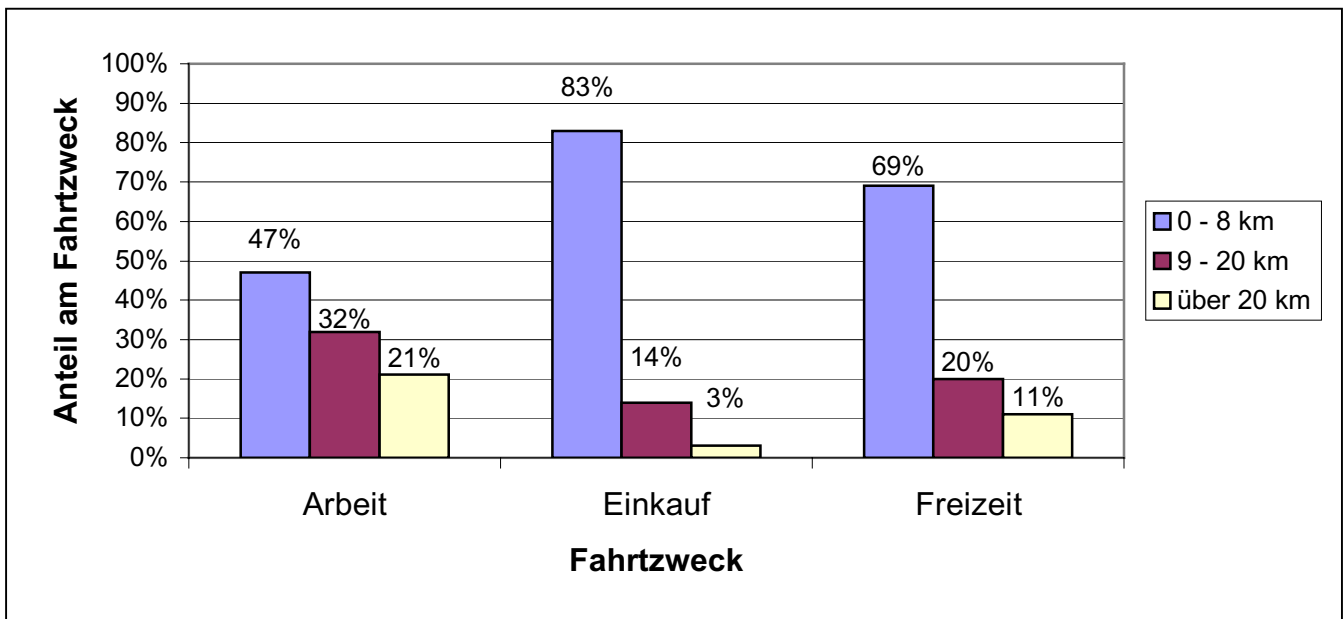


Abbildung 11: Anteile von Entfernungsklassen am Fahrtzweck [21]

Interessant ist das Ergebnis einer Studie der Europäischen Union von 1999 über den Kurzstreckenverkehr. Denn 73 Prozent der Europäer wollen, dass dem Fahrrad eine Vorzugsbehandlung gegenüber dem Auto zuteil wird, denn das Auto wird zumindest in den Städten als massive Belästigung empfunden. Das Fahrrad scheint somit genauso populär zu sein wie das Privatauto. Die Mehrheit der Bevölkerung wäre sogar bereit, ein Fahrrad zu erwerben, wenn die jeweilige Stadtverwaltung die Förderung des Radverkehrs signalisieren würde. Selbst eine Stadt, die bisher nahezu überhaupt nichts für den Fahrradverkehr getan hat, kann bereits mit 20-25 DM pro Einwohner und Jahr innerhalb weniger Jahre ausgesprochen fahrradfreundlich werden. Erst wenn das Angebot für den Radverkehr quantitativ wie qualitativ ein ähnlich hohes Komfort- und Qualitätsniveau wie beim Kfz-Verkehr erreicht, kann das Fahrrad mit anderen Verkehrsmitteln sehr gut konkurrieren. Damit könnte das Fahrrad vom Freizeitsportgerät zum allseits akzeptierten Alltagsverkehrsmittel avancieren.

Das Fahrrad ist allerdings nicht nur ein Kurzstreckenverkehrsmittel. Hauptsächlich im Freizeitverkehr ergibt sich ein erhebliches Potenzial für den Radverkehr. Der größte Teil des Personenverkehrs in der Freizeit wird mit dem Pkw zurückgelegt. Die Ausschöpfung des Fahrradpotenzials in der Freizeit wird sehr stark von hochwertigen Angeboten abhängen. Dazu zählen u.a. Touren- und touristische Angebote wie die Fahrradmitnahme im Fernverkehr, radlerfreundliche Hotels und Gaststätten sowie effektive Radwegweisung und Radkarten. Des Weiteren werden attraktive Radverkehrsnetze den Verzicht auf viele Autofahrten ermöglichen. Gleichzeitig wird dadurch aber die individuelle Mobilität jedes Einzelnen erhalten.

In einem Fachbeitrag von Tilman Bracher über die „systematische Unterschätzung des Fahrradpotentials“ geht dieser in seiner Schlussfolgerung davon aus, dass der Radverkehr in der Zukunft Städte, Umwelt und Wohnumfeld zu einem wesentlichen Teil vom motorisierten Verkehr entlasten kann. Zur Ausschöpfung des Potenzials sollte jedoch die „Stadt der kurzen Wege“ als Leitbild genommen werden. Des Weiteren sollten Fahrradausflüge und der Fahrraddurlaub zu einer veränderten Freizeitgestaltung beitragen. Seiner Meinung nach kann eine Radverkehrsförderung in Deutschland ohne eigene Gesetze und eigene personelle Zuständigkeiten nicht funktionieren.

Radverkehr allgemein

Das Fahrrad bleibt in Deutschland ohne gezielte Förderung somit weit hinter seinen Möglichkeiten und kann seine großen Vorteile als umweltfreundlichstes Individualverkehrsmittel nicht ausspielen. Dadurch blieben zahlreiche Vorteile für die Umwelt, Gesundheit, Wirtschaft und den Tourismus ungenutzt.

Allerdings kann auch die Fahrradindustrie selbst die Attraktivität des Radfahrens erhöhen, denn Scheibenbremsen, Vollfederung und automatische Schaltungen könnten das Fahrradfahren in Zukunft einfacher und sicherer machen und somit einen weiteren Beitrag zur Erhöhung des Fahrradanteils liefern. Dies ist zwar nur ein kleiner Punkt in der Potenzialausnutzung, jedoch ein entscheidender. Denn ohne geeignetes Material wird niemand freiwillig auf das Fahrrad umsteigen, wenn es auch bequemere Fortbewegungsmittel gibt. Da sich jedoch die Fahrräder in der heutigen Zeit immer mehr individuell gestalten lassen, ist das Fahrrad selbst an sich allerdings Problem.

5. Situation der konventionellen Radverkehrsnavigation

5.1 Zuständigkeiten in der Radverkehrsplanung

Die Zuständigkeit im Radverkehr ist ein wichtiges Thema und ein Problembereich zugleich. Große Bedeutung erlangt diese in Sachen Radverkehrsförderung.

In Deutschland obliegt die gesamte Zuständigkeit und damit die Handlungsfähigkeit für den Radverkehr im kommunalen Bereich. Dies bedeutet, jede Kommune unternimmt Radverkehrsplanung nach ihrem eigenen Gutdünken. Netzverläufe sollten zwar mit Nachbargemeinden abgestimmt werden, dies geschieht jedoch häufig nicht, da die eine Kommune dem Radverkehr meist einen höheren Stellenwert beimisst als die andere.

Fahrradverkehr ist vor allem Nahverkehr. Aus diesem Grund sind zunächst die Städte und Gemeinden aufgefordert, für den Radverkehr eine ausreichende und sichere Infrastruktur zu schaffen. Aufgrund der kommunalen Planungshoheit kann der Staat auf die Radverkehrsplanung keinen direkten Einfluss nehmen. Der Bund und das jeweilige Bundesland unterstützen den Radwegebau in den Kommunen durch Zuschüsse. Dabei können die Gemeinden bei Erfüllung der jeweiligen Bedingungen aus folgenden Mitteln Zuwendungen erhalten:

- Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) für Radwege entlang verkehrswichtiger Straßen
- Finanzausgleichsgesetze (FAG) zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse und der Verkehrssicherheit
- Städtebauförderung
- Wirtschaftsförderung
- Dorferneuerung

Des Weiteren schaffen Bund und Länder durch Gesetze, Verordnungen und Finanzierungsgrundlagen einen wichtigen Rahmen für den Radverkehr, der zum einen Spielräume eröffnet zum anderen sie aber auch begrenzt. Als Baulastträger der innerorts und außerorts auch für den Radverkehr wichtigen Landes- und Bundesstraßen sind aber auch der Bund und die Länder für die Radverkehrsförderung wichtig. Ein vorbildliches Bezuschussungssystem gibt es in Nordrhein-Westfalen. Dort gibt es für die Gemeinden ein eigenes Budget zur Radverkehrsförderung und zusätzliche Mittel für den Radverkehr aus verschiedenen anderen Programmen. Die Kommunen sind dabei in Nordrhein-Westfalen allerdings auch an das Straßen- und Wegegesetz gebunden, durch das sie nach §49 für die Schaffung eines dichten und geschlossenen Radverkehrsnetzes zuständig sind.

Der Bund hat zumindest aufgrund der Straßenverkehrsordnung gewisse Einflussmöglichkeiten auf die Radverkehrsplanung. Die Ausgestaltung und Beschilderung von Radverkehrsanlagen, die Ausweisung von Fahrradstraßen sowie die Öffnung von Einbahnstraßen in Gegenrichtung für den Radverkehr sind in der StVO geregelt.

Die Länder dagegen haben gegenüber dem Bund den Vorteil, dass sie näher an den Kommunen sind. Damit können sie Fördergelder gezielter einsetzen und ihre korrekte Verwendung begleiten. Es ergibt sich aber auch die Möglichkeit über Landesbauordnungen bei Neu- und Umbauten von Wohn- und Geschäftshäusern nutzerfreundliche Fahrradstellplätze zu schaffen. Des Weiteren bauen die Länder im Auftrag des Bundes Radverkehrswege an Bundes- und Landesstraßen und im Bereich des Fahrradtourismus. Es liegt

damit in deren Hand, geschlossene überregionale Radwegenetze und eine systematische Beschilderung für den überörtlichen Verkehr zu schaffen.

5.2 Kartengrundlage

In der klassischen Navigation der Radfahrer besitzt die gedruckte Karte in ihren verschiedensten Formen einen sehr hohen Stellenwert. Unabhängig davon, ob das Fahrrad alltäglich im Berufs-, Einkaufs-, Freizeitverkehr oder bei Radtouren oder –reisen genutzt wird, Radverkehrskarten helfen, Routen zu planen und sich im Gelände zurechtzufinden. Ohne Karten wäre es nicht möglich, sich auf fremdem Terrain zurechtzufinden. Aus diesem Grund soll in diesem Kapitel auf das Thema Karte im Radverkehr näher eingegangen werden, zumal eine vollständige Ablösung der papiernen Karte in Form von digitalen Karten in näherer Zukunft nicht zu erwarten ist.

Die radfahrende Bevölkerung benötigt zur optimalen Nutzung der Radverkehrsinfrastruktur geeignete Informations- und Orientierungshilfen. Dabei muss der Radfahrer mit Angaben über vorhandene Radwege, gefahrlose Radstrecken und die Beschilderung versorgt werden. Dies kann u.a. innerhalb einer Radverkehrskarte geschehen. Diese Informationen könnten zwar auch in einem Radwanderführer textlich an den Nutzer herangetragen werden, doch ist dies zu unübersichtlich und platzraubend. Allerdings müssen die Radkarten dafür bestimmte Anforderungen erfüllen, um eine gute Orientierung zu gewährleisten. Eine Karte sollte:

- selbsterklärend und einfach sein. Im Idealfall sollte die Karte verständlich sein, ohne die Legende vorher studiert zu haben.
- deutlich und ohne Überfrachtung mit unwichtigen Details sein.
- praktisch und einfach zu verwenden sein. Dies betrifft hauptsächlich die Falzung und die Verarbeitung, die großen Belastungen ausgesetzt sind.
- immer aktuell sein

Grundsätzlich sind zwei Typen von Kartengrundlagen zu unterscheiden. Zum einen die amtlichen topografischen Grundlagen und zum anderen die Grundlagen privater Verlage, wobei hier nur auf die gebräuchlichste Art eingegangen wird.

Amtliche topografische Karten

Sehr viele Radwanderkarten haben als Grundlage amtliche topografische Karten. Der Nutzer hat dabei den Vorteil, dass diese topografische Grundlage relativ einheitlich zur Verfügung steht und damit das ständige neue Einlesen in die Karte entfällt. Zwar haben diese Karten den Nachteil, dass alles sehr detailliert dargestellt und damit das Lesen erschwert wird, andererseits ist der Nutzer infolge der lückenhaften Radverkehrsbeschilderung in der Praxis für eine gute Orientierung auf den hohen Detaillierungsgrad angewiesen. Des Weiteren sind Radfahrer oft in unübersichtlichem Gelände abseits des Kfz-Verkehrs unterwegs, so dass der Aussagefähigkeit der Karte eine große Bedeutung zukommt. Üblicherweise erscheinen die Radwanderkarten in einem Maßstab von 1:50.000 (TK 50), manchmal auch von 1:100.000 (TK 100). Abbildung 12 gibt anhand des Beispiels der Großen Kreisstadt Winnenden Auskunft über die Genauigkeit und den Detaillierungsgrad solcher topografischer Karten. Grün eingezeichnet sind dabei die empfohlenen Radrouten.

Situation der konventionellen Radverkehrsnavigation

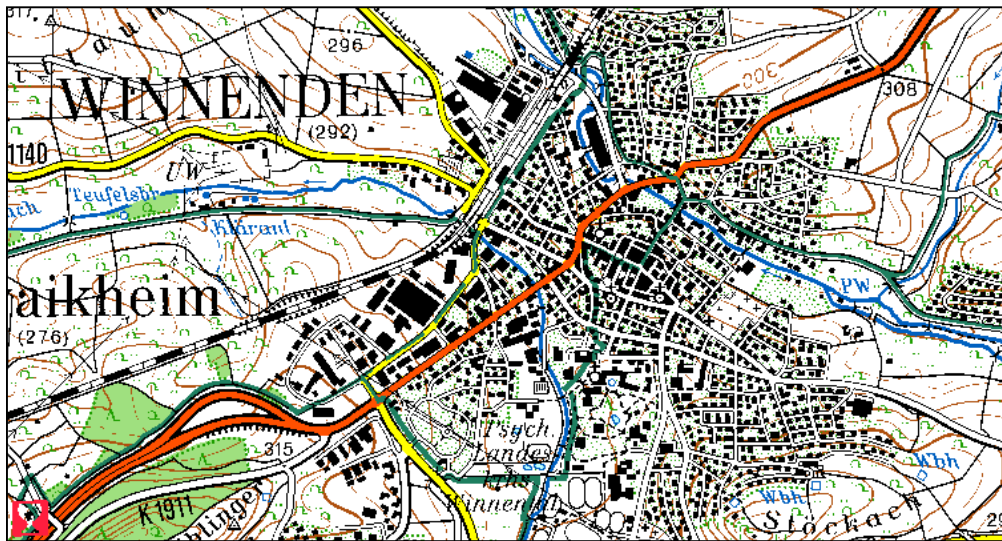
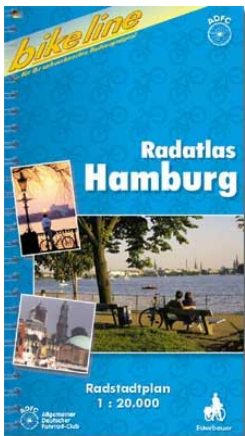


Abbildung 12: Auszug Amtliche Topografische Karte 1:50.000

In der Praxis ergeben sich für den Radfahrer vier grundlegende Kartentypen:

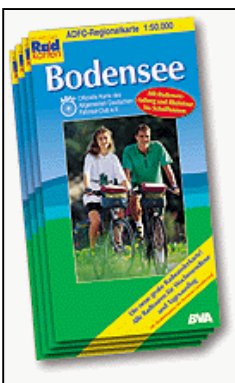
a) Radfahrerstadtplan



Der Radfahrerstadtplan dient vor allem der Orientierung im engsten Einzugsbereich. Denn auch der Alltagsradfahrer kann nicht alle Bereiche seiner Stadt kennen. Dies gilt überwiegend für Großstädte wie beispielsweise Hamburg (Abbildung 13). Der Radfahrerstadtplan liefert neben einem vollständigen Straßenverzeichnis auch wichtige Informationen zur Routenwahl des Radfahrers. Dazu gehören auf der einen Seite schnelle Velorouten und auf der anderen Seite ruhige und grüne Routen sowie auch die für Kfz verschlossenen Abkürzungen. In der Zwischenzeit gibt es laut ADFC bis zu 200 Radfahrerstadtpläne in Deutschland, wobei der Maßstab zwischen 1:5.000 und 1:25.000 variiert.

Abbildung 13: Radstadtplan Hamburg [48]

b) Radwanderkarte



Bei der Radwanderkarte handelt es sich um einen freizeitorientierten Kartentyp. Der Maßstab umfasst den Bereich von 1:50.000 bis 1:75.000. Sie können eine Fläche von etwa 50 x 60 Kilometer abdecken und sind daher für die meisten Wochenend- und Feierabendtouren ausreichend. Sehenswürdigkeiten, Rastplätze und die Topografie sind deutlich aus der Karte zu entnehmen, teilweise aber auch Tourenvorschläge, Verkehrsbelastungen und die Fahrbahnqualität.

Abbildung 14: Radwanderkarte Bodensee [47]

Situation der konventionellen Radverkehrsnavigation

c) Radtourenkarte



Bei Radtourenkarten (Abbildung 15) verändert sich der topografische Karteninhalt in Richtung großräumige Flächen-darstellung, indem das Verkehrsnetz und die Beschriftung der klassifizierten Orte, die Bodenbewachsung und die Geländedarstellung vereinfacht dargestellt werden. Die gesamte Thematik der Karte verschiebt sich somit mehr in Richtung Hauptradachsen, Fernradwanderwege, Routenvorschläge, überregionale Radwegweisung und den Streckenzustand.

Abbildung 15: links: Deutsche Radtourenkarte [47]
rechts: ADFC-Radtourenkarte [47]

Diese Art der Radkarte geht davon aus, dass 80% des Fahrradverkehrs auf Straßen und nicht auf Sonderwegen stattfindet. Aus diesem Grund werden hierin auch sehr detailliert die Kfz-Belastungen im Jahresmittelwert pro Tag angegeben. Die Radtourenkarten bewegen sich in einem Maßstabsbereich von 1:100.000 (Deutsche Radtourenkarte) bis 1:150.000 (ADFC-Radtourenkarte).

d) Radwanderrouten

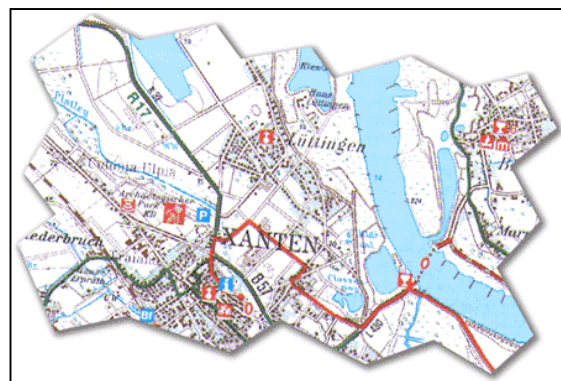


Die Radwanderroutenkarten sind häufig spiralgeheftet und vom Kartenbild vergleichbar mit den konventionellen Radwanderkarten. Durch ihre Bindung sind diese gut zu handhaben, da kein Falten mehr nötig ist. Darüber hinaus werden darin spezielle Routen beschrieben, wie beispielsweise in Abbildung 16 der Weser-Radweg. Den Kartenblättern liegen Text- und Bildseiten gegenüber, welche die Besonderheiten und Sehenswürdigkeiten der Region aufzeigen. Auch Zusatzinformationen wie Übernachtungs- oder Anreisemöglichkeiten sorgen für eine schnelle Organisation einer Radreise.

Abbildung 16: Radwanderroute Weser-Radweg [47]



Abbildung 17: Innenansicht Radwanderrouten mit Beschreibung und Karte [47]



e) Fahrradatlas

Der Fahrradatlas enthält überwiegend Beschreibungen für Radtouren für einen Tag. Er geht von einem zeitlichen Aufwand von drei bis sieben Stunden aus. In diesem Atlas werden die Routen bis ins kleinste Detail beschrieben, so dass eine spezielle Karte nahezu überflüssig wird. Es wird auch nur ein grober Überblick in Kartenform dem Nutzer angeboten. Mit dieser Karte wäre es sicherlich schwierig, den richtigen Weg zu finden.

Radverkehrskarten sind somit komplexe Informationsmittel, in denen das nutzbare Radverkehrsnetz abzulesen sein sollte, das dann vor Ort im Gelände durch eine optimierte Wegweisung repräsentiert werden und damit auffindbar sein muss. Auf das Thema Radverkehrswegweisung und seine Anforderungen wird im folgenden Kapitel eingegangen.

5.3 Radverkehrswegweisung

Da in der Vergangenheit die Wichtigkeit der eigenständigen Radverkehrswegweisung nicht in dem Maße erkannt wurde, wie es nötig gewesen wäre, wurde von der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen 1998 das „Merkblatt zur wegweisenden Beschilderung für den Radverkehr“ herausgegeben. Während in der Praxis die Wegweisung für den Radverkehr durch eine Vielzahl geeigneter aber auch ungeeigneter Systeme gekennzeichnet ist, wird durch dieses Merkblatt der Versuch einer Vereinheitlichung unternommen. Häufig sind in der Praxis Beschilderungssysteme vorhanden, die in ihrer Gestaltung die Kriterien Begreifbarkeit oder Lesbarkeit nicht beachtet haben oder komplette Systembrüche aufweisen und damit die Attraktivität der Routen herabsetzen.

Für jede Fahrradwegweisung ist eine sorgfältige Netzplanung nötig. In dieser müssen die aufzunehmenden Ziele und die auszuweisenden Wege für den Radverkehr dargestellt werden. Als Anforderungen für eine geeignete Wegweisung ist es wichtig, dass diese hinsichtlich Inhalt, Form, Farbe und Aufstellungsort einheitlich sowie leicht auffindbar und rechtzeitig erkennbar ist. Die gesamte Radwegweisung kann nach zwei Anwendungsbereichen unterschieden werden. Zum einen die zielorientierte und zum anderen die routenorientierte Wegweisung.

5.3.1 zielorientierte Wegweisung

Diese Art der Wegweisung ist die Basis eines kommunalen oder regionalen Wegweisungssystems. Sie soll sowohl dem Alltags- als auch dem Freizeitverkehr dienen. Eine weitere Differenzierung nach Alltags- und Freizeitverkehr ist dabei nicht sinnvoll, da die Grenzen zwischen beiden Arten fließend sind. Bei dieser Art der Wegweisung orientieren sich die Radfahrer überwiegend an den angegebenen Zielen. Aus diesem Grund ist hierbei, ähnlich wie bei der Kfz-Wegweisung, eine grobe Kenntnis über die Lage der angegebenen Ziele nötig. Eine derartige Wegweisung umfasst die Anforderung, dass sie selbsterklärend und ohne Tourenbeschreibung oder Kartenwerk verständlich sein muss. In den meisten Fällen beinhaltet die zielorientierte Wegweisung neben den Zielen auch Angaben zur Zielentfernung, die es dem Radfahrer ermöglicht, die zeitliche Komponente mit einzu-beziehen.

5.3.2 routenorientierte Wegweisung



Diese Art der Wegweisung bezieht sich in erster Linie auf Fahrradrouten, die u.a. in den im vorigen Kapitel dargestellten Radwanderrouutenkarten beschrieben werden. Dabei handelt es sich in erster Linie um touristische Radrouten, die ohne weitere Ortskenntnis befahren werden können.

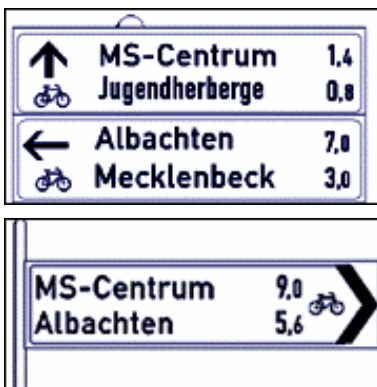
Abbildung 18: routenorientierte Wegweisung am Beispiel Hohenzollern-Radweg

Die Beschilderung weist eine charakteristische Darstellung der Route in Form von unverwechselbaren Piktogrammen auf (Abbildung 18), so dass die Auffindbarkeit im Dschungel der Beschilderungen gewährleistet ist. Die touristische Route muss dabei durchgängig ausgewiesen werden und sollte in das Netz der zielorientierten Wegweisung eingebunden sein.

Im weiteren wird etwas genauer auf die zielorientierte Wegweisung eingegangen, da hierbei zusätzlich noch Wegweisertypen unterschieden werden, während bei der routenorientierten Wegweisung die Art der Schilder auf einer Route immer gleich ist

Bei der zielorientierten Wegweisung stehen folgende Wegweisertypen zur Verfügung, deren Einsatz je nach Situation festgelegt wird:

5.3.3 Vollwegweiser



Vollwegweiser enthalten Informationen über bestimmte Ziele, die Richtung und die Entfernung. Dabei werden analog zur Kfz-Wegweisung die Fernziele oben und die Nahziele unten dargestellt. Um eine Überfrachtung mit Zielangaben zu vermeiden, sollten maximal zwei Ziele aufgeführt werden. Die Auswahl der auszuweisenden Ziele wird dabei vom gesamten Wegweisungssystem bestimmt.

Abbildung 19: Vollwegweiser [52]

Eine Unterscheidung in Hauptziele, Unterziele und Ziele im Nahbereich ist sinnvoll, wobei die Hauptziele entsprechend dem Kontinuitätsprinzip wie bei der Kfz-Wegweisung über längere Strecken einbezogen werden müssen. Dieser Typ Wegweiser ist vor allem an Knotenpunkten aufzustellen, an denen sich Fahrradrouten verzweigen oder wichtige Straßen mit Radverkehr einmünden. Beim Vollwegweiser unterscheidet man nach Tabellenwegweiser und Pfeilwegweiser (Abbildung 19). Der Tabellenwegweiser wird an allen relevanten Zuläufen des Knotenpunktes angebracht, während der Pfeilwegweiser innerhalb des Knotenpunktes von allen Straßen sichtbar ist und damit nur einen Standort im Knotenpunkt aufweist (Abbildung 20).

Situation der konventionellen Radverkehrsnavigation

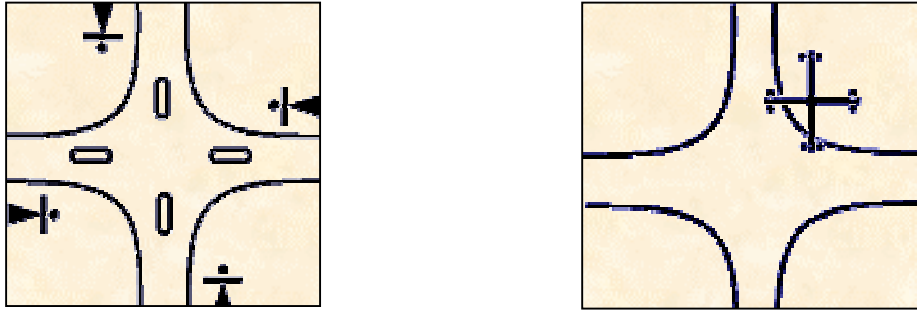


Abbildung 20: Anordnung von Tabellen- und Pfeilwegweiser [52]

5.3.4 Zwischenwegweiser



Zwischenwegweiser enthalten nur das Fahrradpiktogramm und die Richtungsangabe. Sie werden hauptsächlich an Streckenabschnitten verwendet, wo die Führung einen Versatz aufweist, ohne dass verkehrsdeutende Verbindungen gekreuzt werden. Eine zweite Einsatzmöglichkeit ist aber auch, die Wegweisung auf langen Strecken nochmals zu bestätigen.

Abbildung 21: Zwischenwegweiser [52]

Nachteilig ist dabei, dass diese Schilder aufgrund der geringeren Größe weniger auffällig sind als die Vollwegweiser. Aus diesem Grund sind diese stets in Augenhöhe anzubringen.

Als Fazit zum Thema Wegweisung für den Radverkehr lässt sich sagen, dass die Bedeutung der Radverkehrswegweisung auf keinen Fall unterschätzt werden darf. In einigen ausgewählten Bereichen wurden bei Vorher-Nachher-Untersuchungen sogar erhebliche Radverkehrszuwächse allein durch die attraktivere Beschilderung ermittelt.

5.4 Anforderungen des Nutzers

Gemäß der „Empfehlungen für Radverkehrsanlagen“ (ERA 95) sind dem Radfahrer für alle Fahrten innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete sichere, bequeme und möglichst direkte Wege anzubieten. Dabei sollen alle wichtigen Fahrtzwecke und Ziele beachtet werden.

Es sollte dabei darauf geachtet werden, dass Radverkehrsnetze außerhalb bebauter Gebiete nach den Bedürfnissen des Freizeit- und Erholungsverkehrs konzipiert werden, während in ländlichen Bereichen auch dem Alltagsverkehr und hierbei vor allem dem Ausbildungsverkehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Denn dort handelt es sich häufig um kleine Orte oder Ortsteile, die bedient werden müssen.

Kennzeichen der Radfahrer ist, dass sie in der Regel bei gleichem Ziel auch die gleichen Straßen befahren, die sie als Fußgänger oder Nutzer des Pkw benutzen würden, wenn sich

Situation der konventionellen Radverkehrsnavigation

nicht andere Verbindungen als Abkürzung erweisen. Deshalb ist das vorhandene Straßennetz als Bestandteil des Radwegenetzes anzusehen.

Die Anforderungen und Wünsche von Radfahrern können in folgenden Hauptforderungen zusammengefasst werden:

- Radfahrer fordern eine hohe Netzwirksamkeit des vorhandenen Radwegenetzes. Bei nicht vorhandenem Netzschluss kann es passieren, dass Radfahrer die vorhandenen Radwege nicht benutzen, da die subjektive Sicherheit an verschiedenen Stellen nicht mehr gewährleistet ist. Dann wird selbständig ein günstiger Weg gesucht und die vorgegebene Route meist ignoriert. Letztendlich gehört dazu auch das Kriterium der Auffindbarkeit von Orten durch eine vollständige und vom Fahrrad aus lesbare Wegweisung, denn die Notwendigkeit, ein Ziel zu erreichen, hat oberste Priorität. Der Radfahrer muss seinen Weg finden und die dahinterstehende Logik der Beschilderung verstehen.
- Die Direktheit ist ein weiteres wichtiges Thema. Darin sind alle Faktoren, die die Reisezeit beeinflussen eingeschlossen. Dies sind beispielsweise die Querschnittsgeschwindigkeit, Verzögerungen durch Wartezeiten und die Umweglängen. Denn Umwege macht der Radfahrer ähnlich wie der Fußgänger nur höchst ungern. Bei nicht vorhandenen direkten Radwegeverbindungen werden auch hier die Radwege nicht benutzt, sondern der kürzeste und umwegarme Weg befahren. Es sollten folglich umwegarme und zügige Verbindungen innerhalb des Radwegenetzes bereitgestellt werden. Denn wenn die Reisezeit mit dem Fahrrad länger ist als mit dem Auto, ist dies ein triftiger Grund, das Fahrrad stehen zu lassen und das Auto zu nutzen.
- Die Attraktivität der Radverkehrsnetze ist ein weiterer Punkt, der als Anforderung zu nennen ist. Dabei ist das Radwegenetz möglichst derartig in die Umgebung einzupassen, dass es für den Radfahrer attraktiv wird. Hierunter fallen Kriterien wie psychologische Faktoren, soziale Sicherheit und Sicherheit im öffentlichen Raum. Ständige Fahrten im Sog der Abgase und des Lärms des Kfz-Verkehrs gehören sicherlich nicht zu den attraktivsten Gegebenheiten, genauso wie unübersichtliche Stellen an Knotenpunkten oder nicht beleuchtete Radwege innerorts.
- Die Sicherheit sollte auf alle Fälle für die Radfahrer an allen Stellen gewährleistet sein, denn sie ist ein Kriterium für die Nutzung des Fahrrades. Ist die Sicherheit subjektiv für den einzelnen Radfahrer nicht gewährleistet, so nimmt er eher Abstand vom Fahrrad und steigt auf andere Verkehrsmittel um.
- Ein Radfahrer achtet auch sehr auf den Komfort beim Fahren. Unkomfortable Radwege werden nach Möglichkeit gemieden, dann wird häufig auf die komfortablere Straße ausgewichen, auch wenn dort eine erhebliche Verkehrsstärke vorherrscht. Zum Komfort zählen u.a. die Art des Radwegebelages und die Beschaffenheit des Radweges. Darunter fallen zum Beispiel die Ebenheit, Griffigkeit, der Rollwiderstand und die Farbe des Belages. Des Weiteren sollte die Verkehrssicherheit auch bei Regen gewährleistet sein, das heißt eine gute Querentwässerung muss vorhanden sein, um ein schnelles Abtrocknen der Fahrbahn zu ermöglichen. Denn „der beste Radweg ist der, den man nicht spürt“. Ein weiterer Bestandteil, der zum Kriterium Komfort gehört, ist zudem auch die Flächenkonkurrenz mit dem Kfz-Verkehr und den Fußgängern. Während bei starkem Kfz-Verkehr eher das Sicherheitsgefühl leidet, ist es beim Konflikt mit Fußgängern meist nur die bloße Anwesenheit dieser. Durch Fußgänger wird die Geschwindigkeit des Radfahrers erheblich gesenkt, was dieser für unkomfortabel hält. Gemischte Rad- und Fußwege senken deshalb den Komfort im Radverkehr.

5.5 Situation in beispielhaft ausgewählten Gebieten

Um die momentane Situation innerhalb der Radverkehrsplanung genauer zu beleuchten, werden in diesem Kapitel anhand einiger Beispiele, Kriterien für einen komfortablen Radverkehr aufgezeigt. Die Anzahl der hier dargestellten Kriterien entspricht sicherlich nicht der Vollständigkeit. Es soll nur als kurzer Überblick dienen. Zunächst werden als Einführung ausgewählte Mängel in der Radverkehrsplanung erörtert. In einem zweiten Bereich werden dann Best-Practice-Lösungen dargestellt, die klar werden lassen, wie moderne Radverkehrsplanung aussehen kann.

5.5.1 Mängel

Radwegebeschaffenheit

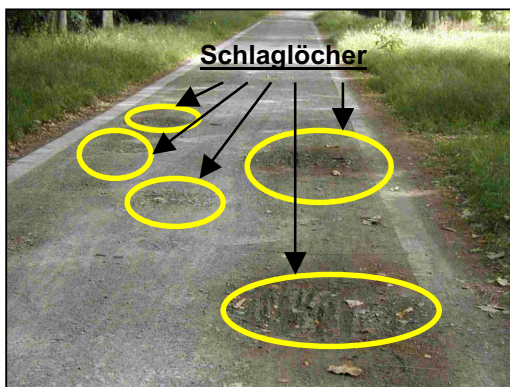


Abbildung 22: Schlaglöcher auf Radweg

Die Radwege lassen in vielen Bereichen zu wünschen übrig. Abbildung 22 zeigt beispielhaft ein Problembe- reich von Radwegen auf. Einerseits ist bei mit Schlag- löchern überhäufteten Wegen nicht an ein komfortables Fortkommen zu denken, andererseits ist es aber auch völlig unverständlich, warum solche Wege überhaupt als offizielle Radwege ausgeschildert sind, wenn häufig parallel dazu eine brauchbare Verbindung vorhanden ist. Dem Radfahrer wird in diesem Falle zugemutet, Slalom um die Schlaglöcher zu fahren, die bei zügiger Fahrt oder schlechten Sichtverhältnissen häufig kaum sichtbar sind. Des weiteren sind diese Fahrbahnvertiefungen teilweise so stark, dass Stürze oder zumindest Beschädigungen am Fahrrad zu erwarten sind. Dies schafft ein sehr großes Gefahrenpotenzial, welches das Radfahren unattraktiv macht.

Wegweisung



Abbildung 23: Beispiel für unübersichtliche Weg- weisung



In den meisten Fällen ist auf offiziellen Radwegen in der Zwi- schenzeit zwar eine Beschil- derung angebracht, doch diese lässt zu einem Großteil noch zu wünschen übrig, wie die Abbil- dungen veranschaulichen. Es nützt dem Radfahrer nichts, wenn eine zu kleine Beschilderung vorhanden ist, wie dies im Rem- Murr-Kreis der Fall ist. Teilweise müssen die Radwegeschilder regelrecht gesucht werden. Hat man sie dann gefunden, kann

Situation der konventionellen Radverkehrsnavigation

man sie meist aufgrund der kleinen Schrift kaum ablesen. Es ist für den Komfort des Radfahrers völlig abträglich, vor jedem Schild erst einmal anhalten zu müssen, um zu wissen, in welche Richtung man weiterfahren muss. Eine einheitliche große Beschilderung ist folglich ein Muss für ein komfortables Radfahren ohne lästiges Suchen der Schilder.

Freizeitverkehr/Fahrradtourismus



In den vorigen Kapiteln wurde immer wieder auf den Netzzusammenhang hingewiesen. Im Freizeitverkehr wäre dies auch eine wünschenswerte Sache, um ständiges Orientieren in der Karte zu minimieren. Ein negatives Beispiel soll mit Abbildung 24 aufgezeigt werden. Zwar ist hier am Beginn einer Walddurchfahrt eine Beschilderung mit Entfernungsangaben vorhanden, allerdings ist man in der Folgezeit auf sich alleine gestellt. Ein ständiges Verfahren ist somit vorprogrammiert, zumal in diesem Fall die eindeutige Fahrtrichtung im Wald teilweise nicht identifiziert werden kann.

Abbildung 24: Beschilderung in Freizeitgebieten

Häufiges Kartenlesen ist in diesem Bereich die Folge, um nicht größere Umwegstrecken oder Steigungen befahren zu müssen. Im Sinne einer schönen Freizeitroute bedeutet es sicherlich keinen großen Aufwand, an den entsprechenden Abzweigungen Wegweiser aufzustellen, zumal dieses Gebiet im Naherholungsgebiet Welzheimer Wald liegt, das auch von Touristen frequentiert wird, die über wenig Ortskenntnisse verfügen.

Radverkehrssicherheit



Abbildung 25: Kanaldeckel in Radfahrstreifen (Sicherheitsrisiko)



Abbildung 26: Kopfsteinpflaster auf offiziellem Radweg

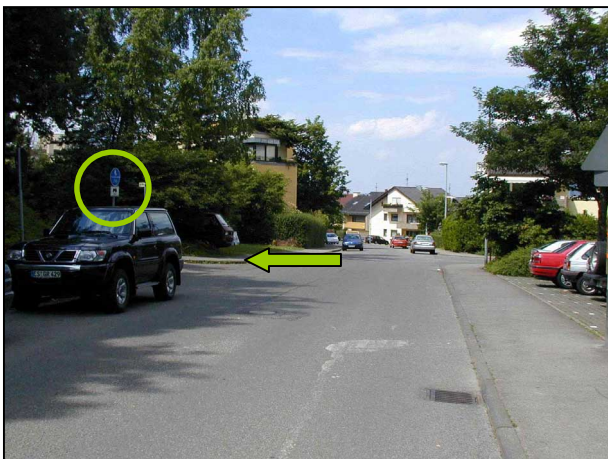
Die Beschaffenheit eines Radweges hat auch etwas mit der Sicherheit zu tun. Abbildung 25 zeigt zwar an sich eine noch brauchbare Verbindung, der Schachtdeckel inmitten des Weges stellt jedoch ein erhöhtes Sicherheitsrisiko dar. Zum einen ist er im Vergleich zur übrigen Fahrbahn etwas erhöht, zum anderen birgt er durch sein Material eine erhebliche Rutsch-

Situation der konventionellen Radverkehrsnavigation

gefahr bei Regen. In Abbildung 26 dagegen wird der Radfahrer unvermittelt im Bereich des Blühenden Barocks in Ludwigsburg über Kopfsteinpflaster geführt. Es mag zwar sein, dass an dieser Stelle das alte Pflaster nicht überbaut werden darf, aber die Sicherheit der Radfahrer sollte auch nicht darunter leiden. Dieses Kopfsteinpflaster ist für den Radverkehr nahezu nicht passierbar, da es sehr tiefe Fugen besitzt. Ein Überfahren mit Schrittgeschwindigkeit ist eigentlich notwendig. Dazu muss diese Situation allerdings rechtzeitig erkannt werden. Da die Geschwindigkeit auf der Gefällestrecke aber verhältnismäßig hoch ist, kommt es zu einem erhöhten Sicherheitsrisiko, das sich bei feuchter Witterung noch verschärft, da dann die Pflastersteine sehr rutschig werden.

Auf solche für den Radfahrer allerdings bedeutende Kleinigkeiten wird bei der Planung häufig nicht geachtet, vielmehr wird der Radfahrer an solchen Stellen seinem Schicksal überlassen.

Erkennbarkeit Radweg



In vielen Fällen ist in der Zwischenzeit an die Radfahrer gedacht. Dies sei hier schon einmal lobend erwähnt. Teilweise mangelt es jetzt allerdings häufig noch an der Ausführung. Abbildung 27 verdeutlicht, dass an manchen Stellen weiterführende Radwege ohne Beschilderung einfach nicht zu erkennen sind. Der in das Bild eingezeichnete Pfeil markiert den Abbiegepunkt, der Kreis zeigt das kaum sichtbare Radwegeschild auf. An dieser Stelle wäre eine zusätzliche Beschilderung auf der rechten Seite der Fahrbahn von Nöten gewesen, um den Verlauf des Radweges erkennen zu können.

Abbildung 27: unübersichtliche Radwegabzweigung

5.5.2 Best-Practice-Lösungen

Radverkehrsführung

Die fahrradfreundliche Stadt Nürtingen (Landkreis Esslingen) macht sich für eine ordnungsgemäße Abwicklung des Radverkehrs stark. Hinweisschilder für die Autofahrer zur Beachtung der Radfahrer beim Abbiegen (Abbildung 28) gehören ebenso zum Stadtbild wie das sichere queren von Knotenpunkten durch gesonderte Lichtsignalanlagen für den Radverkehr. Besonders vorbildlich ist die Situation in Abbildung 28 gelöst. Aufgrund von Platzmangel im öffentlichen Straßenraum musste der Radweg am Knotenpunkt beendet werden. In den meisten anderen Kommunen würde der Radfahrer nun seinem Schicksal selbst überlassen. Die Stadt Nürtingen jedoch führt seine Radfahrer mittels einer Lichtsignalanlage für den Radverkehr zumindest noch gesichert über den Knotenpunkt, da dieser die größte Gefahrenquelle darstellt. Die Lichtsignalanlage ist dabei so geschaltet, dass die Radfahrer einige Sekunden vor dem Kfz-Verkehr grün erhalten, um so ungestört in den Knotenpunkt einfahren zu können.

Situation der konventionellen Radverkehrsnavigation



Abbildung 28: Beispiel für eine exzellente Radverkehrsführung in Nürtingen

Radwegebeschaffenheit



Vorbildlich wurde dieser Radweg im Bereich Nürtingen (Landkreis Esslingen) ausgeführt. Nachdem die Verbindungsstraße Nürtingen – Beuren neu asphaltiert wurde, hat man gleichzeitig den straßenbegleitenden Radweg erneuert. In der Praxis kommt in den meisten Fällen der viel befahrenen Straße ein höherer Stellenwert zu als dem straßenbegleitenden Radweg, der dadurch meist in seiner unattraktiven Form bestehen bleibt. In diesem Bereich erhalten die Radfahrer nun eine neue attraktive Verbindungsstrecke zu Füßen der Schwäbische Alb. Neu asphaltierte Radwege bedeuten somit einen optimalen Komfort für alle Radfahrer. Sowohl der Rollwiderstand als auch die Ebenheit des Weges sind auf höchstem Niveau.

Abbildung 29: paralleler Radweg zusammen mit Straße erneuert

Information für die Radfahrer



Radfahrer werden in den seltensten Fällen über eventuelle Veränderungen im Radwegenetz informiert. Es wird vielmehr ohne Vorwarnung einfach geändert.

Ein positives Beispiel ist die Informationstafel in Abbildung 30, auf der die Radfahrer in München über eine auf dem Radweg befindliche Baustelle informiert werden. Damit können sich die Betroffenen auf den Zeitraum einstellen, während dessen mit Behinderungen zu rechnen ist.

Abbildung 30: Baustelleninformationstafel in München [44]

Situation der konventionellen Radverkehrsnavigation

Warum sollten die Radfahrer in dieser Hinsicht auch schlechter informiert werden als Autofahrer, schließlich sind die Radfahrer umwegempfindlicher als die Autofahrer. Durch eine solche Hinweistafel fühlt sich der Radfahrer aber auch als Verkehrsteilnehmer ernst genommen, was das Image des Radverkehrs erneut erhöht.

Wegweisung



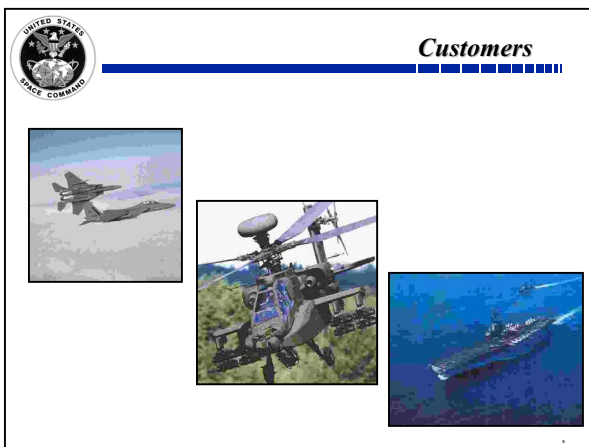
Abbildung 31: Radverkehrsbeschilderung auf den Fildern bei Stuttgart

Abbildung 31 zeigt eine gelungene Radwegebeschilderung. Sie kann von jedermann bereits aus einer großen Entfernung erkannt und abgelesen werden. Die Größe der Beschilderung entspricht nahezu derjenigen des Kfz-Verkehrs. Der Radverkehr scheint hier, das heißt im Landkreis Esslingen, einen sehr hohen Stellenwert zu haben. Auf diese Weise kann die sicherste und komfortabelste Streckenverbindung befahren werden. Diese hier beschilderte Route würde ohne die Wegweisung kaum die gewünschte Akzeptanz finden, da sie fern der Hauptverkehrsstraßen auf einer naturnahen Strecke verläuft. Sehr gut gelöst ist auch, dass maximal zwei Ziele pro Richtung angegeben werden, um die Schilder lesbar zu halten, wobei Fernziele analog der Kfz-Wegweisung oben und Nahziele unten genannt werden. Auch das Fahrradpiktogramm ist so groß gehalten, dass die Wegweisung bereits aus einer großen Entfernung als Fahrradwegweisung erkannt werden kann.

6. Grundlagen von Ortung und Navigation

6.1 Einführung in das Global Positioning System (GPS)

Seit jeher beschäftigt die Menschen auf der ganzen Erde das Thema der geografischen Ortsbestimmung. Das Problem der räumlichen Orientierung und Standortbestimmung stellt eine in der Menschheitsgeschichte allgegenwärtige Herausforderung dar. Durch die in den letzten Jahren immer mehr aufkommende Technik der Satellitennavigation kann in der Zwischenzeit die aktuelle Position rund um die Uhr, auf jedem beliebigen Punkt der Erde sowie bei jedem Wetter bestimmt werden. Dies alles ist möglich durch das amerikanische System des Global Positioning (GPS). Dieses wurde im Auftrag des amerikanischen Verteidigungsministeriums (Department of Defence = DOD) in den 80er Jahren entwickelt.



Nicht vergessen darf man allerdings die Tatsache, dass das GPS eine Technik darstellt, die zur Steuerung von Lenk Waffen und der Positionsbestimmung von militärischen Fahrzeugen entwickelt worden ist (Abbildung 32). Erst nach Beendigung des Kalten Krieges wurde das System NAVSTAR-GPS für die zivile Nutzung freigegeben.

Abbildung 32: Ursprung des GPS (Verteidigungsministerium der USA) [73]

Mit dem heutigen GPS kann somit zu jedem Zeitpunkt dem zivilen Nutzer u.a. auf die Fragen geantwortet werden:

- Wo genau befinde ich mich ?
- Mit welcher Geschwindigkeit bewege ich mich ?
- Welche Zeit benötige ich zu meinem Zielpunkt ?

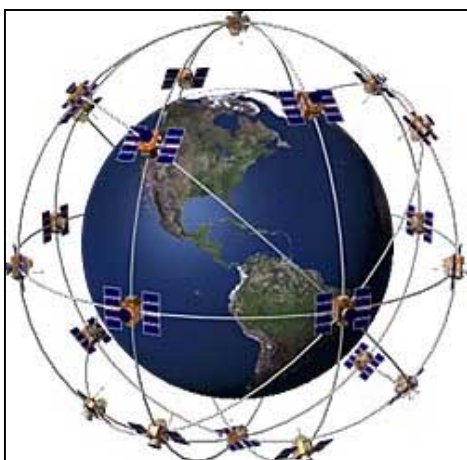


Abbildung 33: Orbit-System des GPS [62]

Hierzu benötigt man grundsätzlich ein sog. Orbit-System (Abbildung 33). Damit wird gewährleistet, dass an jedem Punkt der Erde mindestens vier Satelliten für die exakte Positionsbestimmung zu jeder Zeit vorhanden sind. Dies bedeutet, dass für die Mindestumsetzung des Konzeptes 21 ständig aktive Satelliten benötigt werden, die in einer Höhe von 20.200 km mit einer Inklination von 55° zur Äquatorebene die Erde in Vierergruppen pro Orbit gleichverteilt umkreisen. Zusätzlich werden für den eventuellen Ausfall einzelner Satelliten aktive Mindestreservesatelliten (momentan 8) benötigt. Alle Satelliten umkreisen die Erde zweimal am Tag in einem 12-stündigen Kreisorbital. Die Gesamtheit aller verfügbaren Satelliten bildet das sog. Raumsegment. Somit sind von jedem Punkt der Erde zwischen 6 und 8 Satelliten über dem Horizont sichtbar.

Grundlagen von Ortung und Navigation

Neben dem Raumsegment besteht das NAVSTAR-GPS noch aus zwei weiteren Einheiten, dem Kontroll- und dem Benutzersegment. Das Kontrollsegment übernimmt dabei die Aufgaben:

- der Vorausberechnung der Satellitenbahnen,
- der Überwachung der Satellitenuhren,
- der Übermittlung der Navigationsnachricht an die Satelliten und
- der Gesamtkontrolle des Systems

Dies geschieht über ein Netz von fünf Überwachungsstationen, wobei sich die Hauptkontrollstation in Colorado (USA) befindet.

Im Benutzersegment dagegen werden alle Arten von GPS-Empfängern zusammengefasst. Dies können sein:

- militärische Empfänger
- zivile Empfänger
- Navigationsempfänger
- Zeitempfänger
- geodätische Empfänger

6.1.1 Grundlagen der GPS-Messung

Grundsätzlich ist das GPS ein funkgestütztes Navigationssystem. Die dabei verwendeten Satelliten werden als Referenzpunkte verwendet. Basis der Positionsbestimmung ist die sog. Triangulierung, bei der die Messung der Entfernung vom GPS-Empfänger zu mindestens vier Satelliten im Vordergrund steht. Grundprinzip ist, dass die Satelliten ständig Radiosignale aussenden. Zur Ermittlung der sog. Pseudoentfernung von Satellit zu Empfänger werden der Aussendezeitpunkt des Signals am Satelliten und der Empfangszeitpunkt im Empfänger miteinander verglichen. Allerdings kommt es durch die unterschiedliche Uhren-Ausstattung der Satelliten und der Empfänger zu einem systematischen Fehler (Uhrenfehler), der auch als „offset“ oder „bias“ bezeichnet wird. Dieser kann sich auf die Positionsgenauigkeit erheblich auswirken. So kann zum Beispiel ein Zeitfehler von nur $0,1 \mu\text{s}$ bereits zu einem Positionierungsfehler von 30 m führen. Während der Satellit mit einer hoch präzisen Cäsium- und Rubidium-Atomuhr ausgestattet ist, kann dies der GPS-Empfänger wegen der sonst erheblichen Verteuerung des Gerätes (50.000 – 100.000 US\$) nicht vorweisen. Aufgrund dessen müssen immer vier Satelliten zur Positionsbestimmung vorhanden sein, wobei drei für die dreidimensionale Position nötig sind und der vierte für das Ausschalten des Uhrenfehlers. Gleichzeitig muss allerdings auch die genaue Position der Satelliten zu einer vollständigen Triangulierung bekannt sein.

Die Satelliten selbst senden ständig zwei Signale L_1 und L_2 aus. Diese besitzen eine Trägerfrequenz von:

$$\begin{aligned} L_1 &= 1575,42 \text{ MHz} && \text{und} \\ L_2 &= 1227,60 \text{ MHz} \end{aligned}$$

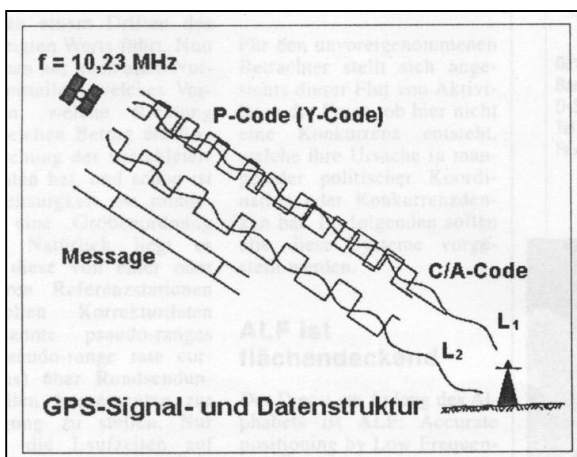


Abbildung 34: GPS-Signal- und Datenstruktur [72]

Grundlagen von Ortung und Navigation

Auf diese Trägerwellen sind zwei Codes aufmoduliert. Zum einen der grobe C/A-Code (Coarse/Acquisition), welcher der zivilen Nutzung zugänglich ist, und zum anderen der genauere P-Code (Precision), welcher der militärischen Nutzung zur Verfügung steht. Während auf L_1 nur der C/A-Code besteht, kann auf L_2 wahlweise der C/A- oder der P-Code aufmoduliert werden. Bei diesen Codes handelt es sich um sog. PRN-Codes (Pseudo Random Noise), einer Folge von scheinbar zufälligen Nachrichten aus +1 und -1, die Informationen über den Aussendezeitpunkt des Signals beinhalten. Des Weiteren wird für zusätzliche Informationen, wie die Bahndaten der Satelliten, eine Navigationsnachricht in Form eines Datensignals mit einer Frequenz von 50 Bits pro Sekunde aufmoduliert.

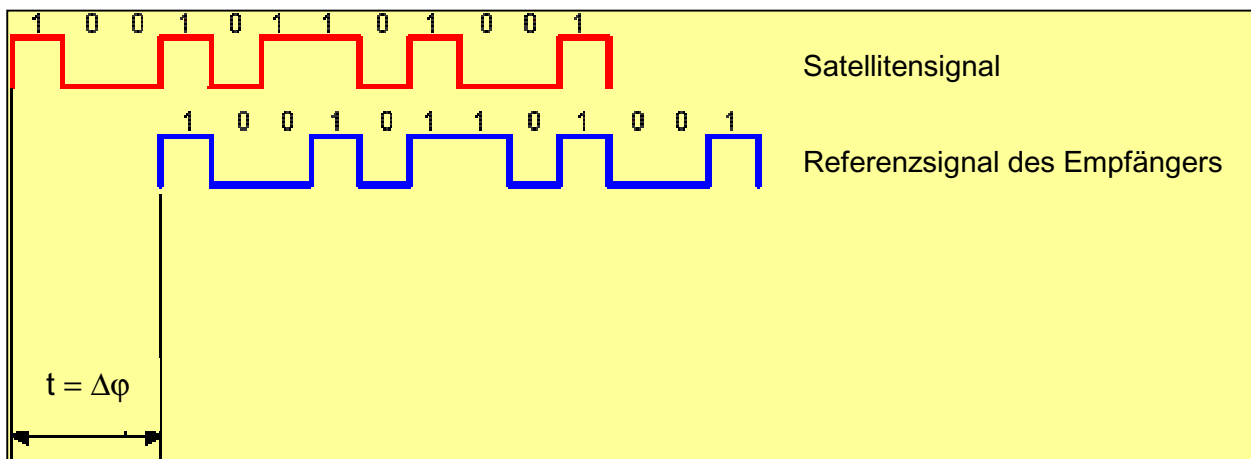


Abbildung 35: Verarbeitung des Satelliten- und Referenzsignals [70]

Ein Duplikat des PRN-Codes wird zeitgleich vom GPS-Empfänger generiert. Daraufhin wird das Muster des Satellitensignals mit dem des Empfängers verglichen und so lange verschoben, bis es zu einer exakten Überdeckung kommt. Mittels dieser Verschiebung erhält man die Zeitdifferenz zwischen Absende- und Ankunftszeitpunkt des Satellitensignals, um damit die Pseudodistanz zu errechnen. Grob vereinfacht bedeutet dies:

$$\text{Pseudodistanz} = \text{Signallaufzeit} * \text{Geschwindigkeit des Signals}$$

wobei die Geschwindigkeit des Signals annähernd Lichtgeschwindigkeit (340.000 km/h) erreicht. Aus der Summe der berechneten Laufzeiten lässt sich somit der Ort des Empfängers mit hoher Genauigkeit ermitteln. Um die Teilnehmerzahl an der GPS-Nutzung nicht begrenzen zu müssen erfolgt dabei die Entfernungsmessung im Einwegverfahren, so dass die Sättigung des Reflexionstransponders nicht beachtet werden muss.

Gleichzeitig kann der Nutzer unabhängig von der Positionsbestimmung seine Geschwindigkeit nach Betrag und Richtung ermitteln. Hierzu werden die Dopplerverschiebungen gemessen, die durch die Relativbewegungen des Nutzers gegenüber den Satelliten entstehen.

6.1.2 Einführung in das Prinzip des GPS-Empfängers

Mit einem GPS-Empfänger werden die Signale der Satelliten ausgewertet. Moderne GPS-Empfänger besitzen eine 12-Kanal-Technik. Damit können bis zu zwölf Satelliten gleichzeitig empfangen werden. Dies hat den Vorteil, dass der GPS-Empfänger zur Entfernungsmessung die vier am günstigsten zueinander stehenden Satelliten auswählen kann und damit die Position optimal berechnen kann.

Der GPS-Empfänger enthält sog. Almanache. Damit kann dieser feststellen, wo sich ein bestimmter Satellit gerade befindet. Auf diesem Almanach sind dabei Daten der Satelliten gespeichert, die für die Positionsbestimmung relevant sind, dazu gehören u.a. auch, neben dem Standort, die Funktionsfähigkeit des Satelliten. Vor Beginn der GPS-Navigation muss der gespeicherte Almanach auf seine Aktualität überprüft werden. Ein Almanach kann bis zu 180 Tage aktuell sein, daraufhin weichen allerdings die gespeicherten Orbitaldaten der einzelnen Satelliten um ein unzulässiges Maß ab. Die neuen Daten müssen dann von den Satelliten erneut bezogen werden.

Des Weiteren umfasst der GPS-Empfänger noch unterschiedlichste Funktionen, die hier noch kurz genannt seien:

- Trägercode L1 und L2 empfangen
- C/A-Code der vier empfangsgünstigsten Satelliten erfassen und demodulieren
- Synchronisation der Codesequenz
- Satellitendaten (Navigationsmitteilung) aus dem C/A-Code demodulieren
- Berechnung der Pseudoentfernung von jedem der vier Satelliten
- Berechnung der Zeitabweichung
- Messen der Dopplereffrequenzverschiebung zur Berechnung der Eigengeschwindigkeit
- Pseudoentfernungen, Zeitabweichungen, Dopplereffrequenzverschiebungen sowie die Satellitendaten an den Navigationsprozessor transferieren

Je nach Anwendungsfall werden im Navigationsprozessor die Daten zu folgenden Angaben verarbeitet und gegebenenfalls mit anderen Ortungs- und Navigationssystemen verknüpft:

- erdbezogene dreidimensionale Koordinaten des momentanen Standortes des Nutzers
- zielweisende Informationen
- Geschwindigkeit nach Betrag und Richtung
- Kurs- und Entfernungsangaben zu wählbaren Punkten
- Uhrzeitangaben

Um Daten des GPS-Empfängers nutzbar zu machen wird mit dem NMEA-Protokoll gearbeitet. Es dient als Standardprotokoll für den Datenaustausch zwischen GPS-Empfänger und Auswertungsgeräten (meist der Computer). Damit kann über eine serielle Schnittstelle zwischen Computer und GPS-Empfänger kommuniziert werden.

6.2 Genauigkeiten und Störquellen bei der GPS-Navigation

Seit in der Nacht vom 1. auf den 2. Mai 2000 die künstliche Verschlechterung aus dem C/A-Code, das sog. „Selective Available“, entfernt wurde, erhöhte sich auch die Genauigkeit in der Positionsbestimmung erheblich (Abbildung 36). Motiv für diese Entscheidung war der Wille, GPS für zivile und kommerzielle Nutzer weltweit interessanter zu machen. Die ursprünglich primäre militärische Nutzung tritt angesichts der Vorteile eines riesigen globalen Kundenpotenzials für die amerikanische Wirtschaft in den Hintergrund. Der bisherige Vorsprung der militärischen Nutzer, der durch eine höhere Genauigkeitsklasse gegeben war, wird nun ersetzt durch neue technische Möglichkeiten, in Krisenfällen dem Gegner regional die hohe GPS-Genauigkeit zu versagen. Die ermittelte Position erreicht heute ohne Beeinflussung durch Selective Available eine Genauigkeit von ca. 10 m.

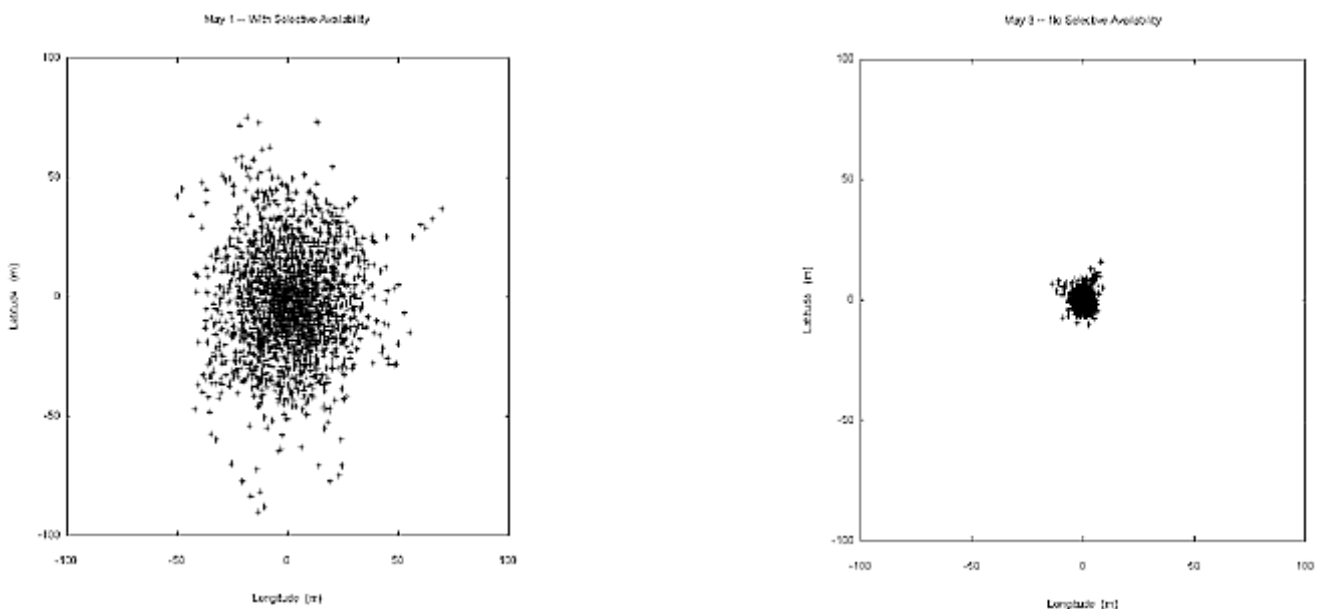


Abbildung 36: Unterschied in der Genauigkeit der Positionsbestimmung vor und nach Ausschalten des „Selective Available“ [65]

Zusätzlich zu diesem in heutiger Zeit gelösten Problem der „Selective Available“ kommt es aber auch noch zu anderen Fehlereinflüssen bei der Positionsbestimmung. Diese sollen im folgenden kurz aufgezeigt werden.

Um Fehler aufgrund der Signalübertragung von Satellit zu Empfänger zu vermeiden, wäre natürlich eine Zeit-Messung im Vakuum nötig. In der Realität muss das Signal jedoch durch die Erdatmosphäre, bestehend aus Troposphäre und Ionosphäre, gelangen. Durch atmosphärische Brechungen (Refraktion) in diesen Schichten, wird das Signal gestört. Hierbei nimmt die Ionosphäre den größten Teil der Fehlerquelle ein. Der Fehler liegt ungefähr beim vierfachen des Fehlers in der Troposphäre. Dies geschieht hauptsächlich durch dort vorhandene ionisierte, das heißt elektrisch nicht neutrale Partikel, während in der Troposphäre allein der Wasserdampf den Signaldurchgang stört. In der Zwischenzeit wird in diesem Bereich versucht, diesen Fehler durch mathematische Modelle auszugleichen, so dass in Zukunft die Abweichung einen erheblich geringeren Wert annehmen wird als bisher.

Grundlagen von Ortung und Navigation

Ein für die Positionsbestimmung des GPS-Empfängers wichtiger Faktor ist die Geometrie der Satellitenkonstellation. Je nach Standort der vier benötigten Satelliten kann eine große Positionsungenauigkeit entstehen (Abbildung 37). Dabei stehen die maximal empfangbaren Satelliten und die Abweichung von der realen Position in unmittelbarem Zusammenhang. Denn sind die Satelliten relativ weit auseinander, so schneiden sich deren Verbindungen zum Empfänger in einem spitzen Winkel. Dies bewirkt ein genaueres Ergebnis als bei eng zusammenliegenden Satelliten, deren Verbindungslinien mit dem Empfänger einen flachen Winkel einschließen. Ausgedrückt wird diese Abweichung durch den sog. DOP-Wert (Dilution of Precision). Der DOP ist ein Maß für die Signalbedeckungsgeometrie, die für eine bestimmte und ortsabhängige Empfangssituation gegeben ist. Man unterscheidet HDOP (horizontal, 2-dimensional), VDOP (vertikal, 1-dimensional), TDOP (Zeit, 1-dimensional), PDOP (Position, 3-dimensional) und GDOP (vollständige Geometrie, 4-dimensional). Für den Positionsfehler in der GPS-Praxis ist der PDOP wichtig. Ein PDOP-Wert von 1 entspräche der idealen Satellitengeometrie für die 3-dimensionale Positionsbestimmung. Werte unter 3 gelten als gut, Werte über 8 als schlecht. Werte zw. 3 und 8 sind die Norm und liefern eine befriedigende Positionsbestimmung.

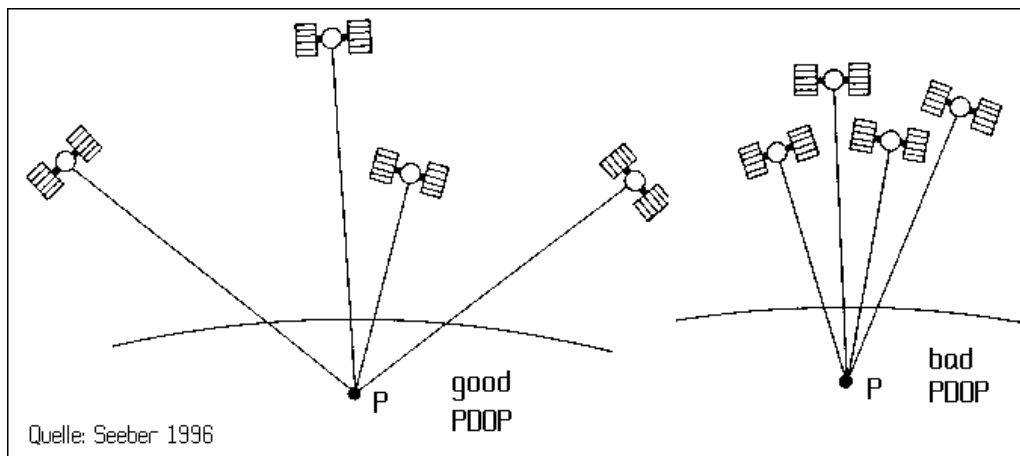


Abbildung 37: Einfluss der Satellitengeometrie auf die Positionsbestimmung [72]

Prinzipiell erhöht sich deshalb die Qualität der Positionsbestimmung mit jedem zusätzlich sichtbaren Satelliten, da auch die topografischen Verhältnisse auf der Erde eine wichtige Rolle spielen, und diese in manchen Fällen durchaus negativen Einfluss auf die Navigation haben können. Das sog. Multipath ist dann die Folge, das aufgrund von Gebirgen, dichtem Laubdach oder Häuserschluchten entstehen kann. Dabei wird das Signal von diesen Hindernissen abgelenkt und verzögert (Abbildung 38). Den Empfänger erreicht damit nach dem direkten Signal ein weiteres mit einer Zeitverzögerung. Ist dieses Signal hinreichend stark, kann es zu Fehlern in der Signalauswertung kommen, da eine längere Laufzeit als tatsächlich benötigt, angenommen wird. Moderne GPS-Empfänger können allerdings verzögerte Signale meist ermitteln.

Grundlagen von Ortung und Navigation

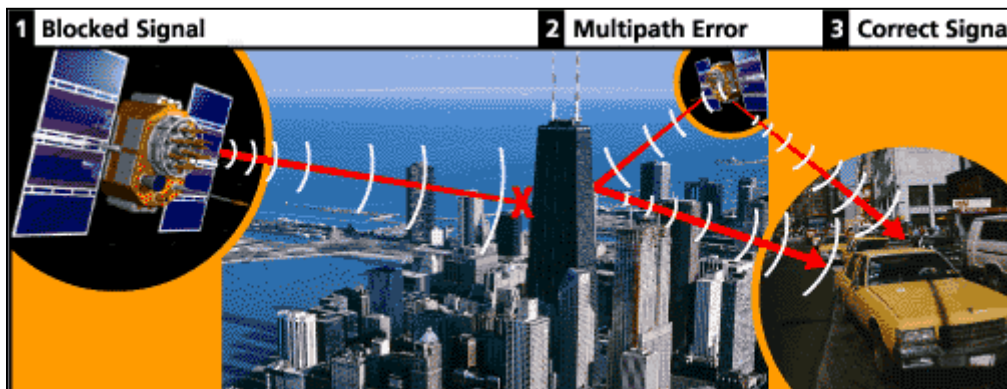


Abbildung 38: Das Phänomen des Multipath [72]

Damit ergibt sich schließlich folgendes Fehlerbudget, mit dem bei der Satellitennavigation gerechnet werden muss:

- Bahnfehler: ± 3 m
- Ionosphäre: ± 8 m
- Troposphäre: ± 2 m
- Uhrenfehler: ± 3 m

Dies alles waren Störquellen, die aus natürlichen Quellen entstehen. Es gibt jedoch auch künstliche Quellen, die Einfluss auf die Positionsgenauigkeit haben. Dabei wird unterschieden in funktionale und nichtfunktionale Störquellen. Bei den funktionalen Störungen handelt es sich um alle Kommunikations- und Navigationssender, die bewusst elektromagnetische Wellen erzeugen und diese zum Zwecke der Informationsübertragung über Antennen an die Umgebung abgeben. Der Frequenzbereich zwischen 1240 und 1325 MHz stellt dabei den größten Problembereich dar, da dort enorme Impulsleistungen freigesetzt werden. Darunter fallen beispielsweise die Radaranlagen der Deutschen Flugsicherung und die Aussendungen von Funkamateuren. Unter nichtfunktionale Quellen sind hauptsächlich Energieversorgungsleitungen zu zählen. Diese beeinflussen den GPS-Empfang direkt mit ihren ausgedehnten Kraftfeldern.

6.3 kartografische Bezugssysteme

In diesem Kapitel soll nur ganz kurz auf die für das GPS-System wichtigen Bezugssysteme eingegangen werden. Ein tieferer Blick in die Welt der Kartografie würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Ein Bezugssystem ist das theoretisch-mathematisch definierte Feld einer Landesvermessung, das dem Koordinatensystem (Lage / Höhe) zugrunde liegt. Durch Angabe der Koordinaten und des Bezugssystems sind ortsgebundene Objekte eindeutig auf der dadurch definierten Erdfigur lokalisierbar. Man spricht auch vom sog. Map Datum (fälschlicherweise immer als Kartendatum übersetzt).

Das Map Datum bezeichnet das Bezugssystem der jeweiligen Landkarte. Dieses basiert auf einer angenommenen Form der Erde sowie festen Bezugspunkten für die Längen- und

Breitengrade des Koordinatensystems. Dass die Erde keine Kugelgestalt besitzt, sondern eine an den Polen abgeplattete Form hat, ist bekannt. Diese Form lässt sich durch ein Rotationsellipsoid annähern. Vor der Einführung der Satellitennavigation hatte jedes Gebiet sein eigenes Map Datum, von denen keines der exakten weltweiten Satellitennavigation entspricht. Insgesamt werden auf der Erde rund 170 verschiedene Bezugsellipsoide benutzt. Das GPS System basiert auf dem geodätischen Weltsystem von 1984 (WGS84; World Geodatic System 1984). Die Landkarten werden diesem System seither Schritt für Schritt angepasst. In Deutschland ist aber immer noch das "Potsdam Datum" gebräuchlich.

Probleme gibt es dann, wenn der GPS-Empfänger und die verwendete Karte nicht das gleiche Map Datum als Grundlage verwenden. Dies kann zu erheblichen Fehlern (Abweichungen von mehreren hundert Metern) führen. Aus diesem Grunde sind Längen- und Breitengrad eines Wegpunktes allein nicht eindeutig, sondern abhängig vom eingegebenen Map Datum.

Man verwendet folglich langfristig für neuere amtliche Karten das Ellipsoid WGS 84, bei dem Erdschwerpunkt und Ellipsenmittelpunkt zusammenfallen. Für den Anwender bedeutet dies, dass bei der Ermittlung und Angabe von Ortskoordinaten kein anderes Map Datum verwendet werden sollte als das WGS 84. Des weiteren müssen gemessene Koordinaten umgerechnet werden, wenn sie in eine Karte eingezeichnet werden sollen, die sich nicht auf das WGS 84 bezieht. Diese Umrechnung erledigt das Gerät allerdings meist automatisch, wenn auf ein anderes Map Datum umgeschaltet wird.

6.4 Routenplanung und Routenführung

Bei der Routenplanung interessieren den Radfahrer zwei Kriterien, den Oberflächenzustand und die Verkehrsbelastung. Für jeden ist ein komfortables Vorankommen ein wichtiger Aspekt. Deshalb wird in diesem Kapitel zunächst auf die klassische Form der Routenplanung eingegangen, ehe dann ein Ausblick auf die zukünftige Routenplanung mittels GPS-Unterstützung gegeben wird.

Bei der klassischen Form der Routenplanung „von Hand“ gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Zum einen kann die Route über bereits in der Literatur veröffentlichte Streckenbeschreibungen ausgearbeitet werden, zum anderen kann sie aber auch völlig individuell anhand der gedruckten Landkarten erstellt werden.

Im ersten Fall werden die Routen vorgegeben und detailliert textlich beschrieben. Dies bedeutet, dass anhand der Beschreibung die Fahrt unternommen werden kann, ohne dass ein großer Aufwand in der Routenerstellung entsteht. Meist ist auch bereits der Schwierigkeitsgrad und die Dauer der Tour angegeben. Dies erleichtert es, die günstigste Strecke auszusuchen. Diese Art der Streckenbeschreibungen können aus verschiedensten Arten von Informations-Medien abgerufen werden. Dies können beispielsweise sein:

- der Fahrradatlas
- die Tageszeitung mit Tourenvorschlägen von Experten (Beispiel Stuttgarter Zeitung)
- das Internet
- die verfügbaren Radzeitschriften

Grundlagen von Ortung und Navigation

Die Routenführung erfolgt dann mit Hilfe der textlichen Beschreibung, die meist so detailliert ist, dass eine Karte nur noch in Ausnahmefällen benötigt wird. Diese Beschreibungen werden durch einzelne Kartenausschnitte unterstützt.

Bei der individuell erarbeiteten Route sieht dies dann doch etwas anders aus. Man muss sich dabei im Klaren werden, wie die Streckenführung aussehen und wie lange die Fahrt dauern soll. Erst dann kann mit der detaillierten Ausarbeitung anhand der Karte begonnen werden. Es erfordert jedoch ein genaues Studium der vorhandenen Kartengrundlage. Dies bedingt eine deutlich höhere Planungszeit. Allerdings ist dann die Route auch absolut individuell auf den jeweiligen Ersteller ausgerichtet. Besonderheiten in der Streckenführung, wie Einbau von Sehenswürdigkeiten oder eine individuelle Streckenlänge sind somit in höchstem Maße gegeben. Nachteilig ist allerdings, dass die Fahrzeit für die erstellte Strecke nur geschätzt werden kann, da die genaue Ausprägung der Topografie anhand der Karte nicht direkt abgeschätzt werden kann. Es kommt dabei häufig zu Fehleinschätzungen bei der Fahrzeit. Meist liegt die tatsächlich gefahrene Zeit deutlich über der anhand der Karte geschätzten.

Die Routenführung erfolgt in diesem Fall allein über die vorhandene Radkarte. Diese muss in fremdem Gebiet ständig verfügbar sein, da dort an jeder Abzweigung, an der keine Wegweisung vorhanden ist, die Karte zur Orientierung benutzt werden muss. Eine angemessene Beschilderung vermindert den Aufwand des Kartenlesens erheblich, da dann ausschließlich die grobe Richtung in Form eines neuralgischen Punktes aus der Karte abgelesen werden muss. Die Routenführung bis zu diesem Punkt kann dann über die Wegweisung erfolgen.

Im Vergleich zu diesen beiden dargestellten klassischen Formen der Routenplanung und Routenführung kommt nun der technische Fortschritt in Form der GPS-Navigation ins Spiel. Dort muss zwar auch anhand von digitalen Karten die gewünschte Route von Hand am PC erstellt werden, jedoch ist die Routenführung deutlich einfacher. Momentan ist dabei die Routenplanung noch relativ aufwendig, da die gewünschte Route auf dem PC in detaillierter Kleinstarbeit in die digitale Karte eingezeichnet werden muss. Dies bedingt einen recht großen Zeitaufwand, der höher ist als bei der klassischen Routenplanung.

Vorteile bringt das System erst bei der Routenführung. Diese erfolgt mit Hilfe des GPS-Empfängers, in den die Daten der geplanten Route geladen werden. Die Fahrt erfolgt dann ausschließlich mit diesem Empfänger, der durch das Kartendisplay die Fahrtrichtung anzeigt. Auf die genaue Technik der GPS-Navigation für das Fahrrad wird in einem späteren Kapitel genauer eingegangen. Eine Benutzung der Radkarte ist somit nur sehr selten nötig. Ausschließlich für den Fall des Systemausfalls oder zu Informationszwecken über die umgebende Landschaft ist dann eine Karte noch zweckmäßig. Auch eine textliche Beschreibung der Route ist in diesem Falle nicht nötig.

6.5 Vergleich von Eigenortung und Navigation im Straßenverkehr und im Radverkehr

Da sich die Systeme zur Navigation im Straßen- und Radverkehr in ihrer technischen Entwicklung deutlich unterscheiden, wird in diesem Kapitel auf die grundlegendsten Unterschiede und Gemeinsamkeiten eingegangen. Dabei soll nicht allzu sehr ins Detail gegangen werden, da dies erneut den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Grundlagen von Ortung und Navigation

Die Kfz-Navigation hat im Vergleich zum Radverkehr zwischenzeitlich eine große Wandlung hinter sich, die dem Autofahrer in Form einer nahezu exakten Navigation zugute kommt.

Der grundlegendste Unterschied der beiden hier behandelten Navigationssysteme ist die Art der Positionsbestimmung. Während im Radverkehr allein auf GPS-Grundlage navigiert werden kann, ist dies für die Fahrzeugnavigation völlig unzureichend, da die Genauigkeitsanforderungen deutlich höher sind. So bringt eine reine GPS-Messung in bebauten Gebieten unbrauchbare Daten, da jede Änderung der Satellitenkonstellation zu Sprüngen in der Fahrzeugposition führt.

Um die Genauigkeitsanforderungen bei der Kfz-Navigation zu verstehen, wird im Folgenden kurz auf die Systemanforderungen und technischen Voraussetzungen eingegangen, ehe dann die Radverkehrsnavigation erneut gegenübergestellt wird.

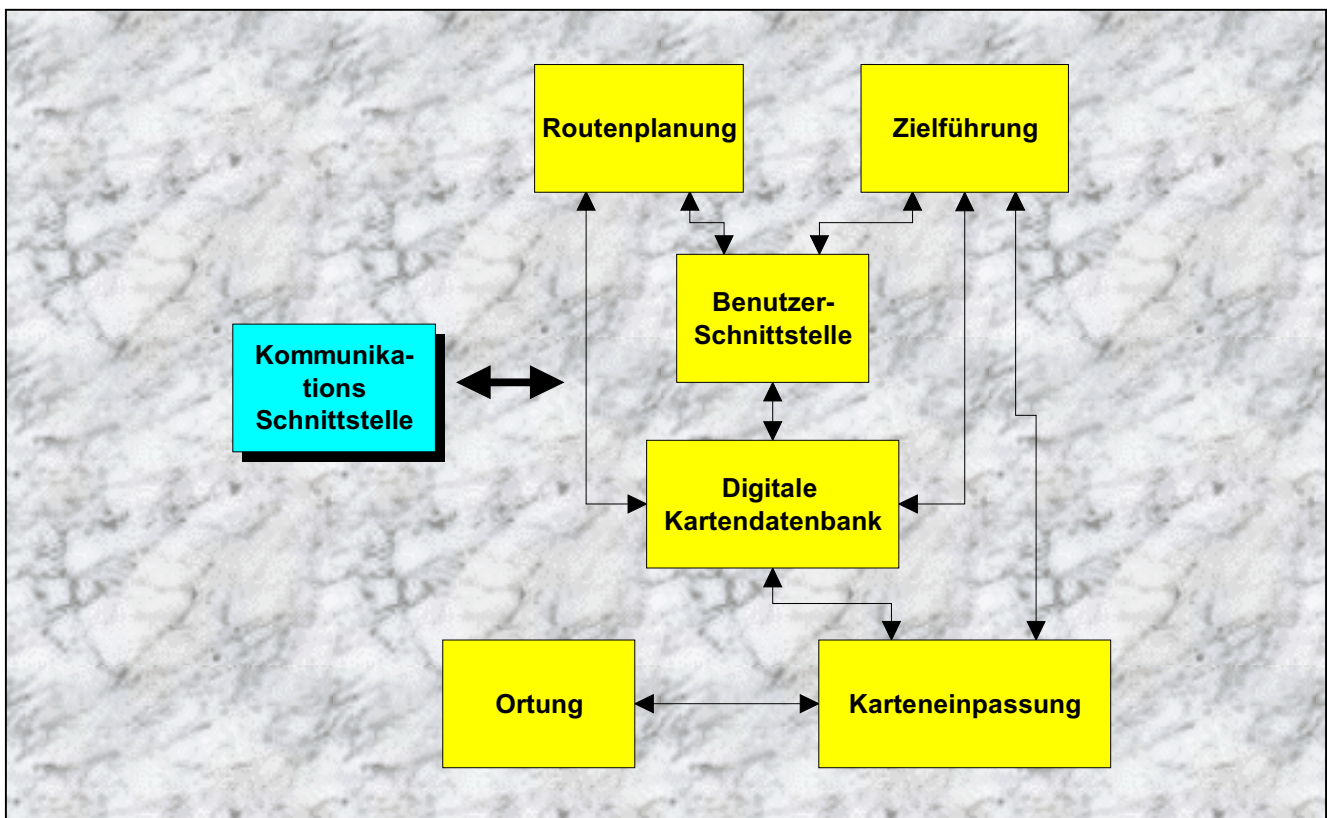


Abbildung 39: Aufbau eines Navigationssystems [61; eigene Erstellung]

Die heute auf dem Markt erhältlichen und in vielen Fahrzeugen bereits eingebauten autonomen Navigationssysteme führen die gesamte Ortungssensorik und das auf CD gespeicherte Straßennetz im Fahrzeug mit. Jeder Einzelne kann mit Hilfe dieses Systems in seiner Routenplanung unterstützt werden. Die Zielführung erfolgt durch exakte und rechtzeitige Anweisungen in sprachlicher und symbolischer Darstellung. Der Bordcomputer ermittelt vor Fahrtantritt eine für den Nutzer optimale Route und vergleicht daraufhin ständig die Position des Fahrzeuges mit der mitgeführten digitalen Karte. Aus der Datenbank werden daraufhin Fahrempfehlungen in akustischer Form dem Fahrer bereitgestellt. Hier stellt sich nun das bereits angesprochene Genauigkeitsproblem dar, denn entscheidend für eine einwandfreie Funktion des System, ist die straßengenaue Ortung, die allein durch GPS-Messung nicht ausreichend durchgeführt werden kann. Aus diesem Grund setzen autonome

Grundlagen von Ortung und Navigation

Kraftfahrzeug-Navigationssysteme heute auf eine Datenfusion aus verschiedenen Quellen. Ein Überblick über den Aufbau eines solchen Navigationssystems zeigt Abbildung 39.

Die Fahrzeugnavigation beginnt immer mit der Ortung der Fahrzeugposition. Dazu werden neben dem GPS noch unterschiedlichste Ortungssensoren verwendet, deren Messungen im sog. Ortungsmodul verarbeitet werden. Zu den Ortungssensoren zählen:

- Die Radumdrehungssensoren, mit deren Hilfe der vom Fahrzeug zurückgelegte Weg ermittelt wird. In den meisten Fällen erfolgt dies heute durch ABS(Anti-Blockier-System)-Sensoren, die durch magnetische Methoden die Drehzahl des Rades erfassen.
- Die Differenzialodometer, die sowohl den zurückgelegten Weg als auch Richtungsänderungen des Fahrzeuges bestimmen. Dazu sind zwei dieser Sensoren entweder an den angetriebenen Hinterrädern oder an den lenkbaren Vorderrädern nötig.
- Der elektronische Kompass, der die Orientierung des Fahrzeuges bezüglich der magnetischen Nordrichtung misst.
- Die piezoelektrischen Vibrationskreisel, die bei modernen Navigationssystemen für die dynamische Bewegungsanalyse zum Einsatz kommen. Damit sollen Probleme der magnetischen Störungen vermieden werden. Die Kreisel arbeiten vollkommen autonom und haben im Gegensatz zum GPS den Vorteil, dass sie ständig verfügbar sind und über deutlich bessere Fehlereigenschaften in der Richtungsmessung verfügen.

Mit den so gemessenen Strecken und Richtungsänderungen wird über die sog. Koppelnavigation durch eine zeitlich geordnete Addition der Wegvektoren die Fahrzeugposition während der Fahrt ermittelt. Die erforderliche Startposition vor Fahrtantritt wird mit Hilfe des GPS bzw. DGPS bestimmt (Abbildung 40).

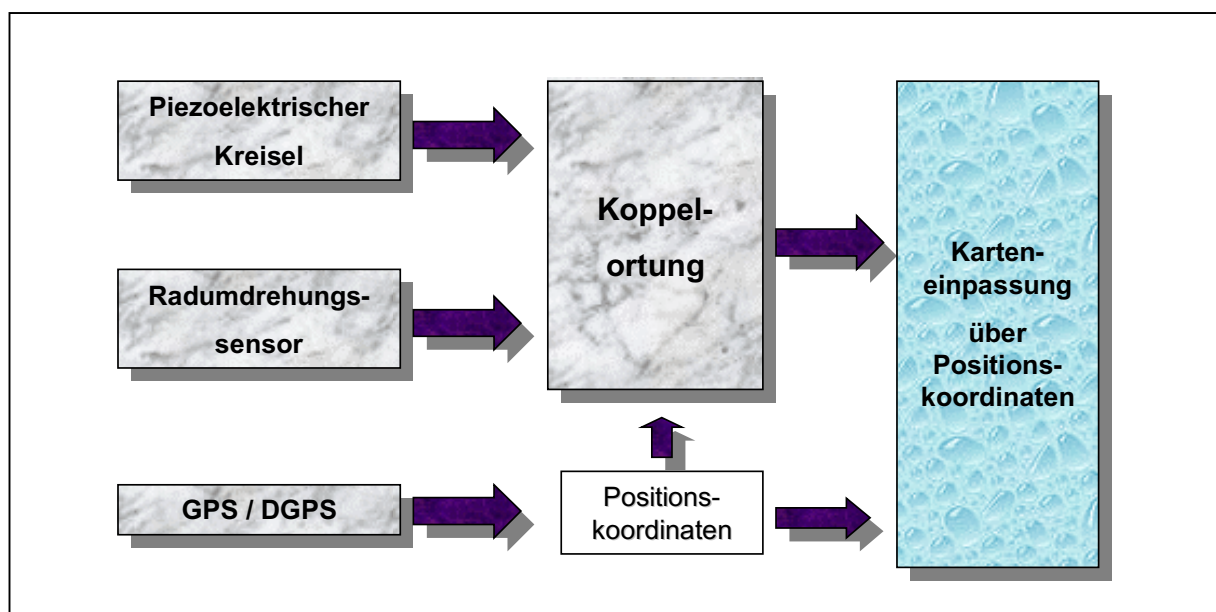


Abbildung 40: Prinzip der Koppelnavigation [63; eigene Erstellung]

Grundlagen von Ortung und Navigation

Für die Fahrzeugnavigation ist entscheidend, dass die befahrene Straße auf der digitalen Karte identifiziert wird, denn nur dadurch können vernünftige Fahrempfehlungen übermittelt werden. Dies geschieht mittels Karteneinpassung, dem sog. Map-Matching. Hierbei wird der durch die Koppelortung ermittelten Position eine Position auf dem Verkehrsnetz zugeordnet (Abbildung 41). Das Streckenprofil wird vom Navigationssteuergerät mehrmals pro Sekunde mit den auf der CD-ROM gespeicherten Straßenkarten verglichen. Die Genauigkeit der Positionsbestimmung kann so erheblich erhöht werden. Befindet sich das Fahrzeug auf einer nicht auf der CD-ROM gespeicherten Straße, erscheint auf dem Display die Anzeige "OFF-ROAD". Das "Map-Matching" kann jetzt nicht erfolgen. Deshalb wird in diesem Fall nur die Luftlinienentfernung und die Richtung zum Ziel angezeigt.

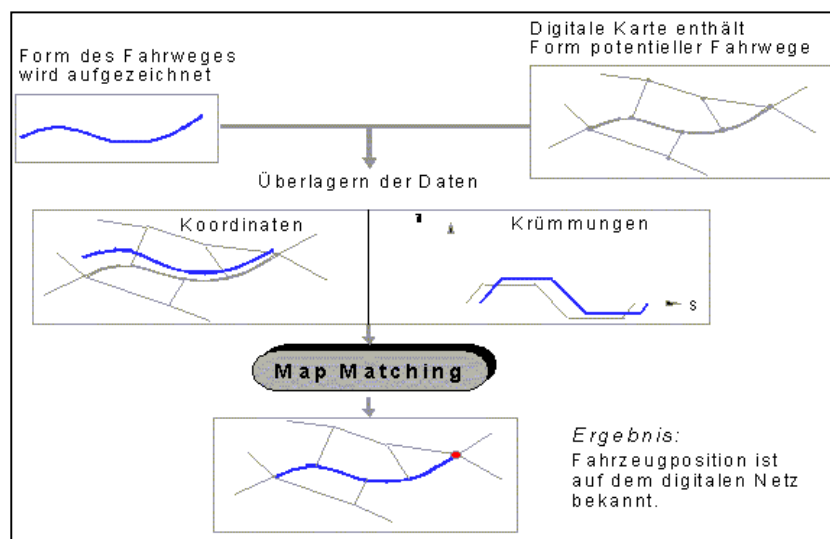


Abbildung 41: Prinzip des Map-Matching [66]

Im Vergleich zu dieser doch relativ komplizierten und aufwendigen Kfz-Navigation, ist die Navigation mittels GPS-Handgerät im Radverkehr geradezu einfach, aber auch deutlich ungenauer. Diese „einfachen“ GPS-Empfänger bestimmen ihre Position zwar auch in kurzem zeitlichem Abstand, jedoch geschieht dies ausschließlich durch GPS-Unterstützung. Weitere sensortechnische Unterstützung gibt es dagegen nicht. Kommt es allerdings dann zu einer Signalabschattung, so verliert der Nutzer den Überblick, da keine Position mehr angezeigt werden kann. Erst nach erneutem Empfang des Signals kann die Navigation fortgesetzt werden. Das Identifizieren von Straßen auf einer digitalen Karte ist zum heutigen Zeitpunkt auch nicht möglich. Zwar besitzt der Empfänger eine Kartengrundlage, die auch auf dem Display angezeigt wird, jedoch dient diese nur zur groben Orientierung und nicht zu Navigationszwecken.

Anhand des Navigationssystems COMAND, das in Mercedes-Benz Fahrzeugen Verwendung findet, sollen Gemeinsamkeiten der Systeme aufgedeckt werden. Vergleichbar ist die Darstellung der Fahrtroute auf der Karte (Abbildung 42). Bei der Kfz-Navigation und bei den GPS-Empfängern wird diese in Form einer abzufahrenden Linie, den sog. Track, dargestellt. Auf diesem läuft während der Fahrt ein Pfeil mit und zeigt die aktuelle Position an. In beiden Systemen ist auch die Darstellung der Fahrtrichtung in Form eines Kompasspfeils (Abbildung 42) ähnlich. Dieser zeigt immer die Richtung des nächsten Zieles in Luftlinie an, ohne dabei auf die genaue Routenführung zu achten.

Grundlagen von Ortung und Navigation

Größter Unterschied ist natürlich das fehlende Map-Matching bei der Radverkehrsnavigation. Dadurch wird die Positionsbestimmung im Vergleich zur Kfz-Navigation deutlich ungenauer. Allerdings ist dazu anzumerken, dass für den Radfahrer auch die genauen Fahrempfehlungen relativ unbedeutend sind. Dem Radfahrer muss im Großen und Ganzen nur die Fahrtrichtung und mögliche Abzweigpunkte auf dem Display angezeigt werden. Damit lässt sich eine gewisse Ungenauigkeit in der Position durchaus hinnehmen. Die Anzeige auf dem Display während der Fahrt ist ungefähr mit derjenigen der Fahrzeugnavigation vor dem Map-Matching zu vergleichen (vergleiche Abbildung 40), denn meist liegt die gemessene Fahrlinie etwas neben dem zuvor eingezeichneten Track.



Abbildung 42: links: Darstellung der Karte im Kfz-Navigationssystem
rechts: Kompassfunktion bzw. Zielrichtung in der Kfz-Navigation

Letztlich sollte als Unterschied der beiden Ortungs-Systeme auch genannt werden, dass bei der Kfz-Navigation ständig eine neue Route berechnet werden kann, während bei den Handgeräten die von manuell erstellte und gespeicherte Route nicht bzw. nur schwer verändert werden kann, da die Software für eine schnellere Erstellung der Routen nicht im Gerät enthalten ist.

7. Marktübersicht von Radverkehrsnavigation

Die Anwendungen von GPS greifen seit dem Golfkrieg 1992 in viele Bereiche des täglichen Lebens ein. Während des Golfkrieges wurde der Weltbevölkerung verdeutlicht, wie exakt mit Hilfe der Satellitennavigation gearbeitet werden kann. Damals wurden vom US-Militär GPS-unterstützt die Bombenangriffe auf militärische Stellungen des Iraks geflogen und der Öffentlichkeit in Form von Bilddokumentationen die Genauigkeit dieser Angriffe aufgezeigt. Gab es 1992 in Summe ca. 109 Firmen, die GPS-unterstützende Produkte anboten, so erhöhte sich diese Zahl bis 1997 auf einen Wert von 301. Abbildung 43 zeigt den Trend, auf den die Technik des GPS in den letzten Jahren genommen hat und gibt einen Ausblick bis ins Jahr 2003. Es zeigt sich eine weltweite jährliche Wachstumsrate von GPS-Anwendungen von rund 25 %, wobei sich hauptsächlich der Marktanteil an GPS-Produkten in Europa laut einer Prognose des U.S. Departments of Commerce stark erhöhen wird (Abbildung 44). Zu erwähnen ist noch, dass der europäische Markt von Firmen aus den USA oder Kanada bestimmt wird, nur vereinzelt werden in Skandinavien marktfähige Produkte entwickelt.

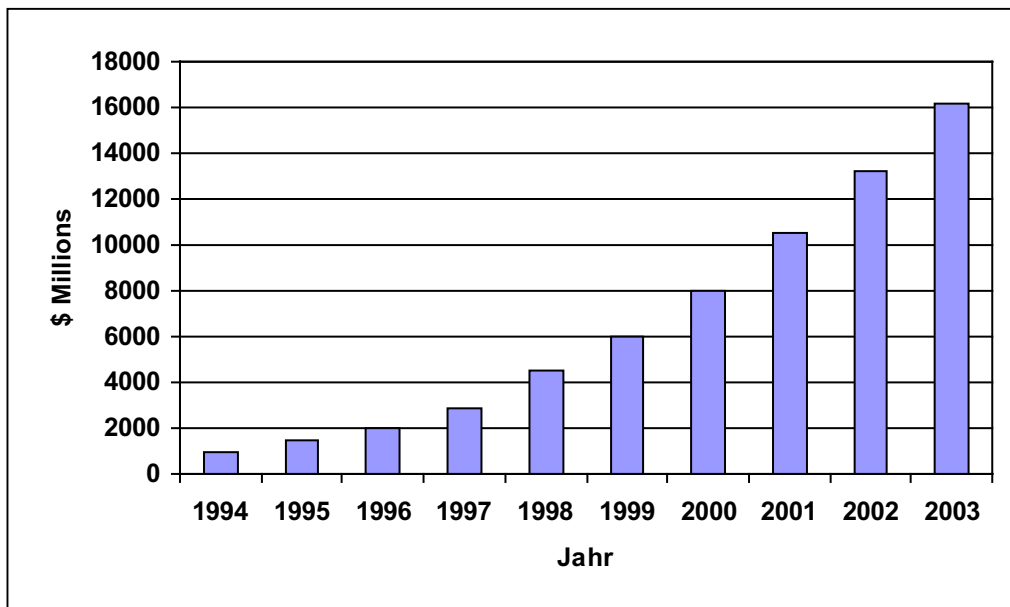


Abbildung 43: weltweiter Verkauf von GPS-unterstützten Geräten [81]

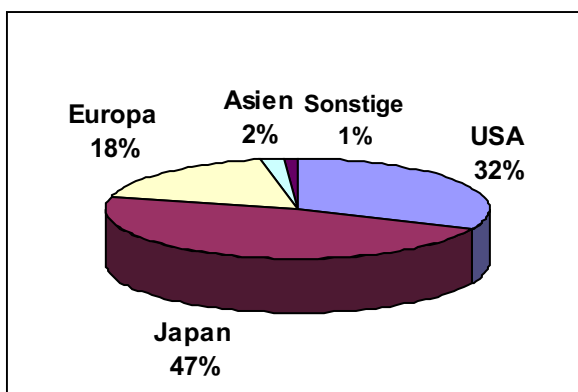


Abbildung 44: GPS-Markt 1998 [81]

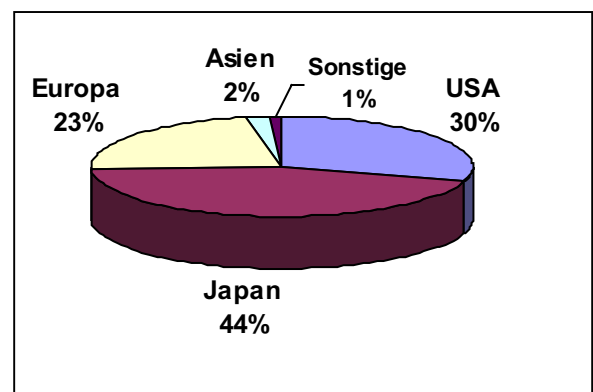


Abbildung 45: Prognose GPS-Markt 2003 [81]

Marktübersicht von Radverkehrsnavigation

7.1 Bestehende Projekte

Die Radverkehrsnavigation ist ein sehr neues Gebiet, so dass dort kaum nennenswerte Projekte bestehen. Einzig auf der Internetseite www.gps-world.net lassen sich komplette GPS-Routen für Radfahrer herunterladen, die auch direkt auf kompatible GPS-Empfänger übertragbar sind. Es handelt sich um eine GPS-Datenbank zum Austausch von GPS-Material. Reisebeschreibungen, Routen und Tracks können von jedem dort abgelegt und Anderen zur Verfügung gestellt werden. Nachteilig ist dabei, dass dadurch die Individualität der Routenplanung verloren geht, da vorgegebene Routen übernommen werden müssen und nur schwer an die eigenen Bedürfnisse angepasst werden können. Speziell für den Radfahrer archivierte Strecken können mit Hilfe von Fahrradpiktogrammen identifiziert werden. Vorteilhaft ist dagegen, dass diese Routen teilweise direkt auf den GPS-Empfänger übertragen werden können und somit eine Bearbeitung durch eine spezielle Software entfällt. Dies führt zu einer großen Zeitersparnis für den Nutzer. Abbildung 45 zeigt beispielhaft eine Route in der Eifel. Unterschieden wird nach der Art der GPS-Routen:

- a) Route als Track: Der zu fahrende Weg wird als Linienzug dargestellt. Dieser aufgezeichneten Strecke navigiert man mit Hilfe eines mitlaufenden Richtungs-Pfeiles bis zum Zielpunkt entlang.
- b) Route als Waypointsammlung: Die Route wird in Form von einzelnen Wegpunkten (Waypoints) abgegrenzt, die in ihrer Reihenfolge abgefahren werden.

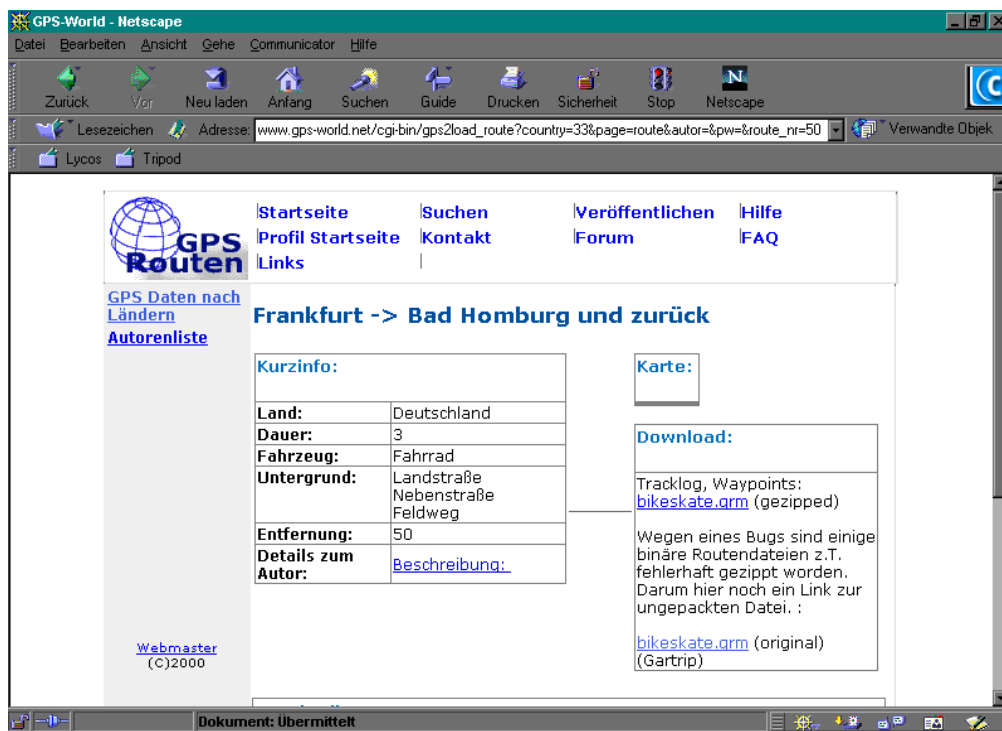


Abbildung 45: GPS-Datenbank für den Radverkehr [78]

Marktübersicht von Radverkehrsnavigation

In Anhang A 1 sind als Übersicht die momentan downloadbaren GPS-Routen nach Themen untergliedert aufgeführt. Des Weiteren wird die Art der dort gespeicherten Track-Daten beispielhaft dargestellt.

Dies ist momentan das einzige Projekt, das dem Autor in Sachen GPS-Routen bekannt ist. Zwar gibt es noch einige Datenbanken, die Wegpunkte zur Verfügung stellen, doch ist der Einsatz dieser für die Navigation im Radverkehr relativ ungeeignet, da die Verwendung von Karten damit nicht vermieden werden kann.

Ein anderes Projekt ist BBBike (Berlin-Brandenburg-Bike). Dieses geht zwar voll auf den Radverkehr ein und bedient den Radfahrer mit Routen im Großraum Berlin, sie sind jedoch nicht oder vielleicht auch noch nicht GPS-geeignet. Hierbei handelt es sich um ein Informationssystem für Radfahrer in Berlin und Brandenburg. Mit dem Programm können Routen, optimiert für Radfahrer, automatisch gesucht oder manuell erstellt werden. Bei der automatischen Suche wird die kürzeste Strecke zwischen zwei angegebenen Punkten gesucht. Bei der manuellen Routenerstellung können abschnittsweise Zwischenpunkte eingegeben werden und zum Schluss die Gesamtlänge abgelesen werden. Nachdem Start- und Zielpunkt aus dem Raum Berlin eingegeben wurden, berechnet das Programm eine individuelle Route, die zusätzlich mit Bedingungen verknüpft werden kann. Solche Bedingungen können beispielsweise sein:

- bevorzugte Geschwindigkeit
- bevorzugter Straßentyp (Haupt- oder Nebenstraßen)
- bevorzugter Belag („Kopfsteinpflaster vermeiden“, „nur sehr gute Beläge bevorzugen“)
- Ampeln vermeiden

Dies entspricht im wesentlichen der Routenplanung im Kfz-Verkehr, ist aber ein Novum für die Radfahrer, die sich sonst selbst ihre Routen anhand von Karten erarbeiten müssen, ohne oben genannte Bedingungen, wie zum Beispiel den Straßenbelag zu kennen. Nach Berechnung der Route werden dem Nutzer in tabellarischer Aufstellung die einzelnen Routensegmente mit Fahrempfehlungen angezeigt. Der gesamte Ablauf dieser Art der Routenplanung wird in Anhang A 2 in chronologischer Reihenfolge in Form von Screenshots dargestellt.

7.2 Geräteübersicht

GPS wird zum Alltags-System. Mittlerweile sind die Navigationsgeräte nicht nur sehr preisgünstig geworden, sondern auch immer handlicher und immer einfacher in der Bedienung. Allerdings gibt es nur vereinzelte Geräte, die sich für die Navigation mit dem Fahrrad eignen. Führende Firma in Sachen GPS-Empfänger ist in Deutschland neben Garmin, von der das Testgerät für diese Arbeit stammt, auch Magellan. Es gibt zwar auf dem deutschen Markt noch andere Anbieter, wie zum Beispiel Lowrance, diese sind jedoch weit weniger bekannt. Die GPS-Geräte der beiden führenden Hersteller wurden unlängst im Rahmen eines Tests der VDI-Nachrichten untersucht. Dabei handelte es sich um einen Test von Positionsbestimmungsgeräten für Fußgänger und Fahrradfahrer. Durch die ständige technische Fortentwicklung der Geräte sind allerdings bereits neue Geräte auf dem Markt, die verbesserte Funktionen anbieten. Dabei sei darauf hingewiesen, dass es keine GPS-Empfänger ausschließlich für den Radverkehr gibt, sondern dass diese universell in unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt werden können.

Marktübersicht von Radverkehrsnavigation

Auf dem Sektor der GPS-Empfänger sind grundsätzlich drei Arten zu unterscheiden:

- Display-Geräte mit integrierter Straßenkarte
- Display-Geräte ohne Kartenfunktion
- Geräte ohne Display, die sog. GPS-Mäuse

Von der Firma Garmin werden u.a. folgende Geräte für die Radverkehrsnavigation empfohlen (Abbildung 46):



von links:

1. eTrex-Familie
2. eMAP
3. GPS 12 MAP
4. GPS III plus

Abbildung 46: Garmin GPS-Geräte für die Radverkehrsnavigation [77]

Vorteilhaft ist, dass auf der Homepage von Garmin die gesamten Geräte nach ihren Einsatzbereichen aufgeschlüsselt werden. Dies macht es dem Nutzer einfach, das passende Gerät auszuwählen.



Von Magellan dagegen wird kein Gerät explizit in Bezug auf die Radverkehrsnavigation genannt. Dies ist ein großer Nachteil, denn dadurch wird es für den Radfahrer ungleich schwerer das passende Gerät für die Navigation zu finden. Für dieses Thema geeignet, ist sicherlich der GPS 320, der auch innerhalb des Tests der VDI-Nachrichten untersucht wurde.

Abbildung 47: Magellan GPS-Gerät GPS 320 [80]

Im Großen und Ganzen unterscheiden sich die hier genannten GPS-Empfänger in ihrer Basisfunktion nur wenig, sogar in ihren Abmessungen sind sie ähnlich. Lediglich in ihren angebotenen Zusatzfunktionen und in der Bedienung unterscheiden sie sich teilweise erheblich. Jedes Unternehmen hat bei diesem Thema sein eigenes Prinzip. Laut oben genanntem Test der VDI-Nachrichten sind alle hier aufgeführten GPS-Empfänger für die Navigation mit dem Fahrrad geeignet. Größere Unterschiede gibt es dagegen im Preis der Empfänger. Dieser liegt zwischen 400 DM als Minimum und 1800 DM für den komfortabelsten GPS-Empfänger.

Marktübersicht von Radverkehrsnavigation

Eine zweite Art ist die Navigation mit Hilfe eines Palmtops.



Abbildung 48: Magellan Palm als GPS-Empfänger [80]

Das in Abbildung 48 dargestellte Gerät macht aus jedem Palm einen GPS-Empfänger. Dazu muss lediglich die Software per PC auf den Organizer gespielt werden. Daraufhin können alle wichtigen Navigationsdaten, ähnlich wie bei einem einfachen GPS-Empfänger, im Palm-Display abgelesen werden. Mit der entsprechenden Software können auch die Karten dargestellt werden, so dass prinzipiell die gleichen Funktionen wie bei normalen GPS-Empfängern abgerufen werden können.



Letztlich gibt es noch die GPS-Mäuse, die über kein Display verfügen, sondern ausschließlich zur Positionsbestimmung verwendet werden. Diese sind für Radfahrer gänzlich ungeeignet, denn zur Nutzung wird ein PC oder Laptop benötigt, um die gesammelten Daten grafisch darstellen zu können. Des weiteren benötigen sie eine externe Stromquelle.

Abbildung 49: GPS-Maus [77]

Diese Aufstellung über die am Markt erhältlichen GPS-Geräte kann natürlich nicht vollständig sein. Dies war auch nicht beabsichtigt. Vielmehr sollte ein kurzer Überblick über die führenden Geräte auf dem Markt gegeben werden.

7.3 Software

Während es bei der Navigations-Hardware nur einige wenige Anbieter auf dem Markt gibt, ist es erstaunlich, dass im Bereich der Software eine Fülle von Programmen erhältlich ist. Längst gibt es zahlreiche, zum Teil sehr überzeugende Softwarelösungen, die sog. Moving Map Software. In der Zwischenzeit sind auf dem Markt sogar universelle Programme für die Kommunikation mit der gesamten verfügbaren Hardware erhältlich. Bisher waren nur speziell für jeden Hersteller Programme entwickelt worden. Die meisten Hersteller bieten Programme zum komfortablen Erstellen und Bearbeiten von Wegpunkten und Routen am heimischen PC an. Die entsprechenden Daten werden auf den GPS-Empfänger per serieller Schnittstelle übertragen. Für den deutschen Marktführer Garmin erhält man ohne Probleme geeignete und brauchbare Software. Folgende sind momentan auf dem Markt erhältlich:

- Das Programm FUGAWI, auf das im Rahmen des nächsten Kapitels noch genauer eingegangen wird und das nur für Garmin GPS-Empfänger verwendbar ist

Marktübersicht von Radverkehrsnavigation

- TouratechQV stellt eine GPS-fähige Routenplanungs- und Moving Map Software für GPS Empfänger von Garmin, Magellan Lowrance, Eagle und NMEA kompatible Geräte zur Verfügung. Diese Software besitzt in etwa die Funktionen wie FUGAWI, jedoch können wesentlich einfacher eigene Karten mit 4 bis 9 Referenzpunkten kalibriert werden. Des weiteren besitzt sie eine sehr benutzerfreundliche Datenverwaltung und einen komfortablen Daten-Transfer im QV-Explorer.
- Der Ozi Explorer ist ein interaktiver Routenplaner, der es erlaubt, durch einfache Punkt & Click-Funktion Wegpunkte, Routen oder Tracks zu erstellen und diese dann auf den GPS-Empfänger zu laden
- Waypoint + erlaubt die Eingabe von Waypoints und Routen sowie natürlich das Up- und Downloaden vom und zum GPS-Empfänger. Eine Kartenfunktion gibt einen Überblick über Routen und Wendepunkte.
- Gartrip ist ein Shareware-Programm, das sowohl Garmin als auch seit neuestem Magellan GPS-Empfänger unterstützt und überwiegend die gleichen Funktionen bietet wie die übrigen Programme.

Im Großen und Ganzen unterscheiden sich die aufgeführten Programme in ihren Grundfunktionen nicht groß. Allerdings verfolgt natürlich jeder Hersteller seine eigene Philosophie in der Bedienung. Einzelne Funktionen sind sicherlich in ihrer Anwendung verschieden, jedoch sind die Werkzeuge zur Erstellung von Routen oder zum Eintragen von Wegpunkten sehr ähnlich. So besitzen alle Programme Werkzeuge zur Eingabe von Waypoints, zur Erstellung von Routen und zur Analyse von Track Logs am PC.

7.4 Kartengrundlage

In Bezug auf die Kartengrundlage gibt es für jeden Hersteller von GPS-Empfängern spezielle Karten, die in die Software eingeladen werden können. Meist sind dies aber nur Karten für die Kfz-Navigation. Kleinere Feld- und Waldwege fehlen dabei gänzlich, so dass die Karten zwar für die Radverkehrsnavigation verwendet werden können, diese allerdings nur eingeschränkt detailliert nutzbar sind. Insgesamt ist das Thema Kartengrundlage für die GPS-Navigation momentan noch sehr undurchsichtig. Vereinzelt gibt es bereits digitale Karten, die für die Erstellung von Routen oder Wegpunkten verwendet werden können. Insgesamt sind die Karten allerdings zur Zeit im Aufbau, so dass dieses Thema nur kurz angerissen werden kann, da der Markt noch nicht sehr groß ist. Versucht man an detaillierte Informationen über die Kartengrundlage heranzukommen, so verläuft dies meist in einer Sackgasse.

Für die Garmin GPS-Empfänger werden hauptsächlich die Karten von Teleatlas für das Arbeiten in der FUGAWI-Software verwendet. Dabei handelt es sich um Vektorkarten, die in der Zwischenzeit für ganz Europa erhältlich sind. Darin sind detailliert alle Straßen für den Kfz-Verkehr verzeichnet, sowie des weiteren Points of Interest und die Art der Landnutzung (Wald, Bebauung, etc.).

Nicht zu vergessen ist, dass die Landesvermessungsämter die topografischen Karten in digitaler Form herausgeben. In der Zwischenzeit ist es sogar möglich, aus diesen Karten heraus mit dem GPS-Empfänger zu kommunizieren.

8. Eigener Messaufbau

8.1 Technische Voraussetzungen



Für die Durchführung der Testfahrten zur Überprüfung der Praktikabilität von GPS-Empfängern für den Radverkehr erklärte sich die GPS GmbH aus Gräfeling bei München bereit, einen Garmin eTrex Vista zur Verfügung zu stellen (Abbildung 50). Dabei handelt es sich um das neueste Gerät dieser eTrex-Familie, das erst im März 2001 auf den Markt kam und damit auf dem neuesten technischen Stand ist.

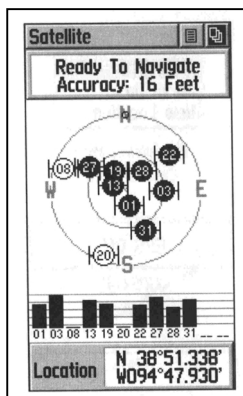
Abbildung 50: Garmin GPS-Empfänger eTrex Vista [77]

Der eTrex Vista kombiniert unterschiedlichste Funktionen miteinander. Dazu gehören u.a. auch ein „Elektronischer Magnetkompass“ und ein „Barometrischer Höhenmesser“. Somit kann neben der bekannten Positionsbestimmung auch die Bewegungsrichtung des Empfängers ermittelt werden. Darüber hinaus hat er 24 MByte Datenspeicher für aufladbare Straßendaten und POIs (Points of Interest).

Der eTrex Vista besitzt eine durchgehende Menüführung, die es dem Nutzer erleichtert, schnell zu den gewünschten Informationen zu gelangen. Dazu hat der Empfänger im Vergleich zu seinen Vorgängermodellen einen sog. „click-stick“ erhalten, mit dem die Benutzeroberfläche gesteuert werden kann. Click-stick bedeutet, dass die sonst benötigten Tasten für die Steuerung des Cursors in vertikaler oder horizontaler Richtung in einer Funktionstaste zusammengefasst sind. Die Steuerung erfolgt nun durch Drücken des Sticks in die jeweilige Richtung. Dies brachte eine erhebliche Platzersparnis auf der Gerätevorderseite.

Ehe allerdings auf die Menüführung eingegangen werden kann, sollen zunächst die einzelnen Funktionen des GPS-Empfängers dargestellt werden. Grundsätzlich sind auf dem Display sechs Hauptseiten für verschiedenste Funktionen abrufbar, die über den sog. „Page Button“ erreicht werden können. Dabei handelt es sich um folgende Hauptseiten:

a) Satelliten-Seite:



Diese Seite zeigt u.a. die Anzahl der momentan für die Positionsbestimmung verfügbaren Satelliten mit ihrer Signalintensität an. Je höher die in Abbildung 51 dargestellten schwarzen Balken sind, desto höher ist die Intensität des Satellitensignals, desto genauer kann die Position bestimmt werden. Gleichzeitig wird in Abhängigkeit von den verfügbaren Satelliten und der Signalintensität die Genauigkeit der Positionsbestimmung („Accuracy“) angegeben. Im Bereich „Location“ wird bei Erreichen der Mindestanzahl von 4 Satelliten die berechnete Position des Empfängers in den zuvor definierten Koordinaten angegeben.

Abbildung 51: Satelliten-Seite des Garmin eTrex Vista [83]

Eigener Messaufbau

Sollte die Anzahl der Satelliten für eine Positionsbestimmung nicht ausreichen, so wird dies durch den Hinweis „Lost Satellite Reception“ angezeigt. Anhand der oben befindlichen Orbitdarstellung, kann die Stellung jedes einzelnen Satelliten am Firmament erkannt werden. Je weiter außen ein Satellit angezeigt wird, desto näher befindet er sich am Horizont, das heißt desto wahrscheinlicher ist es, dass dessen Signal bald nicht mehr zu empfangen ist, da er hinter dem Horizont verschwunden ist.

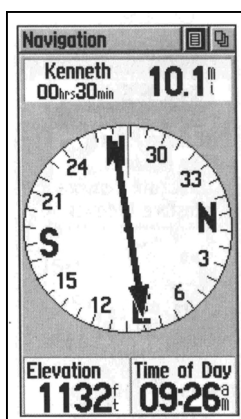
b) Karten-Seite

Die Karten-Seite ermöglicht, sich anhand der bereits vorhandenen Basemap grob zu orientieren. Mit einer Basemap wird eine werksseitig installierte Landkarte bezeichnet, die nicht verändert werden kann. Die im Garmin eTrex Vista vorhandene Basemap besitzt ausschließlich groben Übersichtscharakter mit einem sehr großen Maßstab. Darauf findet man nur relativ ungenau die Städte und Dörfer sowie größere Straßenverbindungen. Sie kann folglich nur zur Orientierung verwendet werden.

In Form eines „Position Icons“ wird die aktuelle Position auf der Karte angezeigt. Es ist dabei möglich, verschiedenste Zoomfaktoren einzustellen, um die individuelle Kartendarstellung zu erhalten. Um eine genauere Darstellung der momentanen Position auf der Karte zu erhalten, reicht es nicht aus, allein mit der vorinstallierten Basemap zu arbeiten. Vielmehr gibt dafür spezielle Karten, die auf den eTrex Vista geladen werden können.

Anhand der Karten-Seite kann mit Hilfe des „Position Icons“ navigiert werden. Dabei gibt dieser Icon die aktuelle Fahrtrichtung durch seine Pfeilspitze an, anhand derer man sich orientieren kann. Weicht der Icon extrem von der zu fahrenden Route ab, das heißt beispielsweise in einem großen Winkel, so ist dies ein eindeutiges Indiz, dass die falsche Richtung eingeschlagen wurde.

c) Navigations-Seite mit Kompassfunktion



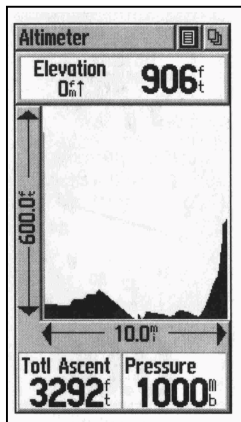
Anhand des elektronischen Magnet-Kompasses kann zum einen die aktuelle Fahrtrichtung ermittelt werden, zum anderen kann damit auch navigiert werden. Durch den in Abbildung 52 eingezeichneten Pfeil innerhalb des Kompasses wird diejenige Richtung aufgezeigt, die zum nächsten Zielpunkt einzuschlagen ist, wobei die aktuelle Fahrtrichtung immer nach oben zeigt. Im oberen Bereich dieser Seite kann dann die dementsprechend noch verbleibende Zeit bis zu diesem Punkt abgelesen werden. Diese Zeit wird aufgrund der momentan gefahrenen Geschwindigkeit und der Luftlinienentfernung ermittelt.

Abbildung 52: Navigations-Seite des Garmin eTrex Vista [83]

Bei Abweichung von der Luftlinienstrecke kann es somit zu einer steigenden verbleibenden Zielerreichungszeit kommen.

Eigener Messaufbau

d) Höhenmesser-Seite

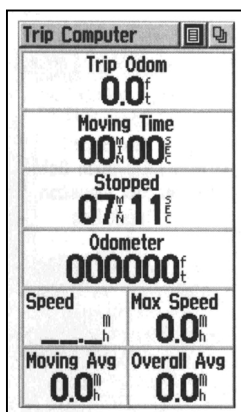


Beim eingebauten Höhenmesser handelt es sich um einen barometrischen Höhenmesser, der anhand des umgebenden Luftdruckes seine aktuelle Höhe ermittelt, denn je höher der Nutzer mit seinem Gerät kommt, desto geringer wird der Luftdruck. Allerdings kann dieser Wert durch Luftdruckschwankungen erheblich gestört werden, so dass ein exakter Wert nicht unbedingt gewährleistet werden kann. Genaueres dazu wird im Kapitel Messfahrten aufgezeigt. Die Höhenmesser-Seite gibt dem Nutzer die aktuelle Höhe in Meter ü.NN an.

Abbildung 53: Höhenmesser-Seite des Garmin eTrex Vista [83]

Gleichzeitig zeichnet der GPS-Empfänger das Höhenprofil der gefahrenen Strecke auf und stellt sie im Display grafisch dar. Entlang dieses Höhenprofil kann während der Aufzeichnung entlanggescrollt werden, um Höhen-Informationen von „Points of Interest“ abrufen zu können. In Abbildung 53 wird im unteren Bereich zudem noch die Information über die insgesamt überwundenen Höhenmeter angezeigt (= Total Ascent). Dies kann besonders bei großen Radtouren von Interesse sein, um im nachhinein die Schwierigkeit in Bezug auf die Überwindung von Höhenmetern dokumentieren zu können. Bei sonstigen Arten des Radverkehrs ist diese Seite von untergeordneter Bedeutung.

e) Reise-Computer



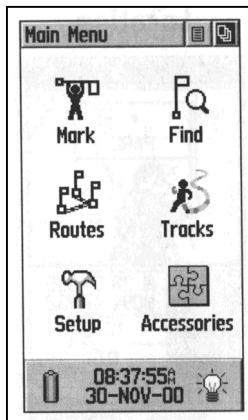
Auf dieser Seite können alle für den Radfahrer wichtigen Informationen über die Fahrt abgerufen werden. Sie entspricht in etwa einem normalen Fahrradcomputer, der heute an keinem Fahrrad mehr fehlen darf. Angefangen von den gefahrenen Kilometern über die reine Fahrzeit bis hin zu den unterschiedlichsten Geschwindigkeitsanzeigen kann alles individuell angezeigt werden. Die Geschwindigkeit teilt sich dabei auf in aktuell gefahrene Geschwindigkeit, maximale Geschwindigkeit, Durchschnittsgeschwindigkeit ohne eingelegte Halte und Durchschnittsgeschwindigkeit über die gesamte Fahrt mit einberechneten Halten.

Abbildung 54: Reise-Computer des Garmin eTrex Vista [83]

Der Nutzer kann die anzuzeigenden Parameter der Fahrt nach seinen eigenen Bedürfnissen über das Menü einstellen. Auch die Größe der Schrift ist dabei individuell anzeigbar.

Eigener Messaufbau

f) Hauptmenü mit zusätzlichen Unterseiten



Mit Hilfe dieses Menüs können Einstellungen am GPS-Empfänger vorgenommen werden und während der Fahrt individuelle Aufzeichnungen aktiviert werden. Während der Fahrt wird dieses Menü i.d.R. nicht benötigt, da dann bereits alle Einstellungen erfolgt sind. Folgende Untermenüs können auf dieser Seite aktiviert werden:

Abbildung 55: Hauptmenü des Garmin eTrex Vista [83]

- MARK:** Während einer Fahrt können aktuelle Positionen, wie zum Beispiel Sehenswürdigkeiten als Wegpunkt gespeichert werden, um eine spätere Identifizierung zu ermöglichen.
- FIND:** Als Information können Wegpunkte oder auch Städte auf der gespeicherten Karte angezeigt werden, die entweder über die Option „Nearest“ oder „By Name“ aufgerufen werden können. Dies wird überwiegend als Information während der Fahrt verwendet und kann Eindrücke über die Umgebung liefern
- ROUTES:** Gespeicherte Routen können abgerufen und auf der Karte angezeigt werden.
- TRACKS:** analog zu den Routen können auch gespeicherte Tracks abgerufen und auf der Karte angezeigt werden. Des weiteren wird dort der Speicher für die Tracks angezeigt, die bei einer Fahrt aufgezeichnet werden können.
- SETUP:** Einstellung aller Systeme, angefangen von der Uhrzeit bis hin zum Kartendatum, der Displayhelligkeit und den metrischen Einheiten
- ACCES-
SORIES:** Erlaubt den Zugriff auf Daten über Konstellationen von Sonne und Mond oder den Kalender

Der GPS-Empfänger bietet folgende Navigationsmöglichkeiten unter Verwendung des grafischen Displays:

- Goto-Funktion, die einen direkten Weg in Luftlinie zu einem vorher definierten Punkt anzeigt. Diese Funktion ist einzig als Orientierung im Gelände brauchbar, wenn ausschließlich die Richtung zu einem Punkt bestimmt werden soll. Für den Radfahrer ist sie dagegen in den meisten Fällen nicht geeignet, da selten Luftlinie gefahren werden kann.
- Die Routen-Funktion zeigt dem Nutzer den zu fahrenden Weg in Form von verschiedenen Wegpunkten, wie zum Beispiel Städte, Sehenswürdigkeiten oder andere neuralgische Punkte, auf. Diese müssen nacheinander in ihrer Reihenfolge

abgefahren werden, um den Bestimmungsort zu erreichen. Diese Art der Navigation lässt sich zwar vom Radfahrer anwenden, ist für diesen jedoch reichlich umständlich, da er sich den Weg zu den jeweiligen Punkten selbst suchen muss. Des Weiteren verfügt der GPS-Empfänger auch nur über eine sehr begrenzte Zahl von 50 speicherbaren Wegpunkten pro Route, die für längere Fahrten nicht ausreicht.

- Mit Hilfe der im Empfänger enthaltenen Tracklog-Funktion können dagegen Bewegungen des Nutzers aufgezeichnet und angezeigt werden. Dazu besitzt der GPS-Empfänger einen separaten Speicher. Der zurückgelegte Weg wird als Linienzug dargestellt und dient als Visualisierung des gefahrenen Weges. Gleichzeitig kann diese Funktion auch als sog. TrackBack-Funktion genutzt werden, um zum Startpunkt wieder zurückkehren zu können, ohne eine Landkarte in Anspruch zu nehmen. Die Verwendung dieser Funktion ist für Radfahrer durchaus geeignet, da bei kurzfristig unternommenen und wenig geplanten Fahrten, der Ausgangspunkt auf alle Fälle wieder gefunden werden kann.
- Die Track-Funktion bietet dementsprechend die Möglichkeit, eine auf dem heimischen PC entwickelte Route im Gelände nachfahren zu können. Dazu benötigt man eine spezielle Software, die die Verbindung zwischen PC und GPS-Empfänger herstellt. Darauf wird im weiteren Verlauf noch näher eingegangen. Auf dem Display des Empfängers wird dann ein Linienzug der eingegebenen Strecke dargestellt. Diesem kann dann, wie bereits oben erwähnt, durch den sog. Icon gefolgt werden. Dies ist diejenige Art der Navigation, die bei den nachfolgenden Messfahrten als Test der Praktikabilität der Navigation im Radverkehr verwendet wird.

Da bei einer Radreise viele Routen ohne zwischenzeitliche Anbindung an den PC unternommen werden, reichen die im GPS-Empfänger speicherbaren 20 Tracks mit je 250 Trackpunkten natürlich nicht aus. Deshalb wäre es wünschenswert, wenn es eine wechselbare Chipkarte gäbe, auf der die jeweiligen Routen gespeichert werden können. Momentan ist der Nutzer noch darauf angewiesen, bei Radreisen einen Laptop mitzuführen, um täglich die Route für den nächsten Tag auf den Empfänger zu laden.

8.2 Einführung in die verwendete Software

Die Software ist zur Kommunikation mit dem GPS-Empfänger das wichtigste Hilfsmittel. Durch die Software können in relativ kurzer Zeit mit den vorhandenen Werkzeugen des jeweiligen Programms Routen erstellt, aber auch bereits gefahrene Routen ausgewertet werden. Als Unterstützung für die Erstellung von Routen für den Garmin eTrex Vista wurde die „Moving Map Software FUGAWI 3“ mitgeliefert. Dieses Programm liefert dem Nutzer eine Vielzahl von Funktionen, die im Folgenden nach „Routenerstellung“ und „Routenauswertung“ unterschieden werden. Dabei sollen auf die für die Radverkehrsnavigation wichtigsten Funktionen eingegangen werden.

In der FUGAWI-Software können mehrere Arten von Kartenquellen verwendet werden. Dazu gehören u.a. gescannte Kartenbilder, BSB-Karten und GMF Vektorkarten. Gescannte Karten können nicht empfohlen werden, da diese für die spätere Verwendung zu ungenau sind. Diese müssen nach dem Einlesen in die Software kalibriert werden. Dazu sollten die Koordinaten von mindestens drei Punkten auf der Karte bekannt sein. Da dies jedoch im

Eigener Messaufbau

Alltagsgebrauch meist nicht der Fall ist, scheidet die gescannte Karte als echte Alternative aus.

Die BSB-Karten dagegen eignen sich durchaus für die Erstellung von Routen auf dem PC. Allerdings gibt es zum heutigen Zeitpunkt erst relativ wenige Karten dieses Formates. Beispielsweise werden noch keine BSB-Karten für das gesamte Gebiet von Baden-Württemberg angeboten. Allein der Bodenseebereich wird bisher abgedeckt. Die heute verwendbaren BSB-Karten aus Bayern oder dem Bodenseebereich sind digitalisierte topografische Karten der Landes-Vermessungsämter.

Im Vergleich dazu gibt es Vektorkarten bereits für das gesamte Bundesgebiet. Darin sind die gesamten Straßennetze für die Kfz-Navigation enthalten sowie einzelne kleinere Nebenwege. Für die Radverkehrsnavigation wichtige Feld- bzw. Waldwege sind nicht verzeichnet. Der Vorteil dieser Karte ist, dass mit sehr kleinem Maßstab in die Karte hineingezoomt werden kann. Damit können vielmehr Details bei der Routenerstellung beachtet werden als in einer topografischen Karte mit einem Maßstab von 1:50.000. In Abbildung 56 ist eine solche Vektorkarte im Vergleich mit der BSB-Karte vom Bodensee dargestellt.

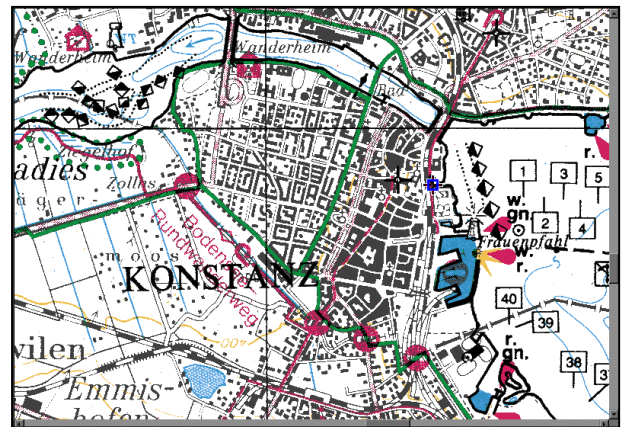
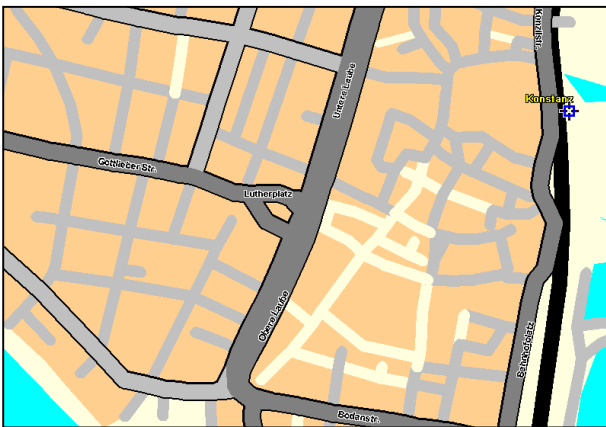


Abbildung 56: links: Vektorkarte „Europe 1“, Maßstab 1:5.000 (veränderl.)
rechts: BSB-Karte „Bodensee“, Maßstab 1:50.000 (fest)

Wie bereits erwähnt zeichnet der GPS-Empfänger selbständig die zurückgelegte Route auf, so dass ein Upload dieser Daten vom eTrex Vista auf den PC durchführbar ist. Zum Upload der Daten wird ein Datenkabel benötigt. Die aufgezeichnete Route wird dann direkt auf die jeweilige Karte im PC gezeichnet und kann so z.B. zur Dokumentation ausgedruckt werden. Der GPS-Empfänger überträgt dabei folgende interessante Daten an die Software:

- Position
- Höhe
- Datum
- Uhrzeit
- Geschwindigkeit
- Kurs
- Entfernung zwischen aufeinanderfolgenden Trackpunkten
- Gesamtentfernung

In Anhang B ist die Art der Darstellung der geladenen Daten auszugsweise aufgeführt.

Eigener Messaufbau

Mit Hilfe dieser Daten können bereits gefahrene Routen ausgewertet werden. Von großem Interesse ist dabei das Höhenprofil, das in einfacher Weise über die gespeicherten Höhenangaben erstellt werden kann.

Mit der FUGAWI Moving Map Software kann eine unbegrenzte Anzahl von Routen und Wegpunkten im voraus verwaltet werden. Die Routen sind jederzeit auch auf einfachste Art modifizierbar. Mit dem in der FUGAWI-Software vorhandenen Simulationsmodell kann die gesamte Route in einer selbst bestimmbaren Geschwindigkeit abgefahren werden, wobei die dafür benötigte Zeit berechnet wird. Vor Ausführung der Reise werden die benötigten Routen und Wegpunkte in den GPS-Empfänger übertragen (Download). Dies erfolgt schnell und spart viel Zeit.

Beim Arbeiten mit der FUGAWI-Software wird in verschiedene Vorgehensweisen unterschieden. Dabei hängt es davon ab, wie genau eine Route erstellt werden soll. Zum einen können einzelne Wegpunkte in die Karte eingezeichnet werden, die auf einer Fahrt die weitere Orientierung gewährleisten, zum anderen kann eine Route aber auch mit Hilfe von Trackpunkten erstellt werden. Dabei ist die Erstellung mittels Trackpunkten deutlich genauer, da bei den GPS-Empfängern die Einschränkung besteht, dass nur eine bestimmte Anzahl von 50 Wegpunkten pro Speicherplatz eingelesen werden kann. Die Anzahl der speicherbaren Trackpunkte ist zwar auch aufgrund der Speicherkapazität der Handgeräte limitiert, jedoch können deutlich mehr Trackpunkte, nämlich insgesamt 250 pro Speicherplatz, übertragen werden. Den einzelnen Wegpunkten können zusätzlich Informationen angehängt werden, die den Punkt näher erklären. Dies können neben Sehenswürdigkeiten auch Aussichtspunkte oder Einkehrmöglichkeiten mit entsprechenden Kommentaren sein. Der einzige Unterschied zwischen Wegpunkten und Trackpunkten ist, dass die Trackpunkte keinen Namen und keine Zusatzinformationen besitzen und damit weniger Speicherplatz benötigen. Da einzelne Routen im Radverkehr relativ lang sein können, ist es sinnvoll, die einzelnen Strecken durch Trackpunkte aufzuzeichnen und an besonders interessanten oder wichtigen Positionen Wegpunkte zu setzen.

In Anhang B ist die Benutzeroberfläche der FUGAWI-Software mit seinen gesamten Funktionen dargestellt. Die Routenerstellung bei den nachfolgenden Messfahrten erfolgte ausschließlich über Trackpunkte, wobei teilweise einzelne Wegpunkte als Orientierungspunkte eingefügt wurden. Dabei ist das Einzeichnen der gewünschten Route relativ einfach. Mit Hilfe der Maus müssen nur die einzelnen Streckenpunkte in der Karte angeklickt werden, so dass schließlich ein vollständiger Linienzug entsteht, der später als Navigationslinie auf dem GPS-Empfänger dient. Dem gegenüber würde eine Route, die ausschließlich aus Wegpunkten besteht, keinen Linienzug erstellen, sondern einzelne Punkte, deren Auffinden während einer Navigationsfahrt schwierig erscheint. Es müssten dabei derart viele Punkte gesetzt werden, dass der Speicherplatz auf dem GPS-Empfänger schnell erschöpft wäre. Nach der Erstellung der gewünschten Route wird diese über die serielle Schnittstelle an den GPS-Empfänger übertragen und dort als Track gespeichert, der dann dort für die entsprechende Fahrt wieder aufgerufen werden kann.

Negativ aufgefallen ist bei der Benutzung der Software, dass es keine „Rückgängig“-Funktion gibt, die ohne großen Aufwand eine falsche Anwendung wieder ungeschehen macht. Vielmehr muss dann recht umständlich die eingezeichnete Linie mit Hilfe der Maus wieder zurückverschoben werden. Ganz gravierend ist das Fehlen dieser Funktion allerdings bei der Funktion „Karten-Zoom“. Dies war für den Autor sehr lästig, da ein gefundener optimaler Zoomfaktor durch eine einzige Fehlanwendung nur recht zeitaufwendig wieder gefunden werden konnte. Mit der „Rückgängig“-Funktion wäre dies durch einen einzigen Mausklick wiederhergestellt worden.

Eigener Messaufbau

Ansonsten ist die Bedienung der Software ein Kinderspiel. Nahezu selbsterklärend können alle Funktionen ohne Probleme auch von Laien angewandt werden.

Als zweite Möglichkeit kann zwischenzeitlich auch die digitale topografische Karte für die Navigationsvorbereitung verwendet werden. Dort wird ebenfalls durch Anklicken der gewünschten Punkte ein Linienzug erarbeitet. Zusätzlich kann dort auch ein Höhenprofil erstellt werden, das es dem Nutzer erleichtert, die Schwierigkeit der jeweiligen Route zu erkennen. Allerdings ist diese Software in ihrer Bedienung noch etwas umständlich, da die eingezeichnete Strecke nicht sofort als Höhenprofil dargestellt wird, sondern erst nach nochmaligem Einzeichnen mit der Höhenprofil-Funktion. Eine kleine Besonderheit ist auch die 3D-Darstellung des Geländes, die einen Eindruck über die umgebende Landschaft und die Fahrtroute vermittelt.

9. Messfahrten und Auswertung

9.1 Aufstellen eines Zielkonzeptes und Kriterienkatalogs

Um genauere Aussagen hinsichtlich der Praxistauglichkeit von GPS-Empfängern für den Radverkehr machen zu können, müssen mehrere Testfahrten unternommen werden, die verschiedensten Zielen genügen. Daher werden die Fahrten unterschieden in den ländlichen bzw. Freizeitbereich und den städtischen Bereich. Dort gelten jeweils andere Gesetze für die Navigation mit GPS-Empfängern. Die genaue Definition von ländlich und städtisch wird in den jeweiligen Kapiteln gegeben. Anhand dieser Testfahrten wird ein Kriterienkatalog abgearbeitet, dessen Inhalt nachfolgend aufgezeigt wird. Des weiteren wird in den beiden Bereichen getrennt nach:

- vom GPS-Empfänger aufgezeichnetem Track in bekanntem Gebiet
- einem Track, nachdem in unbekanntem Gebiet navigiert werden muss

Mit dem ersten Test, dem aufgezeichneten Track, wird die Genauigkeit des eTrex Vista hinsichtlich verschiedenster Kategorien getestet. Dieser dient hauptsächlich dazu, um Genauigkeiten in der Positionsbestimmung zu ermitteln. Er soll allerdings auch den Unterschied verdeutlichen, den das Radfahren mit Karte im Vergleich zur Navigation über GPS ausmacht. Mit der eigentlichen Navigation im zweiten Test dagegen soll die Praxistauglichkeit des Gerätes unter Beweis gestellt werden. Dieser Test entspricht in etwa den in der Praxis vorherrschenden Bedingungen, indem eine Route in unbekanntem Gebiet auf der digitalen Karte geplant wird und danach im Gelände abgefahren werden muss.

Im Folgenden werden mögliche Indikatoren in Form eines Kriterienkatalogs erarbeitet. In Anhang C ist ein solcher bei den Messfahrten eingesetzter Kriterienkatalog in seiner Gesamtheit dargestellt.

In diesem Formular wird zu allererst die Strecke mit Start-, Ziel- und möglichen Zwischenpunkten definiert, um sie später in der Auswertung exakt nachvollziehen zu können. Dann ist es wichtig, zu wissen, um welche Art Testfahrt es sich handelt. Ist es eine zu navigierende Strecke oder eine Route, bei der vom GPS-Empfänger die gefahrene Strecke als Track aufgezeichnet wird, bzw. handelt es sich um eine Fahrt durch ländliches oder städtisches Gebiet. Um den Einfluss des Wetters und der Topografie auf die Aufzeichnung mit einfließen zu lassen, wurden auch dies als Kriterien mit aufgenommen. Die Anzahl der vom GPS-Empfänger aufgezeichneten Trackpunkte gibt eine Auskunft darüber, wie genau die gefahrene Strecke abgebildet wird. Des weiteren ist es interessant, wie viel Speicherplatz der eTrex Vista für die Aufzeichnung einer Route benötigt. Es lässt Rückschlüsse auf die Anzahl der aufzeichnenbaren Routen bzw. die maximale Länge einer Route zu, die der GPS-Empfänger noch aufnehmen kann. Sehr wichtig für die Auswertung ist das Thema „Anteil Waldgebiet“ und „Anteil Talgebiet“ auf der gefahrenen Strecke. Durch diese Angaben kann das Ergebnis der Auswertung analysiert werden, da jene Kriterien unmittelbaren Einfluss auf den Empfang des Satellitensignals haben. Hierzu zählt dann u.a. auch die Angabe über den Anteil innerorts und außerorts gefahrener Kilometer.

Die dann folgenden Kriterien beziehen sich zunächst einmal auf die genaue Aufschlüsselung von Problembereichen bei der Aufzeichnung des gefahrenen Tracks. Die Anzahl der Signalauslösungen besitzt dabei einen besonders hohen Stellenwert, da dies zu Navigationsausfällen führt. Die genaue Charakteristik dieser Auslösungen oder auch großen Abweichungen wird dabei genau verzeichnet. An besonders neuralgischen Punkten

mit erheblichen Schwierigkeiten für den GPS-Empfänger werden teilweise auch Kontrollfahrten unternommen, um den Einfluss des Zufalls zumindest teilweise ausschalten zu können. Dies kann anhand einer Kontrollfahrt natürlich nicht ausreichend gelingen, aber es lässt sich dadurch sicherlich eine Tendenz erkennen.

Nachdem die Problembereiche bei der Aufzeichnung abgehandelt sind, folgt die subjektive Bewertung des eTrex Vista. Dabei geht es hauptsächlich um die Bedienung des Gerätes und die Ablesbarkeit des Displays bei den unterschiedlichsten Randbedingungen.

Der nächste Teil des Kriterienkataloges betrifft mehr die Durchführung der Fahrt und geht nochmals kurz auf die Charakteristik der Strecke ein. Dieses Mal allerdings eher auf die Radverkehrsanlagen. Dies beinhaltet Themen wie die Beschilderung der Strecke und den Zustand der gefahrenen Radwege.

Letztlich wird nochmals auf den GPS-Empfänger selbst eingegangen. Für die Navigation ist es nämlich zusätzlich wichtig, was hinsichtlich der genauen Positionsbestimmung beim Ausschalten des Gerätes passiert. Es geht dabei hauptsächlich um die Frage, wie es um die Abweichung der Position beim Wiedereinschalten bestellt ist.

Der letzte Punkt des Kriterienkataloges behandelt schließlich die Routenerstellung und die Zielerreichung bei der Navigation. Bei der Routenerstellung geht es dabei vor allem um den zeitlichen Aufwand, den eine solche Routenplanung im Vergleich zur klassischen Form erfordert. Hinsichtlich der Zielerreichung befasst sich der Katalog mit der möglicherweise erforderlichen Wegsuche durch ungenaue Darstellung des GPS-Empfängers sowie mit der Art und der Anzahl der falsch eingeschlagenen Wege während der Navigation zu einem vorgegebenen Ziel.

9.2 Durchführung von Einzeltests

Um die Funktionsweise des GPS-Empfängers Garmin eTrex Vista näher zu beleuchten, werden vor der Durchführung der Messfahrten kleinere Einzeltests durchgeführt. Damit sollen vorab die Genauigkeiten der vom GPS-Empfänger gemessenen Werte ermittelt werden. Diese lassen eventuell bereits gewisse Rückschlüsse auf die Praktikabilität des Empfängers zu. Gleichzeitig können mit diesen Einzelergebnissen im Hintergrund, fehlerhafte Aufzeichnungen oder extreme Abweichungen von der Realität teilweise begründet werden.

Zu den Einzeltests zählt u.a. die Exaktheit der Positionsbestimmung sowie der Höhenbestimmung, die Zugriffszeit des Empfängers bis zur ersten Anzeige der Position und die Anzahl der für die Positionsbestimmung genutzten Satelliten auf einer ausgewählten Teststrecke. Die jeweils ermittelten Werte wurden in einem für jeden Fall speziell entwickelten Formular eingetragen und ausgewertet. In Anhang B 2 sind diese schriftlichen Aufzeichnungen in ihrer Gesamtheit dargestellt. Dort können die genauen Ergebnisse anhand der ausgefüllten Formulare eingesehen werden.

9.2.1 Positionsbestimmung

Für eine effektive Nutzung des GPS-Empfängers ist die Genauigkeit der Position verständlicherweise der wichtigste Aspekt, denn darauf baut die gesamte Navigation auf. Dies gilt für alle Arten der Navigation, nicht nur für den Radverkehr. Der Radfahrer hat sogar den Vorteil, dass er mit kleineren Ungenauigkeiten leben könnte, da er nach heutigem Stand keine exakten Fahrempfehlungen wie bei der Kfz-Navigation erhält. Des Weiteren ist seine Geschwindigkeit deutlich geringer als die des Kfz.



Abbildung 57: Lage des Referenzpunktes für die Positions- und Höhenbestimmung

Um die Genauigkeit der Positionsbestimmung des GPS-Empfängers zu ermitteln, ist ein Referenzpunkt nötig, von dem die exakten Koordinaten bekannt sind. Der in diesem Test benutzte Referenzpunkt befindet sich in Höfen, einem Teilort der Großen Kreisstadt Winnenden (Abbildung 57). Der Punkt ist in Form eines Sternsymbols in Anhang B 2 in seiner genauen Lage ersichtlich. Die Koordinaten werden als Gauß-Krüger-Koordinaten angezeigt. Die zu bemessende Stelle befindet sich auf den Koordinaten $y: 3531262$ und $x: 541547$. Die Lage wurde so gewählt, dass nur geringe Abschattungen das Ergebnis beeinflussen. Zwar liegt der Messpunkt in bewohntem Gebiet, jedoch zeigt die Anzahl der verfügbaren Satelliten (im Durchschnitt über 6 Satelliten) einen mittleren Wert an, der für diesen Test durchaus annehmbar ist.

Die Abweichung liegt beim Referenzpunkt bei ± 0 . Alle anderen Abweichungen während des Versuches werden der besseren Darstellbarkeit wegen als Delta-Werte angegeben.

Die in Abbildung 58 erhaltenen Ergebnisse überraschen im Vergleich zu den im Grundlagenteil des GPS in Kapitel 5.3 gemachten Aussagen. Dort wurde von Positionsabweichungen von bis zu 20 Metern gesprochen. In beiden Koordinatenrichtungen werden allerdings hier maximale Abweichungen von ± 6 m erreicht. Betrachtet man sich nun die Bedürfnisse der Radfahrer, so fällt auf, dass diese Positionsgenauigkeit in den meisten Fällen für eine Radverkehrsnavigation vollständig ausreicht. Betrachtet man sich dann noch die durchschnittliche Abweichung, so erhält man innerhalb dieser Testreihe einen Wert in x -Richtung von 3,57 m und in y -Richtung von 2,81 m. Dies ist mit der momentanen Technik der GPS-Navigation für Radfahrer ein ausgezeichneter Wert. Kein Radfahrer benötigt eine wesentlich bessere Positionsbestimmung der Ausgangsposition, denn bereits die vom Nutzer befahrenen Radwege besitzen eine Breite von mindestens 2,0 m. Dies lässt vorsichtige Rückschlüsse zu, dass eine Navigation ohne nennenswerte Abschattung des GPS-Signals für den Radverkehr durchaus praktikabel sein kann.

Messfahrten und Auswertung

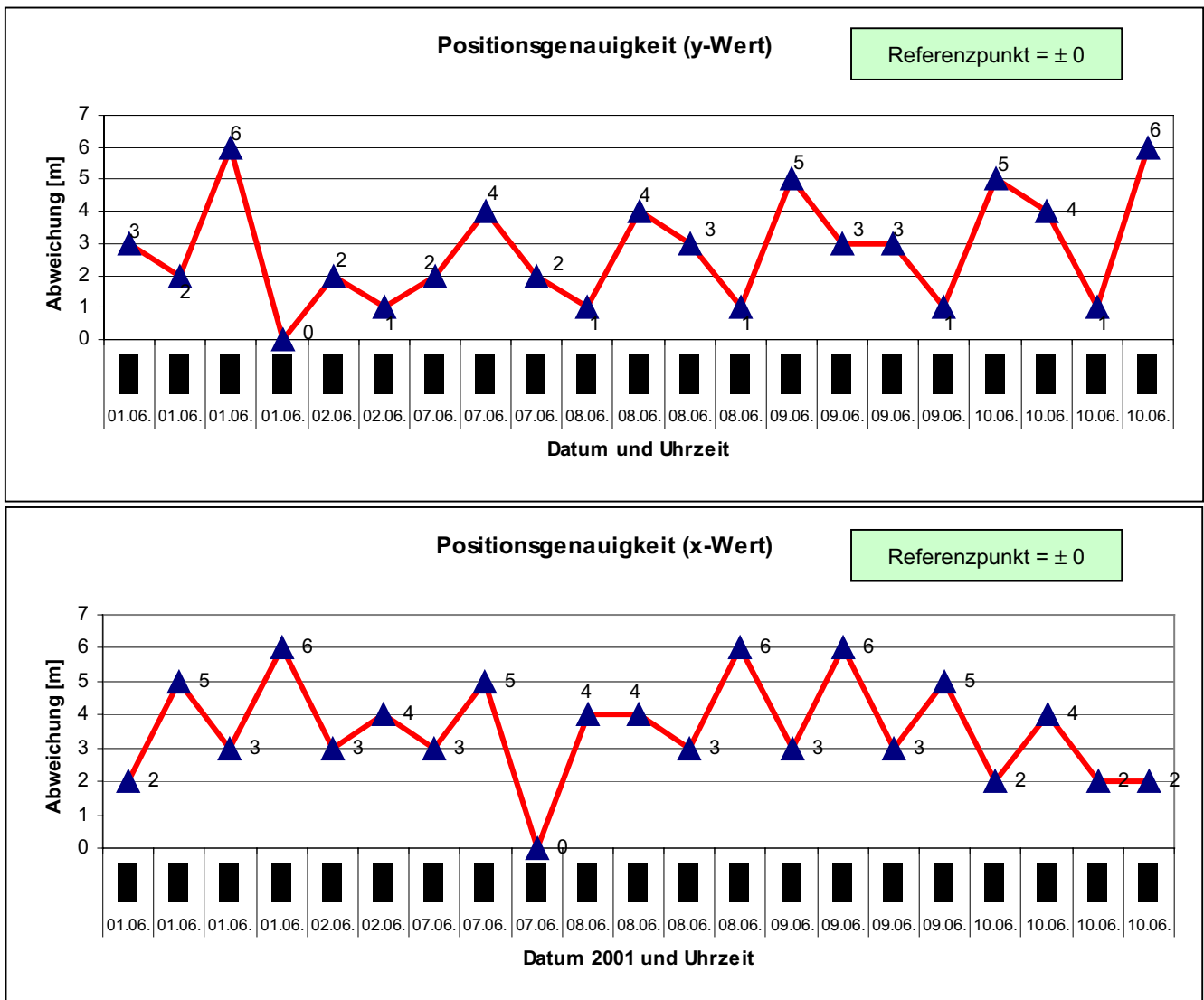


Abbildung 58: Bestimmung der Positionsgenauigkeit in x- und y-Richtung [eigene Erstellung]

9.2.2 Höhenbestimmung

Ein durchaus für Radfahrer wichtiger Aspekt ist die Genauigkeit der Höhenposition. Zwar besitzt diese Angabe nicht die primäre Wichtigkeit wie die Positionsangabe, jedoch kann die reine Information über die Höhe dem Radfahrer das Vorankommen deutlich erleichtern. Dies trifft vermutlich nicht unbedingt auf den Einkaufs-, Berufs- oder Auszubildungsverkehr zu, jedoch um so mehr auf den Freizeitverkehr. Dort wollen die Radfahrer durch die Angabe der Höhe, Informationen über ihren aktuellen Standpunkt erhalten. Des Weiteren ist es für Tourenfahrer für das Höhenprofil eine wichtige Komponente.

Der Test der Genauigkeit der Höhenbestimmung wurde exakt am gleichen Punkt wie die Positionsbestimmung durchgeführt (siehe Anhang C2). Die Ergebnisse dieses Versuches sind in Abbildung 59 ersichtlich.

Messfahrten und Auswertung

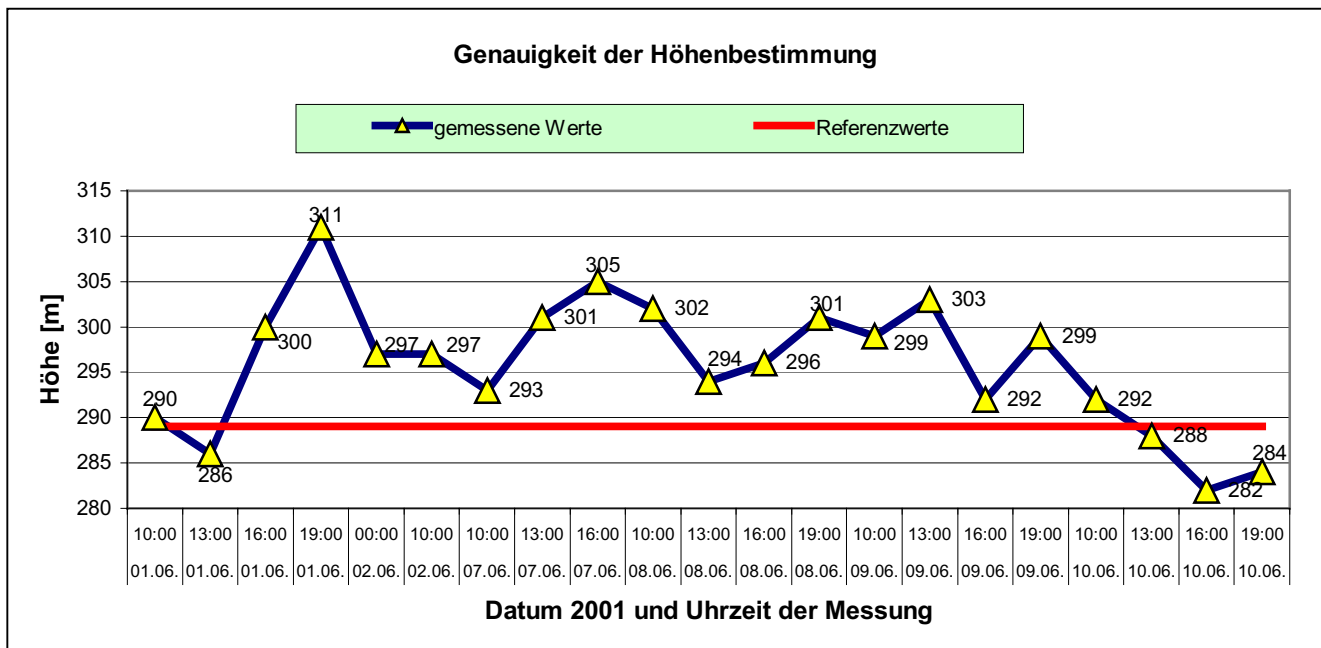


Abbildung 59: Messung der Höhengenaugkeit mit dem eTrex Vista [eigene Erstellung]

Bei der Auswertung ist auffallend, dass zwar der Durchschnittswert „nur“ um 6,81 m vom Referenzpunkt abweicht, jedoch entsteht dies schon allein dadurch, dass sehr hohe Werte über dem Referenzpunkt durch sehr niedrige Werte darunter bei der Durchschnittsberechnung ausgeglichen werden. Entscheidender ist dagegen, dass die Werte in einem relativ großen Bereich streuen. In den meisten Fällen liegen die gemessenen Wert über dem des Referenzpunktes. Der schlechteste Wert beträgt 311 m und weicht damit um 22 m von der exakten Höhe von 289 m ab. Dies ist ein Bereich, der für den Radverkehr schon relativ ungenau ist, und manche Information verfälschen kann. Im Vergleich zu dieser Messung hat die normale Positionsbestimmung einen von der Abweichung her weit aus harmonischeren Verlauf. Allerdings wird diese relativ große Ungenauigkeit in der Höhenmessung in der Literatur auch immer wieder bemängelt. Im Vergleich dazu sind die Ergebnisse dieses Tests noch im guten Bereich der Genauigkeit. Abweichungen von bis zu 50 m Höhenunterschied sind laut Literatur bei den Vorgängern des hier verwendeten GPS-Empfängers keine Seltenheit.

Interessant war bei dieser Messung auch, wie es mit der Ermittlung des Luftdruckes aussieht. Da sich dieser GPS-Empfänger seine Höhe aus den GPS-Signalen und dem aktuellen Luftdruck ermittelt, stellt sich natürlich die Frage der Genauigkeit der Luftdruckmessung. In Anhang C 2 wurden dazu die vom Gerät angezeigten Luftdruckwerte mit denen des tatsächlichen Luftdrucks, der mit Hilfe eines einfachen Barometers ermittelt wurde, verglichen. Auffallend ist dabei, dass der Luftdruckmesser im Empfänger durchaus solide arbeitet und nahezu exakte Werte liefert (Abbildung 60). Die maximale Abweichung beträgt 3 hPa. Natürlich hat auch dieser Unterschied bereits Auswirkungen auf die Genauigkeit der Höhenmessung, allerdings sicherlich nicht in dem Umfang, wie oben ermittelt.

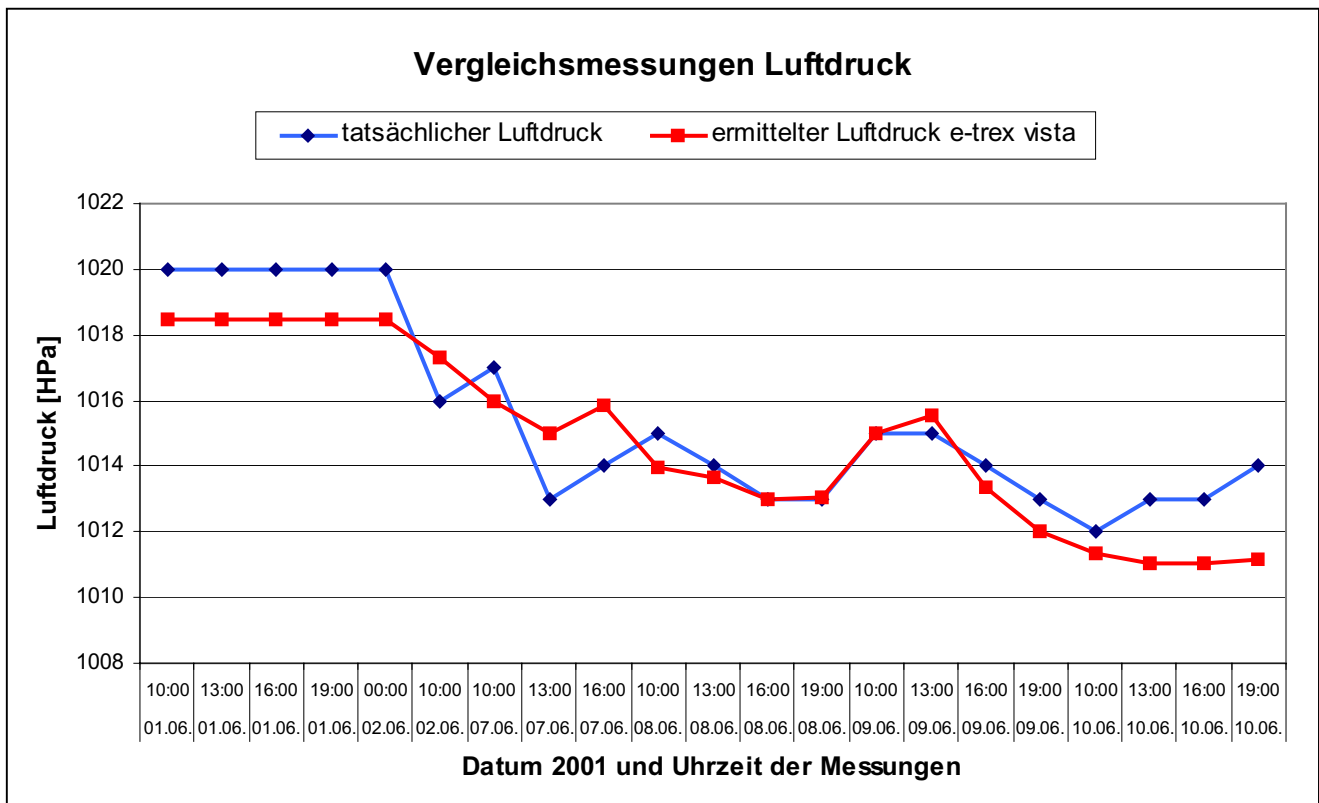


Abbildung 60: Vergleich von tatsächlichem mit vom eTrex Vista ermitteltem Luftdruck [eigene Erstellung]

9.2.3 Satellitenkonstellation

Bei diesem Einzeltest wird die Anzahl der für die Positionsbestimmung benutzten Satelliten ermittelt, um dadurch den Ablauf einer Positionsbestimmung während einer Fahrt zu verdeutlichen und die Möglichkeiten einer Abschattung herauszufiltern. Dafür wurde eine kurze Teststrecke von 4,2 km ausgewählt, die alle Arten von bekannten Schwierigkeiten bei der GPS-Navigation enthält. Die Strecke umfasst neben einem Teil auf freiem Feld ohne Abschattungsmöglichkeit auch noch bebautes Gebiet mit teilweise möglicher Abschattung und letztlich noch einen Waldbereich, von dem man annehmen kann, dass die Abschattung besonders hoch sein wird. Dieser wechselt nämlich von Laubbäumen mit niedriger Belaubung zu Laubbäumen mit hoher Krone. Um auch mögliche Einflüsse auf die Positionsbestimmung durch die Wahl der Geschwindigkeit herauszufinden, wurde diese Teststrecke sowohl mit dem Fahrrad als auch zu Fuß zurückgelegt. In beiden Fällen wurde auch versucht, annähernd die gleiche Geschwindigkeit über die gesamte Strecke zu halten, um den Einfluss der Geschwindigkeit erkennen zu können. In Anhang C 2 sind das genaue Testgebiet sowie die jeweilig ausgefüllten Formulare einzusehen.

Zu allererst wurde die Teststrecke mit dem Fahrrad abgefahren. Alle 20 Sekunden wurde die Anzahl der für die Positionsbestimmung benutzten Satelliten auf dem Display abgelesen und in das Formular eingetragen. Die durchschnittliche Geschwindigkeit betrug hierbei 14,12 km/h. Der Geschwindigkeitsbereich zwischen 12 km/h und 17 km/h wurde über die gesamte Strecke eingehalten, so dass ein einheitliches Geschwindigkeitsprofil entstand.

Messfahrten und Auswertung

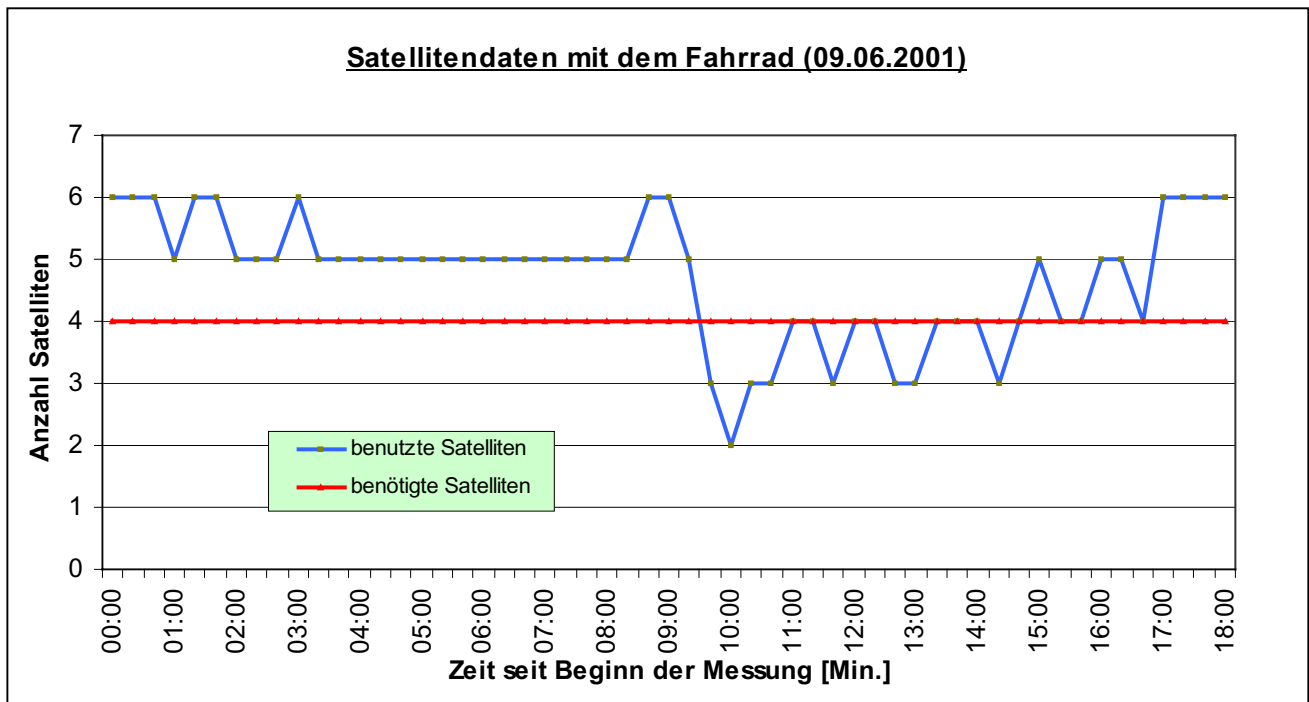


Abbildung 61: Satellitendaten mit dem Fahrrad [eigene Erstellung]

Anhand Abbildung 61 kann in der Auswertung zumindest der Unterschied zwischen freiem Feld und Waldfläche recht gut erkannt werden. Im Bereich 0 bis 8 Minuten hatte der GPS-Empfänger „gute“ Werte hinsichtlich der benutzten Satelliten. In dieser Zeit wurde der Bereich mit wenig Abschattungsmöglichkeiten befahren. Dabei handelte es sich um freies Feld bzw. auch niedrige Bebauung. Erst ab Minute 9 lässt der Satellitenempfang relativ schnell nach. Dies rührt von einem dicht bewaldeten Gebiet mit sehr niedrigem Laubbestand her. Eine Navigation ist in dieser Zeit nicht mehr möglich, da ein erneutes Erreichen des Empfangs von vier Satelliten erst nach über einer Minute wieder vollzogen wird. Eine totale Signalauslöschung ist die Folge. Ab Minute 11 verliert der Empfänger zwar immer wieder kurzzeitig den Kontakt, jedoch kommt es nicht zu einer Signalauslöschung, da der GPS-Empfänger kurzzeitig das Fehlen eines benötigten Satelliten hochrechnen kann. Dies geschieht häufig in Waldgebieten, in denen die Baumkronen etwas höher sind und somit die Signale im Vergleich zur niedrigen Belaubung besser durchgelassen werden können. Zwar bedeutet dies, dass die Genauigkeit der Position erheblich darunter leidet (Genauigkeiten von 40 m sind keine Seltenheit), jedoch ist dies besser als ein Totalausfall. Man sieht folglich, dass der Wald zwar nicht grundsätzlich zur Signalabschattung führt, allerdings dem Nutzer erhebliche Probleme in der Orientierung mit Hilfe des GPS-Empfängers bringen kann.

Im zweiten Test dieser Art wurde die Strecke zu Fuß zurückgelegt. Der Versuch begann wie bei der Fahrradfahrt um 14 Uhr, so dass in etwa die gleiche Satellitenkonstellation vorgefunden wurde. Es herrschten auch zumindest annähernd die gleichen Wetterverhältnisse, so dass in dieser Hinsicht die gleichen Bedingungen bestanden. Nach dem gleichen Prinzip sind die Daten alle 20 Sekunden in das dazugehörige Formular eingetragen worden. Im Vergleich zur Fahrradfahrt betrug hierbei die Durchschnittsgeschwindigkeit 5,2 km/h. Auch hier wurde die Geschwindigkeit in einem Bereich von 4,5 km/h bis 6,5 km/h eingehalten.

Messfahrten und Auswertung

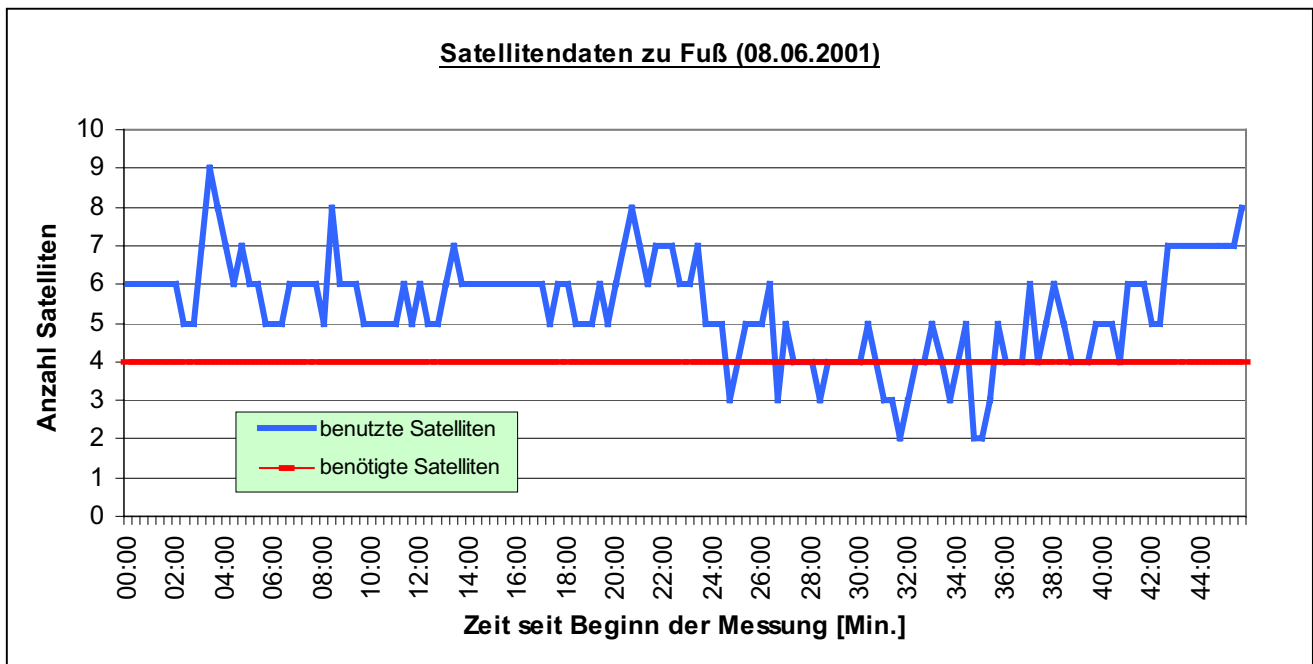


Abbildung 62: Satellitendaten zu Fuß [eigene Erstellung]

Sieht man sich die Auswertung der Daten auf der zu Fuß zurückgelegten Strecke an, so fällt auf, dass der nahezu identische charakteristische Kurvenverlauf entsteht wie bei der Fahrradfahrt. Beide Messfahrten weisen sogar an der annähernd gleichen Stelle eine Signalauslöschung auf (siehe Anhang C 2).

Damit lässt sich hinsichtlich der verfügbaren Satelliten abschließend sagen, dass die Geschwindigkeit auf die Genauigkeit bei der Navigation einen geringeren Einfluss hat als zunächst vermutet.

9.2.4 Zugriffszeit bis zur Positionsbestimmung bei Kaltstart

Für den Nutzer ist im weiteren noch wichtig, zu wissen, wie lange benötigt der GPS-Empfänger, um über die Satellitensignale sein erste Position zu ermitteln. Denn auch hier gilt, Schnelligkeit ist das halbe Leben.

Dazu wurde die Zugriffszeit auf die Satelliten ermittelt. Dies geschah am selben Testpunkt, der bereits für die Positions- und Höhenbestimmung verwendet wurde. Bei diesem Test wird von einem Kaltstart des GPS-Empfängers ausgegangen, das heißt das Gerät wird zum ersten Mal vor einer Fahrt eingeschaltet. Der Empfänger muss daraufhin seine Position bestimmen. Dazu muss er die benötigten vier Satelliten finden, den gespeicherten Almanach auf seine Aktualität überprüfen und dann die Position bestimmen. In der Literatur wird von einer Zugriffszeit von ca. 3 Minuten gesprochen, ehe eine GPS-Empfänger seine für die Navigation benötigten Daten ermittelt hat.

Für diesen Test wurde nach Einschalten des eTrex Vista die Stoppuhr aktiviert. Das Ende des Tests war erreicht, wenn die genaue Position ermittelt wurde. Dabei bestand auch das Interesse daran, mit welcher vom Gerät selbst angegebenen Genauigkeit die Positions-

Messfahrten und Auswertung

angabe behaftet ist. Im dazugehörigen Formular befindet sich für den Fall einer anfangs äußerst unpräzisen Positionsgenauigkeit eine weitere Spalte, in der die Zeit bis zur genaueren Angabe eingetragen werden kann.

Betrachtet man sich die ermittelten Werte in Abbildung 63, so fällt auf, dass die neueren GPS-Empfänger eine wesentlich geringere Zugriffszeit besitzen, als in der Literatur von älteren Geräten angegeben. Im Durchschnitt benötigte der eTrex Vista eine Zeit von ca. 38 Sekunden, um die genaue Position anzuzeigen. Interessanterweise bestach der erste angezeigte Wert in den meisten Fällen auch durch eine hohe Positionsgenauigkeit. Lediglich einzelne Werte wurden mit relativ großer Ungenauigkeit angezeigt. Ein einzelner Wert brach sogar total aus der Reihe, indem ein Genauigkeitswert von ± 105 m angegeben wurde. Diese großen Abweichungen wurden jedoch innerhalb von durchschnittlich 15 Sekunden durch weitere Messungen korrigiert, so dass auch hier letztendlich Genauigkeitswerte von ± 7 m bestanden.

Der in diesem Test ermittelte Wert der Zugriffszeit ist für den Nutzer brauchbar. Damit lässt sich relativ schnell die Fahrt mit genauer Ausgangs-Positionsangabe beginnen, denn nichts ist für den Nutzer lästiger, als wenn er auf die Funktionstüchtigkeit der modernen Technik lange warten muss. In der heutigen Zeit muss nun einmal alles ohne große Wartezeit abgewickelt werden.

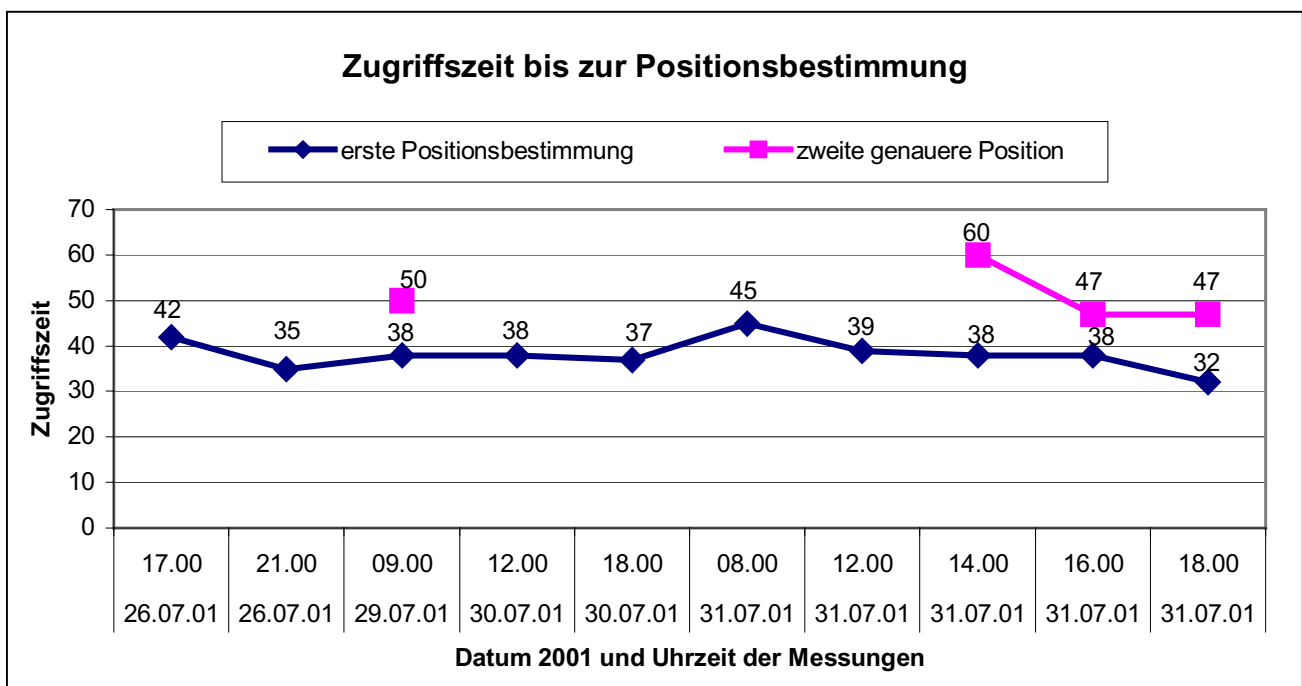


Abbildung 63: Zugriffszeit bis zur Positionsbestimmung [eigene Erstellung]

9.3 Messfahrt in Freizeitgebieten (ländlicher Bereich)

Als erstes soll auf die Fahrten in ländlichen Bereichen eingegangen werden. Dort wird das Fahrrad auch am häufigsten verwendet. Anhand mehrerer Messfahrten wird die Funktionsweise des GPS-Empfängers während der Fahrt getestet und mögliche Probleme oder Abweichungen aufgeschlüsselt. Dabei werden zwei Arten von Routen durchgeführt. Zum einen die Fahrt nach Karte mit gleichzeitig aufzeichnendem Track durch den GPS-Empfänger und zum anderen die Navigation anhand einer im Handgerät gespeicherten Route, die zuvor am Computer ausgearbeitet wurde.

Insgesamt sind vier Routen abgefahren worden, von denen zwei mit aufzeichnendem GPS-Empfänger und zwei als Navigationsroute ausgearbeitet wurden. Es werden zunächst die einzelnen Messfahrten isoliert dargestellt und die wichtigsten problematischen Ereignisse jeder Testfahrt aufgezeigt. Am Ende wird dann in einer zusammenfassenden Darstellung versucht, eine allgemein gültige Aussage sowohl über die praktischen Schwierigkeiten als auch über die Vorteile bei der Verwendung des GPS-Empfängers zu geben.

Zunächst soll nun auf die Fahrten mit interner Trackaufzeichnung eingegangen werden. Damit sollen Aufzeichnungs- und Genauigkeitsfehler aufgespürt, sowie deren mögliche Gründe ermittelt werden. Dies ist grundlegend für die spätere Navigation, da somit mögliche Fehlerquellen auch während der Fahrt schnell erkannt werden können.

9.3.1 Messfahrt 1 und ihre Besonderheiten

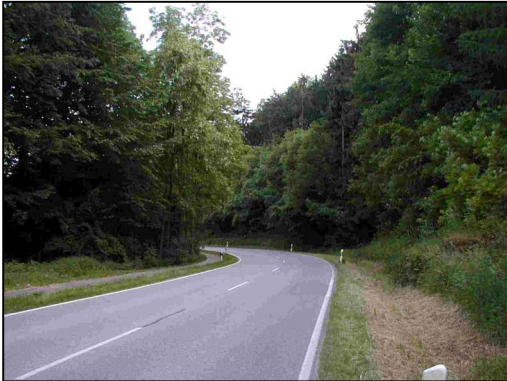
Die erste Testfahrt führte von Winnenden über Marbach am Neckar und Remseck zurück nach Winnenden (siehe Anhang D1). Diese Route wurde bewusst so gewählt, da diese sowohl von der Topografie als auch vom Waldanteil eine relativ einfache Strecke darstellt und somit die Signalabschattungen, die Einfluss auf die Genauigkeit haben, gering sein würden. Als grundlegender Test für die Exaktheit der Aufzeichnungen ist diese somit bestens geeignet. Die Strecke ist charakterisiert durch lange Fahrten auf freier Fläche, wo Signalabschattungen selten erwartet werden und der Waldanteil gleich Null ist. Wichtig war in diesem Zusammenhang, dass die Route für den Autor in bereits bekanntem Gebiet verläuft. Damit können charakteristische Besonderheiten der Strecke berücksichtigt werden, die bei unbekannter Streckenführung nicht beachtet werden können. Mit dieser Testfahrt sollte die Genauigkeit der Aufzeichnung auch im Vergleich mit der vorhandenen digitalen Karte ermittelt werden. Die Fragen, die es zu beantworten galt, enthalten dann auch hauptsächlich Genauigkeitsaspekte:

- Wie genau stimmt der aufgezeichnete Track bei der Auswertung mit der digitalen Karte überein ?
- Gibt es Abweichungen, wo befinden sich diese und wie groß sind sie?
- Warum gibt es gerade dort die Abweichungen (mögliche Erklärung) ?

Der abgearbeitete Kriterienkatalog ist in Anhang D dargestellt und soll im Folgenden in Auszügen näher beleuchtet bzw. aufgeschlüsselt werden. Zunächst werden jedoch in chronologischer Reihenfolge des Auftretens, die einzelnen Abweichungen der Trackaufzeichnung im Vergleich zur digitalen Vektorkarte aufgezeigt und mögliche Erklärungen oder auch Konsequenzen herausgearbeitet.

Messfahrten und Auswertung

Die erste Abweichung von den Strecken der digitalen Karte erhielt man an einem straßenbegleitenden Radweg. Dieser wurde bei der Testfahrt befahren, jedoch wird er bei der Trackauswertung nicht berücksichtigt. Vielmehr wird dabei sogar der Anschein erweckt, man sei auf der vielbefahrenen parallelen Straße gefahren. Dazu ist allerdings zu sagen, dass die Navigation mit dem Fahrrad auch seine berechtigten Grenzen hat. Um nicht die völlige Übersicht auf das Verkehrsgeschehen zu verlieren, sollte es möglich sein, dass straßenbegleitende Radwege selbst erkannt werden. Dies ist sicherlich kein so großes Manko, zumal jedem klar sein muss, dass das GPS-Signal in heutiger Zeit fehlerbehaftet ist.



Auf dem in Abbildung 64 dargestellten Straßenabschnitt kam es zu starken Einflüssen auf den Signalempfang. In Anhang D 1 ist die genaue Trackaufzeichnung zu sehen. Dabei fällt auf, dass sich die Tracklinie mehrfach überschneidet. Dies ist ein deutliches Zeichen für eine starke Signalabschattung. Dennoch kam es in diesem Fall laut aufgezeichneten Daten nicht zu einer vollständigen Signalauslöschung.

Abbildung 64: Signalabschattung durch Waldschneise

Die maximale Abweichung an dieser Stelle betrug 130 m. In Abbildung 64 ist ersichtlich, dass es sich bei diesem Streckenabschnitt um eine Fahrt durch ein Waldstück handelt, das aus Laubbäumen mit dichtem Belaubung besteht. Zwar gibt es nach oben annähernd freie Sicht zum Himmel, aber dies scheint in Bezug auf die Satellitenkonstellation keine Vorteile zu bringen. Der umgebende Laubwald schattet die kompletten Signale ab, so dass die großen Ungenauigkeiten entstehen.

Um diese These zu stützen wurde an der selben Stelle eine Kontrollfahrt unternommen. Diese brachte leicht veränderte Ergebnisse. Zwar bestand immer noch eine starke Abweichung zur Originalstrecke, jedoch nicht mehr in diesem Ausmaß, wie im ersten Test. Allerdings fiel dabei auf, dass selbst der GPS-Empfänger Genauigkeitswerte von ± 8 bis 29m anzeigte. Dies lässt darauf schließen, dass an jener Stelle immer mit starken Ungenauigkeiten zu rechnen ist. Warum gerade in der ersten Testfahrt die Ungenauigkeit allerdings so gravierend war, kann nur vermutet werden. Möglicherweise war die Satellitenkonstellation bei der zweiten Fahrt etwas günstiger oder die Witterung hatte einen Einfluss darauf. Man kann nur sagen, dass bei derartigen Gegebenheiten mit dichtem Laubwald mit Abweichungen zu rechnen ist.

Die dritte Abweichung ergab sich schließlich innerorts. Während der GPS-Empfänger bis dorthin eine lange Strecke entlang des Neckars sehr gute Daten lieferte, die nahezu identische mit der digitalen Kartengrundlage waren, wich er in Remseck am Neckar deutlich ab. In Anhang D 1 (3. Abweichung) zeigt sich, dass der gezeichnete Track zwar zunächst entlang einer Straße eingezeichnet ist, dies ist aber die falsche Straße. Vielmehr wäre die Dorfstraße die richtige gewesen. Dieser Fehler kann natürlich bei einer Navigation in fremdem Gebiet zu Verwirrung führen. Es konnte allerdings noch nicht geklärt werden, ob es sich um einen Kartenfehler oder einen Fehler in der Aufzeichnung handelt. Dabei ist anzumerken, dass Kartenfehler keine Seltenheit sind, wie die nächste Abweichung zeigt.

Häufig werden vor allem in Vektorkarten erhebliche Vereinfachungen miteingearbeitet. Dies führt zu solchen verwirrenden Darstellungen wie in Anhang D 1 (4. Abweichung).

Der aufgezeichnete Track kürzt dabei den Straßenverlauf ab. Wie allerdings aus der Topografischen Karte erkenntlich ist, arbeitet der GPS-Empfänger dort sehr genau und stimmt in der Linienführung sehr genau mit der Wirklichkeit überein. Dies bedeutet, dass man sich nicht hundertprozentig auf die digitale Kartengrundlage verlassen kann.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist auch das Thema Ausschalten des GPS-Empfängers. Mit welcher Genauigkeit wird er dann beim Wiedereinschalten die gleiche Position angeben. Bei der Testfahrt Neckartal wurde das Gerät für ca. 1 Stunde komplett ausgeschaltet. Danach wurde es an der exakt selben Stelle am Fahrradhalter wieder eingeschaltet. Dabei fiel sofort auf, dass die Position von der letzten vor dem Ausschalten abweicht. Dies geschah sowohl bei der Positions- als auch bei der Höhenangabe. Die Position wich um 10 m und die Höhe um 3,5 m ab. In diesem Fall war diese Ungenauigkeit nicht problematisch, zumal nach kurzer Fahrt die richtige Position wieder angezeigt wurde, jedoch kann dies bei der Navigation in völlig unbekanntem Gebiet für den Nutzer verwirrend sein, wenn er laut Empfänger an einer ganz anderen Position steht. Abhilfe kann dadurch geschaffen werden, indem die letzte Position vor dem Ausschalten als Wegpunkt gespeichert wird und nach dem Einschalten manuell die Position über diesen Wegpunkt eingegeben wird. Damit erhält man immer den gleichen Punkt wie vor dem Ausschalten.

9.3.2 Messfahrt 2 und ihr Besonderheiten

In der zweiten Messfahrt kam es nun darauf an, möglichst viele Aspekte in Bezug auf Schwierigkeiten durch GPS-Signale zu ermitteln. Es wurde deshalb eine Teststrecke ausgewählt, die alle Facetten einer abwechslungsreichen Radtour mit einschließt. Dazu gehört u.a. eine lange Fahrt durch dichtes Waldgebiet, Durchfahren eines engen Tales mit und ohne Waldeinfluss, sowie natürlich lange Strecken in freiem Gelände. Die Messfahrt führte somit von Winnenden über Ebersberg und Rudersberg zurück nach Winnenden. Auch hier kann die genaue Route in Anhang D 2 eingesehen werden.

Auf den ersten 20 Kilometern waren bei der Auswertung der Aufzeichnung keinerlei Fehler zu erkennen. Der aufgezeichnete Track konnte ohne Probleme auf die Wege und Straßen der digitalen Karte gelegt werden (Anhang D 2, Genauigkeit 1). Dabei handelte es sich um Strecken auf freier Fläche mit Signalempfang von bis zu 9 Satelliten und bebautem Gebiet mit niedriger Wohnbebauung. Die Signalabschattung hält sich in diesem Fall sehr in Grenzen, so dass ein optimaler Einsatz des Gerätes gewährleistet ist.

Erst an der Stelle, wo die Streckenführung große Entfernungen in Waldgebieten zurücklegt, kommt es zu Abweichungen in der Trackaufzeichnung. Diese sind aber nicht so groß, wie in der Literatur teilweise berichtet. In diesem Fall handelt es sich bei der Art des Waldes erneut um Laubwald, der im Welzheimer Wald deutlich überwiegt. Im Bereich des Naherholungsgebietes des Ebnisees waren die Bedingungen für den Empfang der Satellitensignale noch etwas verschärfter. Neben dem dort vorherrschenden Waldgebiet, wurde der Satellitenempfang auch noch durch ein enges Tal begrenzt. Dadurch wurde die Fläche am Himmel zum Empfang der Signale nochmals verkleinert. Es konnte somit nur zu starken Ungenauigkeiten in der Aufzeichnung kommen. In Anhang D 2, Abweichung 1 ist die Situation an dieser Stelle kartografisch dargestellt. Die maximale Abweichung beträgt dort 40 m. Dies ist ein Wert, der in der späteren Navigation durchaus Probleme bereiten könnte, wenn innerhalb solcher schwieriger Gebiete Abzweigungen erkannt werden müssen. Einschränkung lässt sich allerdings auch bemerken, dass in derartigen Gebieten, Abzweigungen nicht in so kurzen Abständen folgen, als dass die richtige Abzweigung auch mit dieser Abweichung nicht gefunden werden kann.

Durch diese Charakteristik von ländlichen Gebieten kann auch eine große Abweichung in der Positionsgenauigkeit in Kauf genommen werden. Durch Verstellen des Zoomfaktors der Karte des GPS-Empfängers auf einen ungenaueren Wert, kann diese Ungenauigkeit auch subjektiv etwas korrigiert werden. Probleme gibt es wirklich dann, wenn Abzweigungen in dichtem Waldgebiet dicht aufeinander folgen.

In Anhang D 2, Abweichung 2 wird verdeutlicht, wie die Navigation mit Karte aussieht. Durch fehlende Beschilderung an Abzweigpunkten wurde auf dieser Testfahrt zwei Mal die falsche Richtung eingeschlagen. Erst nach ca. einem Kilometer wurde dieser Irrtum erkannt. Anhand der mitgeführten Karte konnte nach kurzer Orientierung der richtige Weg gefunden werden. Mit Hilfe des GPS-Empfängers hätte der richtige Weg schon früher gefunden werden können bzw. wäre der Irrtum schon nach wenigen Metern erkannt worden. Dies wird in Messfahrt 4 im weiteren Verlauf dieser Arbeit an der gleichen Stelle durch Probanden bewiesen.

Nachdem der Hätetest des dichten Waldgebietes im Welzheimer Wald bewältigt war, bestand die weitere Streckencharakteristik aus freier Fläche und bebautem Gebiet. Dies wird hier nicht mehr weiter aufgeschlüsselt, da jetzt die Aufzeichnung des GPS-Empfängers wieder exakt arbeitete.

Zu dieser Messfahrt kann folglich abschließend gesagt werden, dass der GPS-Empfänger wiederum auf freier Fläche ohne Probleme arbeitete, während in Waldgebieten, wie auch erwartet, größere Abweichungen zu erkennen sind. Allerdings kam es dabei in keinem Fall zu einer kompletten Signalauslöschung, so dass zumindest die korrekte Richtung erkannt werden konnte. Mit einer genaueren Karte auf dem Display, kann sicherlich auch recht gut navigiert werden. Dies wird allerdings, wie bereits erwähnt in Messfahrt 4 genauer unter die Lupe genommen. Dort wird ein Teil der hier dargestellten Strecke von Testfahrern mit Hilfe des GPS-Empfängers und ohne Kartenhilfe bewältigt.

9.3.3 Messfahrt 3 und ihre Besonderheiten

Eine ganz besondere Herausforderung war die dritte Messfahrt. Hierbei sollte erstmals die Navigation mit Hilfe des GPS-Empfängers getestet werden. Dafür wurde eigens eine Route ausgesucht, die für den Autor in den meisten Bereichen unbekanntes Gebiet darstellt. Daher wurde als Teststrecke eine Route auf den Fildern bei Stuttgart ausgewählt. Diese führte vom Ausgangspunkt Wolfschlugen über das Aichtal und Filderstadt-Plattenhardt zurück nach Wolfschlugen.

Vorbereitet wurde diese Route mit der vorhandenen Software, das heißt der digitalen topografischen Radwanderkarte und dem Kartenmaterial für die FUGAWI-Software (Europa I von Tele Atlas). Auf diese Erstellung des Navigations-Tracks soll nun kurz eingegangen werden.

Als erste Grundlage diente die digitale topografische Radwanderkarte, da dort die meisten vorhandenen Radwege in Form einer grünen Kennzeichnung dargestellt werden. Anhand dieser wurde die Strecke über einen Linienzug mit zahlreichen Zwischenpunkten erstellt. Dabei musste jede Kurve oder Abzweigung relativ genau nachgezeichnet werden, damit die spätere Navigation nicht durch Ungenauigkeiten beeinträchtigt wird. Dieser Vorgang dauerte ca. 25 Minuten. Daraufhin wurde der eingezeichnete Linienzug in den Garmin eTrex Vista geladen. Leider speichert dieser nur die eingezeichneten Zwischenpunkte und nicht den gesamten Linienzug.

Messfahrten und Auswertung

Eine Navigation anhand der gespeicherten Zwischenpunkte ist allerdings nicht zu empfehlen, da es für den Nutzer zu ungenau ist, zumal bei großen Abweichungen durch mögliche Signalabschattung die Orientierung zum nächsten Wegpunkt schwierig sein kann. Des Weiteren wäre damit eine große Ablenkung vom Straßenverkehr verbunden, da immer der nächste Wegpunkt gesucht werden müsste.

Somit muss also noch ein Zwischenschritt eingebaut werden, ehe mit einer sinnvollen Navigation begonnen werden kann. Die gesamten Wegpunkte müssen in die FUGAWI-Software geladen werden. Mit Hilfe der „Europa I“-Karte von Tele Atlas können dann die einzelnen Wegpunkte in ihrer Reihenfolge durch einen Linienzug (Track) verbunden werden und damit auch die Genauigkeit der Darstellung nochmals kontrolliert werden. Da diese „Europa I“-Karte allerdings nur Straßen für den Kfz-Verkehr und somit keine Radwege beinhaltet, kann bei Radwegen die Genauigkeit nicht kontrolliert werden, sondern man muss die Daten aus der topografischen Karte übernehmen und auf die Korrektheit des Maßstabs von 1:50.000 vertrauen.

Nachdem der Track in der FUGAWI-Software erstellt wurde, wird dieser auf den GPS-Empfänger geladen. Beachten muss man dabei, dass der eTrex nur 250 Trackpunkte in einem File speichern kann. Man muss somit die Strecke in einzelne Abschnitte mit maximal 250 Trackpunkten unterteilen. Dies ist in sofern kein Problem, da der GPS-Empfänger bis zu 20 Tracks dieser Art speichern kann. Nach dem Speichern der Teilabschnitte werden diese auf dem Karten-Display des eTrex aufgerufen und angezeigt. Auf dem Display wird dann ein Linienzug dargestellt, den es abzufahren gilt. Dazu läuft während der Fahrt ein Richtungspfeil mit, der die aktuelle Richtung anzeigt und unter dem der Linienzug durchwandert. Die Navigation kann damit von der Kartenseite her beginnen.

Um die Navigation am Startpunkt allerdings wirklich beginnen zu können, muss noch die Höhe kalibriert werden, um genaue Höhenangaben während der Fahrt zu erhalten. Bei dieser Testfahrt wich die vom GPS-Empfänger ermittelte Höhe am Ausgangspunkt um 6 m ab. Ohne Kalibrierung würden alle anderen Höhenangaben ebenfalls fehlerhaft sein. Mit der Kalibrierung allerdings zeigt sich, dass die Höhe durchaus zuverlässig und annähernd exakt angezeigt wird. Dies wurde bei der Messfahrt an vier vorgegebenen Punkten kontrolliert. Dazu waren die genauen Koordinaten und die exakte Höhe aus der digitalen Karte abgelesen worden. Im Bereich der Testpunkte wurden deren Koordinaten im Feld gesucht und die dortige Höhe am Boden abgelesen. Dabei wich die Angabe um maximal einen Meter von der aus der Karte ermittelten ab. Dies ist ein hervorragender Wert. Es ist somit vor einer Navigation immer wichtig, die Höhe des Startpunktes zu wissen.

Nachdem alle Einstellungen und Kalibrierungen am Gerät durchgeführt wurden, kann die Fahrt beginnen. Bei dieser Messfahrt ergab sich bereits zu Beginn ein Problem. Der Richtungspfeil auf dem Display zeigte anfangs die falsche Fahrtrichtung an, obwohl keine Signalabschattung vorherrschte. Es ist zu vermuten, dass der im Empfänger eingebaute elektronische Kompass durch äußere Einflüsse gestört wurde. Nachdem der eTrex Vista von der Fahrradhalterung genommen wurde, fiel allerdings auf, dass die Fahrtrichtung wieder korrekt angezeigt wurde. Dies lässt zunächst darauf schließen, dass die Störung vom Material des Lenkers herrührt. Beim Wiederanbringen des Empfängers an der Fahrradhalterung ergab sich nämlich erneut der gleiche Fehler. Diese Hypothese widerspricht sich jedoch mit der Tatsache, dass dieses Problem nur höchst selten auftritt, meist sogar nur bei starker Signalabschattung. Die Hypothese könnte gestützt werden, wenn dieser Fehler ständig bei Stillstand auftreten würde, was allerdings nicht der Fall ist.

Messfahrten und Auswertung

Da dieser Fehler zu diesem Zeitpunkt nicht ausschaltbar war, wurde die Fahrt fortgesetzt. Und siehe da, nach einigen hundert Metern „erholte“ sich der Kompass, so dass er im weiteren Verlauf der Strecke die Fahrtrichtung exakt anzeigte. Warum dies allerdings so ist, kann vom Autor nicht ausreichend erklärt werden, zumal hier die genaueren technischen Daten des Gerätes fehlen.

Im weiteren Verlauf der Route kam es dann immer wieder zu gewissen Navigationsproblemen. Auf diese wird im Folgenden wieder in chronologischer Reihenfolge des Auftretens eingegangen.

Das erste Problem ergab sich aufgrund der wenig exakten Darstellung der Fahrtrichtung auf dem Display. Die richtige Fahrtrichtung war nicht sofort zu erkennen, so dass zunächst die falsche Richtung eingeschlagen wurde, diese aber nach kurzer Distanz wieder korrigiert werden konnte. In Abbildung 65 ist die Situation und in Anhang C 3 sind die ausgewerteten Daten anhand der digitalen Karte dargestellt. Bei dieser Art von Problem fällt auf, dass die Richtungsänderung im zu navigierenden Track zwar vorhanden ist, diese allerdings zu gering ist, so dass sie auf dem Display bei der Fahrt kaum erkennbar ist. Des Weiteren ist in dieser Situation auch der abzweigende Weg nicht unbedingt sofort erkennbar. Dies bedeutet, dass an Stellen mit kleinen Richtungsänderungen, der Track in der digitalen Karte übertrieben eingezeichnet werden muss, um dem Nutzer die Abzweigung von der bisherigen Strecke auf dem Display zu verdeutlichen.

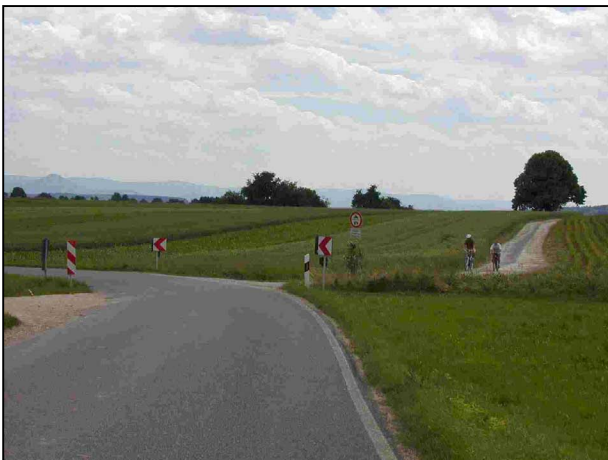


Abbildung 65: *problematischer Abzweigepunkt*

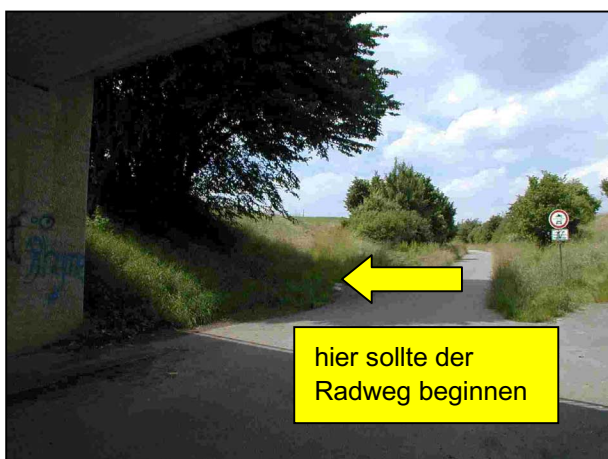


Abbildung 66: *In Karte verzeichneter aber in der Realität nicht vorhandener Radweg*

Messfahrten und Auswertung

Das nächste Problem bestand in Form eines Kartenfehlers der topografischen Radwanderkarte. Dort ist ein Radweg eingezeichnet, der aber in der Realität überhaupt nicht existiert. In Anhang C 3 (Problem 2) ist dieser Kartenausschnitt dargestellt und der besagte Radweg markiert. Abbildung 66 zeigt die tatsächliche Situation in diesem Bereich. Auf dem linken Bild wird der Beginn des in der Karte eingezeichneten Radweges aufgezeigt, während im rechten Bild der Rest dieses Radweges am anderen Ende ersichtlich ist.

Scheinbar bestand dort bisher noch kein Weg, so dass es unverständlich ist, wie ein solcher Kartenfehler auftreten kann. In diesem Fall war allerdings der GPS-Empfänger mit seiner Kartendarstellung eine große Hilfe. Auf normalen Radtouren hätte man jetzt eine Karte benötigt. Mit dem kartenunterstützten Empfänger und dem dargestellten Track kann allerdings ohne größeren Halt weitergefahren und die nächste Abzweigung benutzt werden, denn man hat auf dem Display den weiteren Fahrtverlauf eingezeichnet. Diesem muss man sich nun wieder annähern. Dies kann zwar einige Zeit dauern, aber verfahren kann man sich eigentlich nicht. In Anhang C 3 (Problem 2) ist der alternativ gefahrene Weg eingezeichnet, und man sieht, dass der vorgegebene Weg relativ schnell wieder erreicht wurde.

Auf einer folgenden längeren Strecke von einigen Kilometern bis nach Filderstadt-Plattenhardt ergaben sich hinsichtlich der Navigation keinerlei Probleme. Zwar wich der gefahrene Weg häufiger einmal vom eingezeichneten ab, dies wirkte sich aber auf die Orientierung in keinsten Weise aus. Wenn die Abweichung zwischen gefahrenem und eingezeichnetem Weg auf dem Display sehr groß ist, kann man sich eines Tricks bedienen. Da GPS-Abweichungen in heutiger Zeit normal sind, sollte man den Zoomfaktor der Karte im GPS-Empfänger verkleinern. Damit rücken beide Linien wieder näher zusammen, so dass zumindest bei Fahrt in freiem Gelände, wo relativ wenige Abzweigungen vorherrschen, die Orientierung gewährleistet wird.



Abbildung 67: Unübersichtliche Abzweigung

Erst in Filderstadt-Plattenhardt ergab sich dann wieder ein größeres Problem beim Bezug zwischen Kartendarstellung und Wirklichkeit. Auf den digitalen Karten war deutlich ein Radweg eingezeichnet, der auch für die Navigation verwendet werden sollte. Dieser war jedoch bei der Durchführung der Testfahrt nicht auffindbar, da die Abzweigung von parkenden Autos verdeckt wurde (Abbildung 67). Ein Vorbeifahren war die Folge. Doch auch hier wurde der richtige Weg nach kurzer Zeit wieder gefunden, wie Anhang C 3 (Problem 3) zeigt, dieses Mal sogar in bebautem Gebiet mit deutlich mehr Abzweigungsmöglichkeiten. Dies geschah wiederum durch Orientierung am vorgegebenen Track und nachfolgender Annäherung durch geeignete Streckenwahl. Eine komplette Orientierungslosigkeit war somit auch hier nicht möglich.

In diesem Zusammenhang sei auch noch gesagt, dass dieses Problem weniger etwas mit der Satellitennavigation zu tun hat, als vielmehr mit einem Ablesefehler des Nutzers.

Ein weiteres Problem ergab sich in Stetten auf den Fildern. Dort konnte der abzweigende Radweg ebenfalls nicht erkannt werden. Die dortige Situation veranschaulicht bildlich Abbildung 67 und kartografisch Anhang C 3 (Problem 4). Wie sich zeigt, kann der hinter den Mülltonnen abzweigende Weg von einem ankommenden Radfahrer nicht identifiziert werden,

Messfahrten und Auswertung

obwohl der GPS-Empfänger eine Abzweigung anzeigt. Des Weiteren ist auch die gefahrene Geschwindigkeit an dieser Stelle enorm hoch, da es sich um ein starkes Gefälle handelt. Bei höherer Geschwindigkeit wird es natürlich auch ungleich schwerer, auf dem Display des GPS-Empfängers den genauen Abzweigpunkt zu erkennen. Häufig ist man dann schon am Ziel vorbei, ehe man die Anzeige erneut kontrolliert. Allerdings ist dies an jener Stelle nicht das große Problem, da nach einigen Metern durch den mitgezeichneten Track klar wird, dass der falsche Weg eingeschlagen wurde.

Man kann dann wenden und zum Abzweigpunkt zurückkehren, ohne dass ein langes Suchen des richtigen Weges anhand einer Karte oder durch lange Orientierungsphasen nötig wäre. Auch dieses Problem hat weniger etwas mit der Satellitennavigation zu tun, als vielmehr mit der Unübersichtlichkeit der Strecke und der Radverkehrs-führung.



Abbildung 68: unübersichtliche Abzweigung durch fehlende Beschilderung

Auf dem folgenden Streckenabschnitt ergab sich schließlich noch ein grober Fehler in der Kartendarstellung der im eTrex Vista enthaltenen Basicmap. Die unterquerte Bundesstraße 27a wurde auf dem Karten-Display an einer völlig anderen Stelle angezeigt, als dies in Wirklichkeit der Fall ist. Durch Setzen zweier Wegpunkte durch den GPS-Empfänger konnte die Abweichung bei der Auswertung ermittelt werden. In Anhang C 3 (Problem 4) ist diese auf der Vektorkarte dargestellt. Der Kartenfehler beträgt dabei 430 m. Dies kann für den Nutzer ein erhebliches Orientierungsproblem geben. In diesem Fall wäre es wahrscheinlich besser, die fälschliche Basicmap ganz wegzulassen, um Verwirrungen vorzubeugen. Es zeigt sich somit wieder, dass nicht die Navigation selbst das Problem darstellt sondern in großem Umfang die Kartengrundlage.

9.3.4 Messfahrt 4 und ihre Besonderheiten

Bei dieser Messfahrt waren Probanden-Meinungen gefragt. Ein vom Autor entworfener Routenplan sollte zumindest in Teilen von Probanden navigiert werden. Als Testpersonen erklärten sich die Assistenten Dipl.-Ing. Peter Schick und Dipl.-Ing. Michael Kurrer vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart bereit. Diese erhielten eine kurze Einführung in die Bedienung des Garmin eTrex Vista. Schon bei der Erklärung der Funktionen meinten beide, dass die Bedienung sehr einfach gestaltet und für jedermann verständlich sei, der sich etwas mit dieser Materie beschäftigt.

Messfahrten und Auswertung

Die Fahrt sollte für beide Probanden durch unbekanntes Gebiet führen, um die Tücken der Navigation mittels GPS-Empfänger kennenzulernen. Die Route führte deshalb auch in für die Navigation recht schwieriges Gebiet mit hohem Waldanteil. Damit sollte ermittelt werden, ob auch bei völliger Unkenntnis der Umgebung eine brauchbare Navigation möglich ist und ob die vorgegebene Strecke eingehalten werden kann. In allen vorherigen Messfahrten wusste der Autor bereits in Teilen etwas über die Streckenführung, entweder durch Ortskenntnis oder durch das bloße Einzeichnen des Tracks in die digitale Karte. Hier jedoch wussten die Testpersonen nur den Start- und Zielpunkt, der Rest der Strecke war für beide völliges Neuland.

Die Route führte also von Winnenden über Rudersberg, Welzheim und Schorndorf zurück nach Winnenden (Übersichtsplan siehe Anhang C 4). Die entworfene Route teilten sich die beiden Testfahrer auf, so dass jeder über eine ausreichend lange Strecke das Gerät testen konnte. Beide hatten dabei Bereiche zu durchfahren, in denen es zu Schwierigkeiten in der genauen Navigation kommt. Nach der kurzen Einführung in die grundlegenden Bedienelemente des eTrex Vista durch den Autor, wurde die Fahrt in Winnenden begonnen. Beide Testpersonen gewöhnten sich laut eigener Aussage sehr schnell an die Funktionsweise des Gerätes, da es in den meisten Fällen selbsterklärend ist.

Ab Winnenden-Höfen übernahm M. Kurrer das Gerät und versuchte dem eingezeichneten Linienzug entlangzunavigieren. Dies funktionierte auch recht gut, wenn auch häufig der Blick auf das Display erfolgen musste. Dies ist allerdings nur auf die fehlende Routine zurückzuführen. In Winnenden-Birkmannsweiler bog Michael Kurrer absichtlich von der vorgegebene Route ab, um zu testen, in wieweit die falsche Richtung auf dem Display zu erkennen ist. Nach wenigen Metern kehrte er zurück, mit der Erkenntnis, dass diese Falschfahrt durch den vom GPS-Empfänger aufgezeichneten Track schnell erkannt werden konnte. Dabei weicht dieser Linienzug in seiner Richtung sehr stark vom vorgegebenen ab (hier um über 90°). Auf den folgenden 5 Kilometern bestanden keine Probleme mehr im Auffinden der richtigen Strecke. Der eTrex Vista arbeitete zuverlässig und sehr verständlich.

Erst in Rettersburg ergab sich ein für die Testpersonen zunächst erhebliches Problem. Eine Baustelle verhinderte die weitere Navigation anhand des Empfängers. Da jedoch auf dem Karten-Display der weitere Fahrtverlauf angezeigt wird, konnte durch Suchen eines an der Baustelle vorbeiführenden Weges die vorgezeichnete Route sehr schnell wieder gefunden werden. Dies wurde auch von beiden Testpersonen als vorteilhaft bezeichnet, da dann auch in einer derartigen Situation keine Karte benötigt wird. Um die exakte Route wiederzufinden, muss dazu der Zoomfaktor des Karten-Displays vermindert werden. Dadurch kann dann die einzuschlagende Richtung abgelesen werden. Durch das Mitzeichnen des gefahrenen Tracks durch das Handgerät kann die eingeschlagene Richtung auch im Bedarfsfall korrigiert werden.

Auf den dann folgenden Kilometern wurde ein Waldgebiet mit dichtem Laubwald durchquert. Die Positionsgenauigkeit war zwar nicht mehr so exakt, allerdings noch genau genug, um den richtigen Weg zu finden. Erst an einer Weggabelung mit sternförmig abgehenden Wegen, war die Orientierung kurzzeitig dahin. Hierbei war die korrekte Richtung aufgrund der Darstellung auf der Anzeige nicht mehr gegeben. In dieser Situation bestand nur die Möglichkeit, durch Wahl einer Richtung, den richtigen Weg zu finden. Dies war auch relativ einfach möglich. Nachdem der erste eingeschlagene Weg offensichtlich aufgrund der Aufzeichnung der falsche war, konnte Michael Kurrer den richtigen dann allerdings sofort lokalisieren so dass die Fahrt doch ohne größere Verzögerung fortgesetzt werden konnte.

Messfahrten und Auswertung

An dieser Stelle ging dann auch der eTrex Vista an Peter Schick über. Dieser bekam es gleich mit dem nächsten Problem zu tun. Durch die Abschattung des Signals aufgrund des Waldes wurde die aktuelle Position zu spät ermittelt, so dass eine Abzweigung bereits verpasst wurde. Es kam zu einem Sprung in der Aufzeichnung. Nachdem das Signal aber wieder übertragen wurde, konnte sehr schnell erkannt werden, dass die falsche Richtung eingeschlagen wurde, so dass nach ca. 50 m gewendet werden konnte. Bis Rudersberg bestand schließlich kein Problem mehr in der Bedienung und der Navigation mit dem Gerät. Jede Richtungsänderung auf dem Display stimmte mit der Realität überein.

Nachdem Rudersberg durchfahren war, erreichte die Route die Strecke der Messfahrt 2, bei der es erhebliche Probleme durch Ungenauigkeiten bei der Trackaufzeichnung gab. Durch diese Messfahrt sollte nun ermittelt werden, ob trotz der großen Abweichungen in der Positionsbestimmung eine vernünftige Navigation möglich ist. Nachdem Michael Kurrer den eTrex Vista wieder übernommen hatte, wurde das Waldstück durchfahren. Am Anfang gab es dabei kaum Probleme mit der Genauigkeit. Je weiter allerdings in den Wald hinein gefahren wurde, desto ungenauer wurde die Darstellung. Dies wirkte sich bei der ersten Abzweigung auch aus. Dort konnte der Proband zunächst nicht erkennen, wo der vorgegebene Weg entlangführt. Durch erneutes Ausprobieren einer Richtung konnte allerdings, obwohl die Abschattung sehr groß war, die Fahrtrichtung eindeutig ermittelt werden. Dies ist zwar etwas mühsam, allerdings immer noch besser, als sich in einer Karte erst einmal orientieren zu müssen.

Nach Durchqueren dieses großen Waldstückes, wurde von den Probanden vorgeschlagen, die vorgegebene Route zu verlassen und einen dort abzweigenden Weg zu verwenden. Damit sollte getestet werden, ob ein Auffinden des vorgegebenen Weges auch über längere Strecken möglich ist. Dies erwies sich jedoch als schwierig. Da viele Wege in diesem Bereich im Nichts endeten, war ständiges Wenden die Folge. Zwar wurde nach unzähligen Wendemanövern der eingezeichnete Track wieder gefunden, dies war allerdings für alle Beteiligten eine kleine Tortur. Allerdings fiel dabei auch auf, dass eine Orientierung anhand einer Karte ebenso schwer gewesen wäre, da die genaue Position selbst in der Karte nicht exakt ermittelt werden konnte. Auf dieser Strecke gab es auch überhaupt keine Anhaltspunkte über den genauen Standpunkt. Dies bedeutet, dass es nicht erstrebenswert sein kann, die erarbeitete Route zu verlassen.

Im weiteren Verlauf der Strecke arbeitete der GPS-Empfänger wieder exakt, so dass bis auf wenige Ausnahmen eine eindeutige Orientierung möglich war, so dass anhand der Navigationsdaten der Ausgangspunkt ohne Probleme wiedergefunden werden konnte

Eine spätere Befragung der beiden Probanden ergab, dass beide überrascht waren, wie einfach eine solche Routenführung mit dem GPS-Empfänger abläuft. Sie hatten mit deutlich mehr Problemen in der Bedienung und im Auffinden des korrekten Weges gerechnet. Selbst bei großen Abweichungen der Position von der Realität konnte die Weiterführung der Strecke erkannt werden. Es kommt dabei zwar kurzzeitig zu Verwirrungen, allerdings lösen sich diese nach kurzer Zeit wieder auf. Mängel sahen beide auch weniger in der Bedienung des Gerätes als vielmehr in der ungenauen und teilweise inkorrekten Kartendarstellung der Basemap. Die Darstellung der dort vorhandenen Symbole ist teilweise auch nicht unbedingt selbsterklärend. An manchen Stellen kam immer wieder die Frage auf, was auf dem Kartendisplay eigentlich als Information angezeigt wird. Manche Linien konnten keiner räumlichen Gegebenheit in der Realität zugeordnet werden. Auch fiel auf, dass in bestimmten Gebieten der Icon für die Richtungsanzeige nicht korrekt arbeitete. Zwar zeichnete der Empfänger in seinem mitlaufenden Track die richtige Fahrtroute ein, jedoch zeigte die Pfeilspitze des Icons eine davon abweichende Richtung an.

Beide Testfahrer bescheinigten dem eTrex Vista eine überaus einfache Bedienung und Routenführung, die jeden ohne allzu großen Aufwand von Punkt A nach Punkt B bringt. Es wird auch davon ausgegangen, dass diese Methode der Navigation im Radverkehr durchaus praktikabel sein kann, wenn ein entsprechender Markt dafür gefunden wird.

9.4 Messfahrten in städtischem Gebiet

Ähnlich wie in Freizeitgebieten sollte im weiteren die Funktion des GPS-Empfängers auch in Innenstadtbereichen getestet werden. Städtisch bedeutet in diesem Fall im Vergleich zum ländlichen Bereich einen Anteil bebauten Gebiets von annähernd 100 Prozent. Dort ist anzunehmen, dass sich das Gerät wieder völlig anders verhält, da ständige Abschattungen der Satellitensignale durch die Häuser beziehungsweise gesamten Häuserschluchten zu erwarten sind. Zu diesem Zweck wurden zwei erneut zwei Arten von Testfahrten unternommen. Diese entsprechen vom Prinzip der Vorgehensweise in Freizeitgebieten. Zuerst wird ein vom GPS-Empfänger aufgezeichneter Track ausgewertet und schließlich eine Navigations-Fahrt mit unbekannter Route durchgeführt. Beide Aufzeichnungen wurden in Stuttgart unternommen, wo auch von der Topografie erschwerte Bedingungen durch die Kessellage vorzufinden sind. Im Folgenden werden beide Messfahrten genauer beleuchtet.

9.4.1 Messfahrt 1 und ihre Besonderheiten

Um einen Überblick über die Aufzeichnungen und deren Abweichungen von der digitalen Karte zu erhalten, wurde in Stuttgart eine willkürliche Strecke abgefahren, die wiederum alle Facetten von möglichen Schwierigkeiten beinhaltet. So führte diese Testfahrt von der Universität Stuttgart in der Seidenstraße über den Hauptbahnhof durch den Stadtgarten und den Rosensteinpark bis hin zum Cannstatter Wasen. Der genaue Routenverlauf ist in Anhang E 1 verzeichnet. Damit umfasst die Strecke neben einer Fahrt durch dichte Bebauung auch einen Abschnitt durch Parkgelände mit starkem Baumbestand. Des Weiteren führt die Fahrt auch an Bahngelände sowie stark befahrenen Straßen vorbei. Die gesamte Auswertung wird wiederum in chronologischer Reihenfolge abgearbeitet. Auf die genaue Darstellung innerhalb des Kriterienkataloges wurde bei dieser Fahrt verzichtet.

Die Fahrt begann am Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart in der Seidenstraße. Von dort aus ging es über normale und vielbefahrene Straßen Richtung Hauptbahnhof. Dort ergab sich sehr dichte Bebauung, die einen Test der Signalabschattung durch Häuserschluchten zuließ. Das in der Literatur angegebene Problem der Aufzeichnungsungenauigkeit durch Abschattung von Häusern kann in diesem Test teilweise bestätigt werden, allerdings nicht so stark wie befürchtet. Vor allem zwischen hohen Häusern bekommt das GPS-System erhebliche Probleme

Der aufgezeichnete Track entsprach im Großen und Ganzen der kartografischen Darstellung in der vorhandenen Vektorkarte. Dies zeugt schon von einer relativ genauen Aufzeichnung trotz umgebender Bebauung. Einzig an zwei Stellen wurde die Messung ungenau und teilweise kam es dort auch zu einer kompletten Signalauslöschung. Abbildung 69 zeigt im linken Bild den ersten Abschnitt mit groben Messfehlern. Dieser Bereich liegt zwischen sehr dichter und verhältnismäßig hoher Bebauung. Dies führte dazu, dass das Satellitensignal kaum empfangen werden konnte. Der Effekt des Multipath und der Signalabschattung war

Messfahrten und Auswertung

die Folge. An dieser Stelle konnte der GPS-Empfänger deshalb seine Position nicht mehr ermitteln, er fiel aus. Erst nachdem diese Stelle passiert war, konnte eine erneute Positionsbestimmung erfolgen, die auch annähernd exakt war.

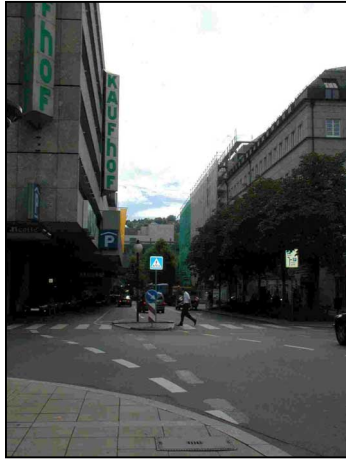


Abbildung 69: links: Abschattung in Häuserschluchten
rechts: Alleenartiger Radweg

Im Bereich des rechten Bildes ergab sich der gleiche Effekt der ungenauen Messung. Die Fahrt führte in diesem Falle durch das Parkgebiet des Rosensteinparks in Stuttgart. Während im größten Teil des Parks die Aufzeichnung reibungslos erfolgte, kam es auf dieser alleenartigen Strecke zu erheblichen Problemen. Über eine Strecke von 500 m verlor der eTrex Vista sogar völlig das Satellitensignal. Der Grund für diesen Ausfall scheint relativ schnell hergeleitet. Wie auf dem Bild ersichtlich, handelt es sich hier um dicht stehende Alleebäume mit weit herabhängendem Laub. Damit ergibt sich der gleiche Effekt, wie in Waldgebieten mit tiefer Belaubung. Das Satellitensignal kann durch das vorherrschende dichte Laub nicht oder nur sehr schwer hindurchdringen. Allerdings ist es erstaunlich, dass an dieser Stelle das komplette System ausgefallen ist. Da es sich um einen Alleenweg handelt, stehen nicht, wie im Wald, mehrere Bäume versetzt hintereinander, so dass eine Signalauslöschung erwartet werden kann, sondern es handelt sich jeweils um einen Baum, der das Signal stört. Es könnte deshalb auch sein, dass das parallel dazu verlaufende Bahngelände durch seine Leitungen ebenfalls Einfluss auf den GPS-Empfang hat.

Im weiteren Verlauf der Strecke konnte die Position dann wieder exakt angezeigt werden. Einzig die Kartengrundlage der Basemap war wieder derartig ungenau und dieses Mal sogar völlig falsch. Im Bereich von Bad Cannstatt wurden die Bundesstraßen 10 und 14 links- und rechtsseitig des Neckars aufgeteilt. In der Realität allerdings sind beide an dieser Stelle miteinander vereint. Dies stellt für den ortsunkundigen Nutzer vielleicht nicht einmal ein Problem dar, da Bundesstraßen nicht mit dem Fahrrad befahren werden dürfen. Für den zumindest in Teilen Ortskundigen allerdings kann dies zu erheblichen Orientierungsproblemen führen.

9.4.2 Messfahrt 2 und ihre Besonderheiten

Die zweite Testfahrt innerhalb städtischem Gebiet sollte erneut, wie im ländlichen Bereich, die Praxistauglichkeit von GPS-Empfängern im Radverkehr durchleuchten. Dazu wurde am heimischen PC eine Strecke entworfen, die es mit Hilfe des GPS-Empfängers abzufahren galt. Der Verlauf der Route wurde dabei so bestimmt, dass dieser dem Testfahrer zuvor nicht bekannt war. Das heißt, es wurde ein willkürlicher Verlauf der Strecke in die Vektorkarte eingetragen, ohne dass die genauen Abzweigpunkte schon im Voraus bekannt waren. Der genaue Streckenverlauf ist in Anhang E 2 verzeichnet.

Der Ausgangspunkt war erneut der Lehrstuhl für Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart in der Seidenstraße (siehe Abbildung 70). Um von dort die Navigation durchführen zu können, war es zunächst einmal nötig, dass der eTrex Vista seine aktuelle Position annähernd genau bestimmen kann, um den exakten Ausgangspunkt zu finden. Dabei gab es bereits das erste Problem. Da sich im Bereich der Seidenstraße hohe Gebäude befinden, ist die Abschattung für eine Ausgangspunktbestimmung zu groß, so dass sehr ungenaue Werte ermittelt werden, die für die Bestimmung des Ausgangspunktes nicht ausreichen.



Abbildung 70: *Ausgangspunkt für die Navigation in der Seidenstraße*

Für den GPS-Empfänger ist es nach dem erstmaligen Einschalten vor der Navigation sehr wichtig, dass er große Flächen freien Himmels zur Verfügung hat, um möglichst viele Satelliten verwenden bzw. die günstigste Satellitenkonstellation nutzen zu können. Im zweiten Schritt war es dann nötig, den GPS-Empfänger in seiner Höhe zu kalibrieren.

Dazu war die genaue Höhe des Ausgangspunktes anhand der topografischen Karte ermittelt worden. Danach konnte die Navigation beginnen.



Abbildung 71: *sternförmige Verzweigung von Straßen*

Am Anfang lief dies wie im ländlichen Bereich auch sehr gut. Die zu fahrende Wegstrecke wurde ohne größere Probleme gefunden. Die Abschattung durch die dichte Bebauung in der Stuttgarter Innenstadt war so gering, dass kaum Fehlaufzeichnungen zu verzeichnen waren. Die Bedienung des Gerätes war während der Fahrt wieder sehr einfach, allerdings muss eingefügt werden, dass in städtischem Gebiet die Ablenkung vom Verkehrsgeschehen ungleich größere Auswirkungen hat als bei der Fahrt in Freizeitgebieten. Durch die ständig vorhandenen Abzweigmöglichkeiten muss häufig das Display zur Informationsgewinnung in Anspruch genommen werden, so dass erhebliche Unaufmerksamkeiten in Bezug auf den

Messfahrten und Auswertung

Straßenverkehr die Folge sind. In manchen Fällen, auf vielbefahrenen Straßen oder bei „Rechts-vor-Links“-Regelungen, kann vermutlich die Verkehrssicherheit nicht mehr voll gegeben sein.

Das erste Problem während der Navigation betraf eine Abzweigungsmöglichkeit. Dabei stellte sich eine Situation ähnlich Abbildung 71 dar. In kurzen Abständen gab es mehrere Abzweigungsmöglichkeiten. Da die Genauigkeit der Darstellung auf dem Display nicht vollständig ausreicht und der Sachverhalt auf die Schnelle während der Fahrt nicht erkannt werden kann, muss man sich kurzfristig für eine Strecke entscheiden.

Wenn diese Situation auch ein Nachteil in der Routenführung durch den GPS-Empfänger aufzeigt, so ist demgegenüber vorteilhaft, dass bei falsch eingeschlagenem Weg, der Irrtum innerhalb weniger Meter durch die Aufzeichnung des Empfängers aufgedeckt werden kann. Dann ist das Auffinden des richtigen Weges kein Problem mehr.

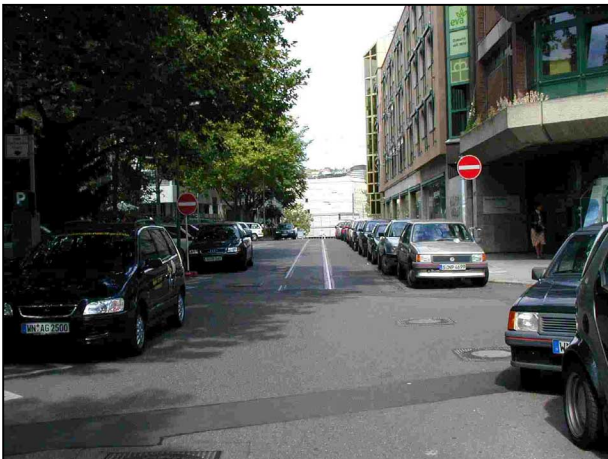


Abbildung 72: Einbahnstraße, in Karte nicht verzeichnet

Im weiteren Verlauf der zu navigierenden Strecke verlief die Routenführung anhand des eTrex vorbildlich. Erst später ergab sich dann eine neue Schwierigkeit, die allerdings mit der eigentlichen Navigation nichts zu tun hat, sondern vielmehr mit dem zugrunde liegenden Kartenmaterial. Abbildung 72 zeigt die dortige Situation auf. Dabei handelt es sich um eine Einbahnstraße, die in den für die Routenerstellung verwendeten Karten – Vektorkarte und Topografische Karte 1:50.000 – nicht verzeichnet ist. Durch die Darstellung der Fahrtroute auf dem Display, ist es allerdings möglich, diesen Engpass zu umfahren, indem der eingezeichnete Track durch Wahl einer anderen Straße angenähert wird. Mit erneutem Erreichen des Tracks kann dann normal weiternavigiert werden.

Der Zielpunkt, der dem Ausgangspunkt entsprach, wurde dann auch ohne größere weitere Probleme erreicht.

Abschließend lässt sich zu diesem Test sagen, dass überraschend wenige Probleme beim Navigieren entstanden. Des weiteren muss angemerkt werden, dass diejenigen Probleme, die auftraten keine größeren Auswirkungen auf das Fortkommen mit dem Fahrrad in der Stadt hatten. Es musste zwar einige Male angehalten oder gewendet werden, eine zusätzliche Orientierung anhand einer Karte war aber nicht notwendig. Allerdings kann hieraus trotz allem keine allgemein gültige Aussage gezogen werden, da in der Stadt zu viele Randbedingungen vorherrschen, die bei einer weiteren Fahrt andere Ergebnisse liefern könnten. Als eine Tendenz, dass die GPS-Navigation auch in der Stadt funktioniert kann dies aber dennoch angesehen werden.

9.5 Zusammenfassende Auswertung der Messfahrten

Zunächst wird in diesem Kapitel auf die Bedienung des Garmin eTrex Vista eingegangen. Dabei sollen Probleme aber natürlich auch gut gelungene Bedienpunkte aufgezeigt werden, die sich im Laufe der verschiedenen Testfahrten einstellen.

Das eTrex Vista macht insgesamt einen sehr stabilen und widerstandsfähigen Eindruck. Das Kriterium der geringen Größe und Leichtigkeit wird in vollstem Maße erfüllt. Das Display ist hervorragend abzulesen. Dies gilt bei allen denkbaren Lichtverhältnissen. Einzig in geschlossenen Räumen ist das Display durch ständige Spiegelungen schwerer abzulesen, doch dafür ist dieses Gerät auch nicht gedacht. Aber selbst bei starker und direkter Sonneneinstrahlung zeigt es sich von seiner besten Seite. Auch sind die dargestellten Symbole auf dem eigentlich doch recht kleinen Display für die Fahrt mit dem Fahrrad gut erkennbar und verständlich. Der Nutzer wird deshalb relativ wenig von der Anzeige abgelenkt, da meist ein kurzer Blick reicht, um alle Funktionen und Informationen zu erfassen. Wichtig ist dabei auch, dass die vorhandenen Tasten ergonomisch angebracht sind. Dies ist hier der Fall. Mit ein wenig Übung muss beim Blättern der Seiten während der Fahrt kein Blick auf den Empfänger geworfen werden.

Die Handhabung ist durch die Menüführung sehr einfach. Allerdings kann es passieren, dass bei ungenauem Drücken des Click-sticks, die Eingabe nicht erfolgt. Bei den Tests fiel nämlich auf, dass der Stick nahezu exakt senkrecht gedrückt werden muss, um im gewünschten Menü weiter fortfahren zu können. Dadurch wird der Nutzer allerdings gezwungen, während der Fahrt zusätzlich auf das Display zu schauen, um zu sehen, ob die gewünschte Funktion ausgeführt wurde. Dies stellt natürlich ein erhebliches Sicherheitsrisiko dar, da die Anzeige damit mehr als unbedingt nötig betrachtet werden muss. Eine enorme Ablenkung vom Verkehrsgeschehen ist die Folge. Es wäre deshalb wünschenswert, wenn der Click-stick auch bei leicht schrägem Druck ansprechen würde. Dagegen ist das Bewegen des Cursors durch jeweiliges Drücken des Click-sticks in die gewünschte Richtung ohne Probleme zu bewältigen.

Im weiteren wird nun noch einmal kurz in verallgemeinerter Form auf die Probleme aber auch Vorteile bei der Navigation mittels GPS eingegangen. Im Großen und Ganzen liefert der GPS-Empfänger auf Strecken mit wenigen Abschattungsmöglichkeiten sehr exakte Ergebnisse. Eine Navigation in diesen Bereichen ist ohne weiteres möglich. Erst im Bereich von dichtem Wald oder engen Häuserschluchten ist der Empfang der Satellitensignale schwierig. Zwar kommt es nur ganz selten zu Signalauslöschungen, doch können diese nicht völlig ausgeschlossen werden.

Wie die Messfahrten durchweg zeigten, ist die Fahrt durch dichten Wald dabei fast das größte Problem, wobei in Laub- und Nadelwald unterschieden werden muss. Es fiel bei diesem Thema nämlich auf, dass Signalauslöschungen oder sehr große Abweichungen von der Realität häufig in Laubwald mit niedriger Belaubung eintraten. Sobald der Wald zu Bäumen mit hohen Kronen oder Nadelwald wechselte, konnte das Signal meist wieder eindeutig empfangen werden, wenn auch die Abweichung der Positionsgenauigkeit zeitweise noch große Dimensionen von bis zu 40 m annahm. Durch die Laubbäume können die Satellitensignale ungleich schlechter durchdringen als bei Nadelbäumen. Dies liegt daran, dass das Laub deutlich mehr Fläche in Anspruch nimmt als die Nadeln, und zudem noch mehr überlappt. Dadurch ist der freie Blick zum Himmel bei dichten Laubbaumbestand kaum möglich, während dies bei Nadelbäumen noch eher der Fall ist. Des Weiteren ist auch klar, dass je höher die Krone des Baumes ist, desto weniger überlappen die Äste, so dass für das

Messfahrten und Auswertung

Signal noch ein direkter Weg durch die Äste möglich ist. Dies kann bei niedriger Belaubung nicht gelingen.

Innerhalb bebauter Gebiete lässt sich, wie die Messfahrten zeigten, auch durchaus brauchbar navigieren. In den seltensten Fällen kommt es zu einer Signalauslöschung. Dies geschieht, wenn überhaupt, in engen Häuserschluchten. Es zeigte sich auch, dass die Signalabschattung innerhalb bebauter Gebiete im Vergleich zu in der Literatur gegebenen Aussagen relativ wenig Einfluss auf die Navigationsfähigkeit des GPS-Empfängers hat.

Trotz der genannten Ungenauigkeiten war die Navigation in allen Fällen sinnvoll möglich. Zwar war an manchen Stellen durch die unpräzise Darstellung die weiterführende Fahrtrichtung nicht sofort erkennbar, jedoch konnte ein möglicher Irrtum in der Richtung sehr schnell innerhalb weniger Meter erkannt werden, so dass längere Umwegfahrten nicht eintraten.

In den gesamten Testfahrten kam es deshalb nie vor, dass durch Signalauslöschung oder ungenaue Positionsangabe die Weiterfahrt unmöglich war. Die immer noch zusätzlich zur Sicherheit mitgeführte Karte wurde bei der Navigation nie benötigt. Diese Aussage gilt natürlich nur, wenn dem zu navigierenden Track auch gefolgt wurde.

Ein anderer Punkt, der noch beachtet werden sollte, ist der Einfluss der Witterung. In diesem Zusammenhang konnten jedoch während der Messfahrt keine Probleme erkannt werden, obwohl bei unterschiedlichsten Witterungsverhältnissen gefahren wurde. Sowohl bei höchsten Temperaturen als auch bei Regenwetter arbeitete der GPS-Empfänger abgesehen von den oben genannten Problemen durchweg präzise.

Ein größeres Manko der GPS-Geräte scheint immer noch der große Energieverbrauch zu sein. Ohne Batterien geht bei diesen Geräten überhaupt nichts mehr. Schon allein das Display und die große Anzahl an Rechenoperationen zur Positions-, Höhen-, und Richtungsbestimmung wirken sich auf die Lebensdauer der kleinen AA-Mignon Batterien stark aus. Auf der Homepage von Garmin wird für den eTrex Vista eine Batterielebensdauer von 12 Stunden angegeben. Die Erfahrung zeigte jedoch, dass wenn alle Funktionen am Empfänger eingeschaltet sind, diese deutlich zurückgeht. Ein genauer Test konnte innerhalb dieser Arbeit leider nicht durchgeführt werden. Dies bedeutet, dass auf alle Fälle die Mitnahme von Ersatzbatterien nötig ist, um nicht den totalen Ausfall des Systems zu provozieren.

Abschließend lässt sich hinsichtlich der durchgeführten Messfahrten sagen, dass die Auswahl der Teststrecken natürlich nicht allen Kriterien in vollem Umfang gerecht werden konnte. Es sollte nur beispielhaft die mögliche Verwendung des GPS-Empfängers in der Praxis verdeutlicht und damit Vor- und Nachteile dieser Geräte aufgezeigt werden. In Summe verliefen die Tests durchweg positiv, abgesehen von kleineren Problemen bei der Durchführung. Häufig war sogar nicht der GPS-Empfänger schuld an diesen Problemen sondern vielmehr das vorhandene Kartenmaterial. In der Praxis nicht vorhandene Radwege oder falsch eingezeichnete Wege sind in der Navigation ein großes Manko, das die Praktikabilität des Systems zunächst einmal wieder etwas herabsetzt.

10. Auswirkungen von GPS auf die Radverkehrsplanung

10.1 Beschilderung

Sollte sich das System doch einmal durchsetzen, ist kaum zu erwarten, dass die gesamte Beschilderung abgebaut wird, da es dann immer noch genügend Radfahrer gibt, die das System nicht anwenden, sondern sich nach der Beschilderung richten. Es ist deshalb wahrscheinlicher, dass die Möglichkeit genutzt wird, die Beschilderung GPS-fähig zu machen. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Wegweiser mit Koordinaten belegt sind, die bei der Vorbeifahrt an den GPS-Empfänger ausgesendet werden. Dieser kann damit seine aktuelle Position kalibrieren und mögliche Navigationsfehler wieder ausgleichen. Somit wären die Unwägbarkeiten durch Störeinflüsse von außen in gewisser Weise ausgeschaltet. Ein triftigen der Position ist damit auf ein Minimum reduziert. Gleichzeitig könnten an den Wegweisern auch Informationen gespeichert werden über:

- Sehenswürdigkeiten
- landschaftlich reizvolle Gegenden in der Nähe
- Einkehrmöglichkeiten
- Übernachtungsmöglichkeiten

Denn zumindest im Freizeitverkehr ist der Radfahrer ein sehr flexibles Wesen, der auch gern einmal kurzzeitig von seiner geplanten Route abweicht, um interessante Punkte oder Bereiche im umgebenden Gebiet zu besuchen.

Die Wegweisung sollte folglich auch im Interesse des Radfahrers bestehen bleiben, da es für ihn häufig auch von Interesse ist, in welche Richtungen die anderen nicht benutzten Wege führen. Ein Radfahrer ist nun einmal ein zumindest in der Freizeit informationsaufsaugendes Wesen, das nicht stur durch die Gegend fährt.

10.2 Radverkehrsführung

Im Bereich der Radverkehrsführung hat das GPS sicherlich nicht den großen Stellenwert. Radverkehrsanlagen sollen das Radfahren flächendeckend sicher und attraktiv machen. Das heißt dem Nutzer sollen sichere, bequeme und möglichst direkte Wege angeboten werden. Die eigentliche Navigation mit Hilfe des GPS greift in diese Bereiche allerdings überhaupt nicht ein, sondern nutzt nur die vorhandenen Wege. Ausschließlich im Bereich der Routenführung kann das GPS-System auf direkte und bequeme Wege zurückgreifen.

Auswirkungen von GPS auf die Radverkehrsplanung

10.3 Radverkehr als System

Dies ist ein Begriff, der in der zukünftigen Entwicklung des Radverkehrs eine zunehmende Bedeutung erhält. Abbildung 73 verdeutlicht wie ein derartiges System aussehen könnte. Dabei ist ganz grundsätzlich zu beachten, dass sich eine moderne Radverkehrsförderung nicht mit der Schaffung der Infrastruktur begnügen darf. Das Mobilitätspotenzial des Fahrrads kann nur dann erfolgreich ausgeschöpft werden, wenn der Radverkehr als ein Zusammenspiel vieler Komponenten verstanden wird. Neben der Infrastruktur sind Service, Information und Kommunikation als gleichwertige Bestandteile eines umfassenden Systems zu behandeln. Zum Service zählen Dienstleistungsangebote wie z.B. ein schneller Reparaturservice, bewachtes Parken, Waschanlagen etc..

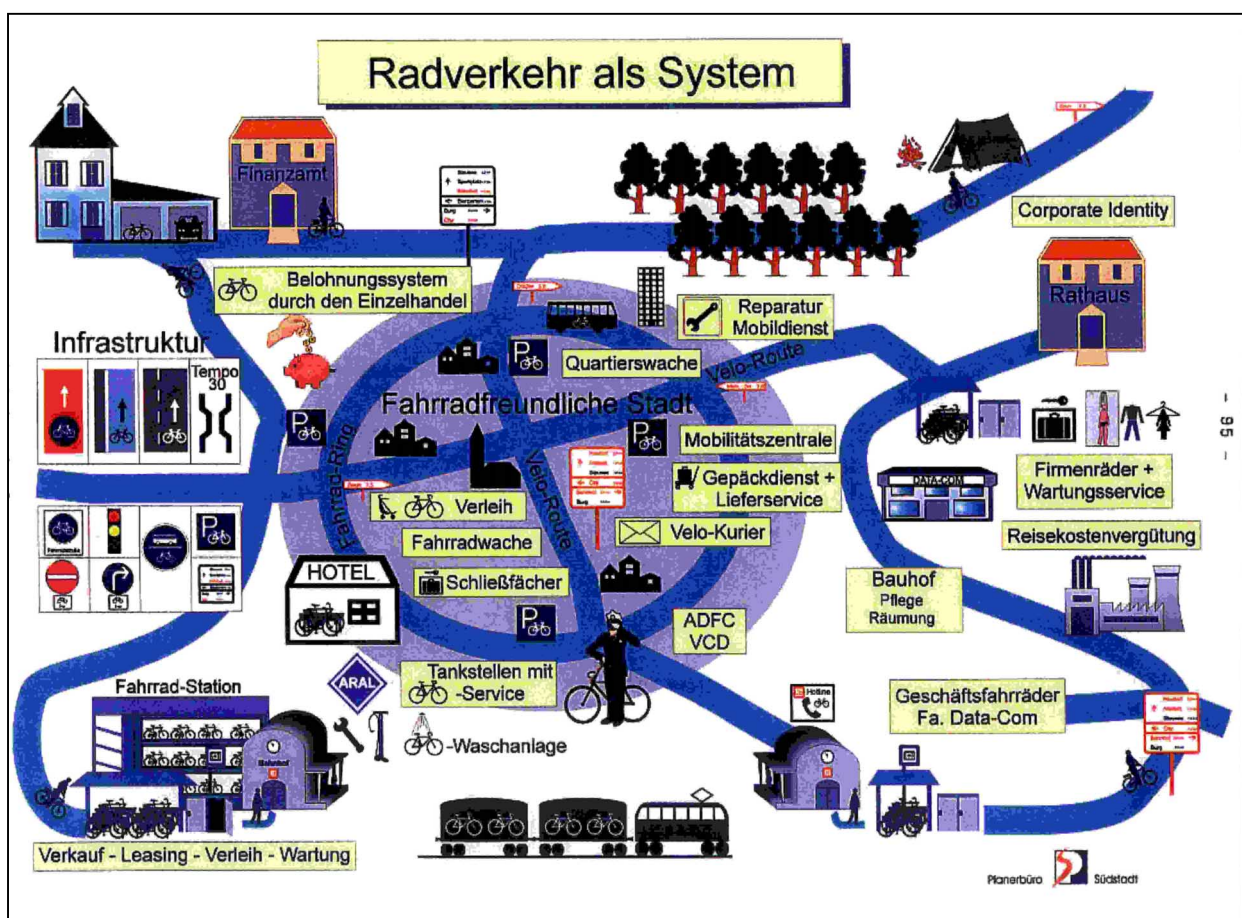


Abbildung 73: Prinzip des Radverkehrs als System [89]

Solche privatwirtschaftlichen Angebote machen das Radfahren attraktiv. In den Bereich dieser Dienste kann auch das Thema Satellitennavigation eingreifen. Dort können Dienstleistungsangebote auf dem Display dargeboten werden, die dem Radfahrer als Informationen dienen und ihn zur nächsten gewünschten Position bringen kann. Wie im Autoverkehr und in der Automobilwirtschaft wird dieser Systemgedanke auch dem Radverkehr neue Impulse geben. Damit soll verdeutlicht werden, dass das Fahrrad ein universell einsetzbares, zeitgemäßes Verkehrsmittel für die täglichen Fahrten zur Arbeit, zum Einkaufen und in der Freizeit ist, das durch technische Unterstützung durch GPS einen enorm hohen Stellenwert bei der Bevölkerung erhalten könnte.

10.4 Radverkehrssicherheit

Hierunter fällt zunächst die Bedienung des GPS-Empfängers während der Fahrt. Dies stellt natürlich ein gewisses Sicherheitsrisiko dar. Durch ständigen Blick auf das Display zur Ermittlung der richtigen Fahrtrichtung oder zum Erhalt von Informationen, entsteht ein Augenblick der Unkonzentriertheit in Bezug auf das Verkehrsgeschehen. Deshalb sollte das Display so wenig wie möglich in Anspruch genommen werden. Durch die sehr gut ablesbare Anzeige ist dies auch möglich, da die angezeigten Sachverhalte schnell aufgenommen und verstanden werden können. Auch durch die einfache Bedienung ist der Blick auf das Gerät teilweise nicht nötig, da die Tasten sehr günstig angebracht sind. Während der Navigation muss das Gerät meist nur zum Verstellen des Zoomfaktors der Karte bedient werden, um die genaue Fahrtrichtung anhand des Tracks und den nächsten Abzweigpunkt ermitteln zu können. Zu diesem Bereich lässt sich somit abschließend sagen, dass die Bedienung des GPS-Empfänger natürlich eine Ablenkung vom Straßenverkehr bedingt, diese aber durch ein wenig Übung auf ein Minimum reduziert werden kann. Mit mehr Erfahrung reicht dann ein kurzer Blick, um den Sachverhalt verstehen und zum Beispiel Entfernungen einschätzen zu können. Anfänger dagegen können sich nur durch sehr langes Betrachten des Displays zurechtfinden, doch dies ist in allen Bereichen der Technik so.

Ein zweiter Punkt hinsichtlich der Verkehrssicherheit ist das Thema Notruf. In Abbildung 74 ist ein Mobiltelefon mit eingebautem GPS-Empfänger dargestellt. Mit Hilfe einer Friend-Find Funktion kann beispielsweise ein anderes Handy lokalisiert werden. Des Weiteren versendet eine SOS Notruftaste bis zu 5 SMS mit der Positionsangabe und stellt eine Verbindung zu einer festgelegten Rufnummer her. Dies hat den Vorteil,



beispielsweise in entlegenen Gebieten, wo man seinen genauen Standpunkt nicht kennt, Notrufe exakt abgegeben werden können. Bei einem Unfall kann dann die genaue Position anhand der dargestellten Koordinaten angegeben werden, vorausgesetzt man erhält natürlich eine Verbindung mit dem Handy. Dieses Prinzip entspricht in etwa dem Pannen-Notruf beim ADAC. Insgesamt kann somit die Zeit bis zum Eintreffen der Rettungskräfte erheblich reduziert werden, da die genauen Positionsangaben auch gleichzeitig über die mögliche Art des Rettungseinsatzes Auskunft geben. In dichtem Wald-gebiet beispielsweise hat es wenig Sinn, einen Hubschrauber einzusetzen.

Abbildung 74: Handy mit GPS-Empfänger [88]

Durch Kartengrundlagen, die zwischenzeitlich auch die Verkehrsstärken der vom Kfz-Verkehr befahrenen Straßen angeben, ist es nun möglich, bewusst weniger befahrene Straßen zu nutzen. Dies hätte den Vorteil, dass die Unfallgefahr deutlich sinken würde. Gleichzeitig kann dies natürlich auch im GPS-Empfänger berücksichtigt werden, so dass die hochfrequentierten Straßen gar nicht erst befahren werden müssen. Um dies zu erreichen, müsste allerdings eine digitale Radwanderkarte mit Verkehrsstärkeangaben entwickelt werden, um diese bei der Routenerstellung mit berücksichtigen zu können.

Auswirkungen von GPS auf die Radverkehrsplanung

10.5 Verwendung im Wirtschaftsverkehr

Im Bereich des Wirtschaftsverkehrs und hier hauptsächlich bei den Fahrradkurieren könnte die Satellitennavigation durchaus sinnvolle Verwendung finden. Innerhalb eines Systems von Telematik-Diensten (Abbildung 75) wäre der Fahrradkurier eine wichtige Komponente. Von der zentralen Leitstelle der Kuriere könnten diese Informationen über ihren nächsten Zielort erhalten. Sie könnten damit über den GPS-Empfänger die neue Route zum nächsten Kunden erfahren, zumindest aber den neuen Wegpunkt, an dem der Kurier erwartet wird. Gleichzeitig kann die Zentrale über die Ortungseinrichtung den aktuellen Standort des Kuriers ermitteln, um eine optimale Koordinierung der einzelnen Boten zu gewährleisten. Zwar kennt sich der Kurier in „seiner“ Stadt sicherlich sehr gut aus, aber manchmal kommt es doch zu Unwägbarkeiten, die plötzlich unerwartet eintreten. Diese könnten im Empfänger dargestellt werden und dem Kurier als Information oder sogar als Fahrempfehlung zur Verfügung gestellt werden

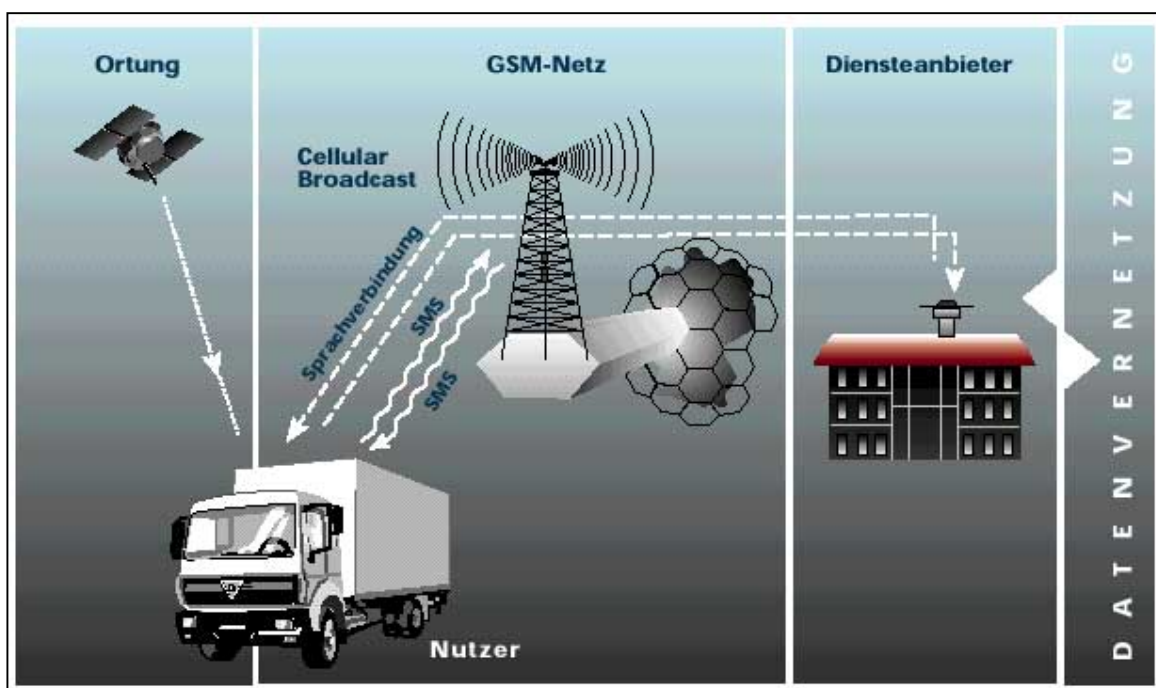


Abbildung 75: Systemkomponenten der Telematik-Dienste [87]

In Abbildung 75 wird aufgezeigt, wie ein solches System mit all seinen Komponenten funktionieren kann. Der Diensteanbieter schickt seine Nachrichten und Fahrempfehlungen bzw. die genauen Wegpunkte über das Mobilfunknetz zu jedem einzelnen Fahrradkurier. Dieser erhält auf dem Display seines GPS-Empfängers den neuen Zielpunkt und die mögliche Fahrempfehlung in Form eines Tracks angezeigt. Übertragen werden diese Daten über das GSM-Netz oder später dann über das UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). An jedem Zielort beginnt dann diese Prozedur von neuem, so dass ein möglichst schneller Zugriff auf die Fahrradkuriere erfolgen kann. Dieses System macht den Fahrradkurierdienst noch flexibler, da jeder Bote in sekundenschnelle über sein neues Ziel informiert werden kann. Lange Telefonate mit der zentralen Leitstelle könnten dann entfallen. Die Zentrale kann gleichzeitig ihre Einsätze auch deutlich besser planen, da sie ständig über

Auswirkungen von GPS auf die Radverkehrsplanung

den Standort der Kuriere informiert ist. Damit kann eine Hochrechnung für das Eintreffen des Boten am Zielort unternommen werden, um eine effektivere Auslastung zu erreichen.

In wiefern oder ob ein solches System von den Kurierdiensten im Bereich des Fahrradverkehrs allerdings angenommen würde, bleibt abzuwarten. Zwar stehen gerade Kurierdienste technischen Neuerungen sehr aufgeschlossen gegenüber, ob allerdings eine komplette Kontrolle der Fahrtroute durch die Zentrale hingenommen wird, ist fraglich.

10.6 Problematik bei der Umsetzung

Das Thema GPS für den Radverkehr ist in der heutigen Zeiten der klammen Staatskassen ein sehr heikles Thema. Zwar wäre es wünschenswert, wenn ein solches System sich einmal durchsetzen würde, allerdings wird dies allein schon von der politischen Seite ein schweres Unterfangen. Ohne Geldreserven können die gewünschte Ausstattungen im Radverkehr, wie die GPS-fähige Beschilderung, nicht bewerkstelligt werden. Einzig über die private Wirtschaft könnte sich ein ausgereiftes System durchsetzen. So ist sicherlich die Ausstattung von Fahrradkurieren ein Thema, das sich schnell umsetzen lässt. Allerdings muss dann auch wieder beachtet werden, dass solange die Kartengrundlage derart fehlerbehaftet ist wie bei den Messfahrten, eine Verbreitung von GPS im Radverkehr schwer möglich sein wird.

Das Potenzial des Radverkehrs wird, obwohl in der Zwischenzeit schon einiges getan wird, von der Politik immer noch zu sehr vernachlässigt, und dies obwohl die ständige Stauproblematik im Kfz-Verkehr akute Züge annimmt. Aus diesem Grunde ist in der näheren Zukunft nicht mit einer Revolution im Radverkehr zu rechnen. Vielmehr müssen zunächst die Versäumnisse aus der Zukunft aufgeholt werden.

Des Weiteren müssen beispielsweise bei der Umsetzung des Themas „Radverkehr als System“ alle Beteiligten an einem Strang ziehen. Da allerdings in unserer Gesellschaft jeder nur auf seinen eigenen Vorteil bedacht ist, wird auch dabei wieder der Radverkehr an sich leiden. Um nämlich den Radverkehr in Sachen GPS vorantreiben zu können, müssen sicherlich Risiken in Kauf genommen werden, die möglicherweise niemand eingehen will, da die Ungewissheit in Bezug auf den Erfolg sehr groß ist.

Allein in Sachen Notruf mit Positionsangaben kann sich in den nächsten Jahren einiges tun, da hierbei von der Technik im automobilen Sektor profitiert werden kann. Zudem gibt es bereits Handys mit GPS-Empfänger. Diese müssen nur weiter fortentwickelt werden, um die Positionsgenauigkeit zu optimieren.

11. Wunschscenario für den Radverkehr mit GPS

In diesem Kapitel soll all das dargestellt werden, was sich ein Radfahrer bei seinen Fahrten mit einem GPS-Empfänger wünscht. Es geht dabei überhaupt nicht darum, ob diese Wünsche jemals in Erfüllung gehen können. Vielmehr soll dies ein Anstoß dahingehend sein, in welche Richtung die auf dem Markt befindlichen Geräte eventuell verbessert werden können und welche Zusatzfunktionen in Zukunft einbezogen werden können. Dabei ist aus heutiger Sicht natürlich klar, dass zu hoch gesteckte Wünsche in der Realisierung momentan zu teuer sind, wahrscheinlich gibt es dafür auch überhaupt keinen Markt. Aber warum soll ein Radfahrer nicht von unerfüllbaren Dingen träumen. Erst durch solche Träumereien kann, wie die Vergangenheit zeigt, einiges in der Entwicklung zusätzlicher Systeme geschehen. Ohne Visionen, wie es einmal sein könnte, würde der Mensch eine wichtige Antriebskraft für sein Streben verlieren.

Grundsätzlich ist für den Radfahrer eine Fahrt ohne ständiges Kartenlesen eine große Erleichterung. Dies würde den Radfahrer dem Luxus des Autofahrers mit Navigationssystem einen erheblichen Schritt näher bringen. Karten bedeuten für den mobilen Menschen ein Verweilen an einem Ort, um sich über die weitere Route zu informieren. Damit geht unnötig Zeit verloren, die sinnvoller genutzt werden kann, sei dies in der Freizeit in Form von höherem Genuss der landschaftlichen Schönheit oder im Wirtschaftsverkehr durch Erhalt neuer Aufträge durch effektives Zeitmanagement. Beim Thema Freizeit darf aber natürlich nicht der Bezug zur Umwelt fehlen. Der Vorteil einer papiernen kartografischen Darstellung mit ständigem Nachlesen der Position und des Umfeldes bringt dem Radfahrer auch die örtlichen Gegebenheiten außerhalb der Fahrtroute näher. Bei alleiniger Anzeige auf dem Display kann der Blick über den Rand hinaus teilweise vergessen werden, doch gerade dieser macht doch den Wert der Freizeit aus.

Ein weiterer Wunsch in Sachen Navigation ist verständlicherweise die einfache Bedienung des GPS-Empfängers. In der hochtechnisierten Welt von heute darf ein unverständlicher Umgang mit den Geräten nicht passieren, da sonst die Marktchancen für dieses Produkt nicht mehr gegeben sind. Kein Nutzer von GPS-Empfängern will sich lange in die Tücken der Technik einarbeiten müssen. Vielmehr muss eine klar strukturierte Menüführung selbst dem Laien eine Verwendung des Gerätes ermöglichen. Das Stichwort heißt in diesem Falle „selbsterklärende Technik“, wobei moderne GPS-Empfänger bereits deutliche Ansätze in dieser Richtung zeigen.

An die einfache Bedienung anschließend ist für den navigierenden Menschen eine schnelle Eingabe der gewünschten Route erforderlich. Dazu ist eine geeignete Software nötig, die alle individuellen Wünsche des Nutzers verarbeiten kann und eine schnelle Übertragung an den GPS-Empfänger gewährleistet. Geht man von der aktuellen manuellen Eingabe einer Route aus, so wäre es wünschenswert, wenn die Kartengrundlage soweit digitalisiert ist, dass alle Straßen und Wege sowie zusätzlich die Radwege eindeutig dargestellt werden. Gleichzeitig wäre es für eine schnelle Eingabe der Route von Vorteil, wenn bei zwei eingegebenen Punkten automatisch der Straßenverlauf als Route eingezeichnet wird, um nicht jede Kurve als neuen Punkt definieren zu müssen, zumal die Fahrt in Luftlinie mit dem Fahrrad unrealistisch ist. Damit erspart man sich die Eingabe vieler Zwischenpunkte, was eine erhebliche Zeitersparnis mit sich bringen würde.

Eine Vision der besonderen Art ist es, sich seine Radroute von A nach B nach dem Vorbild der Kfz-Navigation automatisch berechnen zu lassen. Dies wäre für den Radfahrer eine große Erleichterung, da die zeitraubende Eingabe der Route mittels spezieller Software

Wunschscenario für den Radverkehr mit GPS

entfallen würde. Allerdings gibt es hierbei erheblich mehr Schwierigkeit als bei der Kfz-Navigation, denn Radfahrer wollen ihre individuelle Route fahren und meist nicht diejenige, die das Navigationssystem aufgrund irgend welcher Algorithmen berechnet. Dazu müssten vor der Berechnung sehr viele Funktionen abfragbar sein, durch welche der Nutzer seine Bedingungen eingeben kann. Sicherlich wäre es kein Problem, die kürzeste oder die attraktivste Route berechnen zu lassen. Dies würde der heutigen Fahrzeugnavigation bereits entsprechen. Andere Kriterien dagegen sind für den Radfahrer viel wichtiger. Einige davon seien im Folgenden genannt:

- Große Steigungen machen die Route für die Mehrzahl der Radfahrer unattraktiv. Diese sollten somit möglichst in ihrer Maximalsteigung definierbar sein, um die Strecke für alle Radfahrertypen, ob durchtrainiert oder nicht, befahrbar zu machen
- Der Fahrbahnbelag sollte wählbar sein, schon aufgrund der verschiedenen Arten von Fahrrädern (Rennrad, Treckingrad, Mountainbike, Kinderfahrrad)
- Je nach Training des Radfahrer können die Geschwindigkeitsunterschiede erheblich sein. Dies bedeutet, dass für langsamere Akteure kürzere Strecken berechnet werden müssen als für schnellere.
- Je nach Typ oder auch Laune des Radfahrers kommt es auch auf die Radverkehrsführung an. Möglichkeiten zur Minimierung von Stadtdurchfahrten oder Fahrten durch Wälder sollten gegeben sein, um die Individualität des Nutzers zu befriedigen

Ganz wichtig und damit auch eine große Hilfe wäre die Anzeige von gesperrten Straßen, da Umwege der größte Feind des Radfahrers sind. Wenn dies natürlich auch in die Berechnung der Strecke einfließen könnte, wäre das System nahezu perfekt. Gleichzeitig könnte dazu auch ein eventuell schlechter Straßenzustand angezeigt werden, um den Radfahrer beispielsweise vor Schlaglöchern oder ähnlichem warnen zu können. Auch ein weiterer Bereich in Sachen Sicherheit könnte abgedeckt werden: Warnungen vor engen und/oder unübersichtlichen Kurven, die eine erhebliche Unfallgefahr darstellen.

Bei großen Radreisen könnte der GPS-Empfänger dem Nutzer aufgrund der erbrachten Fahrleistung inklusive der Anzahl und der Dauer der Pausen anzeigen, wie viele Kilometer voraussichtlich noch fahrbar sind. Gleichzeitig würde er auch noch einen Übernachtungsort vorschlagen und die Namen einiger Quartiere nennen. Über das eingebaute Mobilfunksystem kann dieses Quartier auch sofort gebucht werden. Damit kann eine Radreise auch ohne große Planungen im Vorfeld durchgeführt werden.

In Sachen Technik ist natürlich eine Verminderung der Signalabschattung wünschenswert, um vor dem Ausfall des Systems annähernd sicher zu sein. Dies würde auch die Fahrt nochmals deutlich erleichtern, da die Positionsangaben dann wenig von der eigentlichen Route abweichen.

Des weiteren sollte auf dem GPS-Empfänger eine detaillierte Karte zumindest als Option anzeigbar sein, um sich einen Eindruck der Umgebung zu verschaffen. Ein ständiges Anzeigen einer detaillierten Karte ist nicht notwendig, da sonst die Übersichtlichkeit auf dem Display und bezüglich der zu fahrenden Route verloren geht. Sinnvoll ist dagegen wiederum die Anzeige von Sehenswürdigkeiten, die möglicherweise mit einer Beschreibung versehen sind. Dabei sollten diese nicht explizit vom Nutzer einzugeben sein, sondern das Gerät sollte selbständig diese Informationen liefern.

Man erkennt somit, dass Visionen durchaus vorhanden sind. Über einige lässt sich sicherlich nachdenken, andere dagegen werden irgendwann wie Seifenblasen zerplatzen, da die Realität eine andere ist.

12. Zusammenfassung und Fazit

Die Messfahrten sind durchgeführt und die Auswertungen gemacht. Was kann nun daraus interpretiert werden? Ist das GPS-System für den Radverkehr praktikabel oder nicht? Dies lässt sich anhand einer pauschalen Aussage nicht darlegen. Vielmehr muss dabei beachtet werden, für welchen Fahrtzweck das System verwendet werden soll. Ganz allgemein kann man sicherlich sagen, dass die Ergebnisse der Testfahrten im Ganzen positiv überraschen. Von einer derart exakten Arbeitsweise in punkto Genauigkeit des zur Verfügung gestellten GPS-Empfängers war vor Beginn der Arbeit nicht ausgegangen worden. Vielmehr spielte eher die Unsicherheit mit, ob das System überhaupt annähernd vernünftig verwendbar ist. Selbst Experten auf dem Gebiet des GPS machten keine große Hoffnung und rieten sogar vor der Anwendung ab, da sie zu fehlerbehaftet sei. Doch die moderne Technik ist immer wieder für Überraschungen gut.

Insgesamt lässt sich nach der Durchführung der verschiedenen Testfahrten ein durchweg positives Fazit hinsichtlich der GPS-Navigation für den Radverkehr ziehen. Der GPS-Empfänger arbeitete in den meisten Fällen zuverlässig. Nur in ganz seltenen Fällen fiel der GPS-Empfänger durch Signalabschattung oder nicht genau definierbare äußere Einflüsse ganz plötzlich aus. Die genauen Gründe konnten dabei teilweise nicht ermittelt werden. Somit lässt sich sagen, dass die Technik an sich für den Radfahrer durchaus praktikabel ist, allerdings sicherlich nicht in allen Bereichen des täglichen Lebens. So ist auf Kurzstrecken, wie dem Einkaufs-, Ausbildungs- und Berufsverkehr, der GPS-Empfänger relativ unbedeutend, da sein Informationsgehalt ausschließlich auf die Positionsbestimmung ausgerichtet ist. Diese wird jedoch vom in diesem Bereich ortskundigen Radfahrer nicht benötigt.

Im Hinblick auf den Freizeitverkehr allerdings zeigt sich ein großes Potenzial für die handlichen GPS-Geräte. Fahrradtouren und Radreisen erhalten durch das GPS eine völlig andere Charakteristik. Die ständige Orientierung anhand von Landkarten entfällt. Allerdings hat die Technik auch Grenzen. So sollte man sich nicht ausschließlich auf die Satellitennavigation verlassen, da durchaus auch einmal ein Systemausfall eintreten kann, der den Radfahrer dann vor fast unlösbare Probleme stellt, wenn er zusätzlich keine Karte mit sich führt.

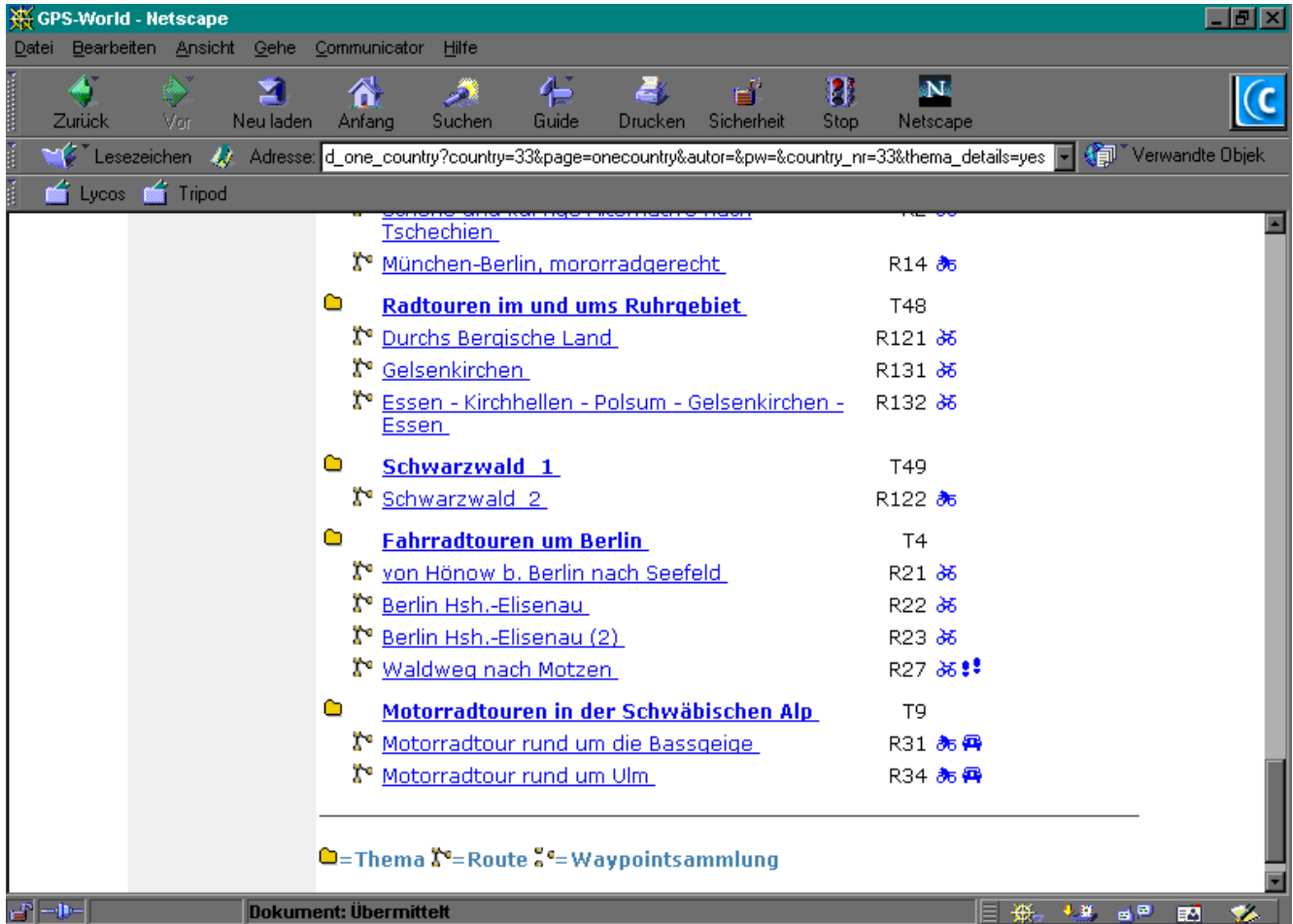
Problematisch wird die Fahrt mit GPS-Unterstützung nicht durch den GPS-Empfänger selbst, sondern eher durch die fehlerhafte Kartengrundlage. In dieser Hinsicht sind die Hersteller von digitalen Karten gefordert, auch für den Radverkehr ausreichend genaue Karten zur Verfügung zu stellen. Zwar ist der Radfahrer deutlich flexibler als der Autofahrer, jedoch können falsch eingezeichnete oder überhaupt nicht vorhandene Radwege den Fahrgenuss erheblich herabsetzen.

Die Satellitennavigation für Radfahrer wird sicher nicht so schnell den Perfektionsgrad des Navigationssystems im Kfz-Bereich erreichen. Dazu ist das Marktvolumen momentan noch zu klein, um den hohen Entwicklungsaufwand dieses Systems überhaupt zu rechtfertigen. Zudem nutzen viele Radfahrer kleinste Straßen und Waldwege, die teilweise nicht einmal vernünftig aus der topografischen Karte vom Maßstab 1:50.000 erkennbar sind. Trotzdem kann durch fortschreitende technische Entwicklung, wenn auch nur in kleinem Rahmen, der Nutzen des GPS erhöht werden. Vielleicht wird man in Zukunft dann mehr Radfahrer mit GPS-Empfängern begegnen. Dazu müsste allerdings der Preis für brauchbare Geräte deutlich sinken, denn die momentan erhältlichen Geräte sind einfach zu teuer, zumal die Kartengrundlage durch ständiges teures Aktualisieren einen großen Preisfaktor darstellt.

Anhang A

Anhang A 1: GPS-Routen

Downloadbare Fahrradrouten aus www.gps-routen.de



Anhang A

Auszugsweise downloadbare Trackaufzeichnung der Route Frankfurt – Bad Homburg aus www.gps-routen.de:

H SOFTWARE NAME & VERSION
I PCX5 2.08

H R DATUM IDX DA DF DX DY DZ
M G WGS 84 121 +0.000000e+00 +0.000000e+00 +0.000000e+00
+0.000000e+00 +0.000000e+00

H COORDINATE SYSTEM
U UTM UPS

H ZONE EASTING NORTHING DATE TIME ALT ;track
T 48P 0685732 1191353 14-APR-01 02:37:25 -9999

H ZONE EASTING NORTHING DATE TIME ALT ;track
T 48P 0686230 1191765 14-APR-01 03:01:25 -9999

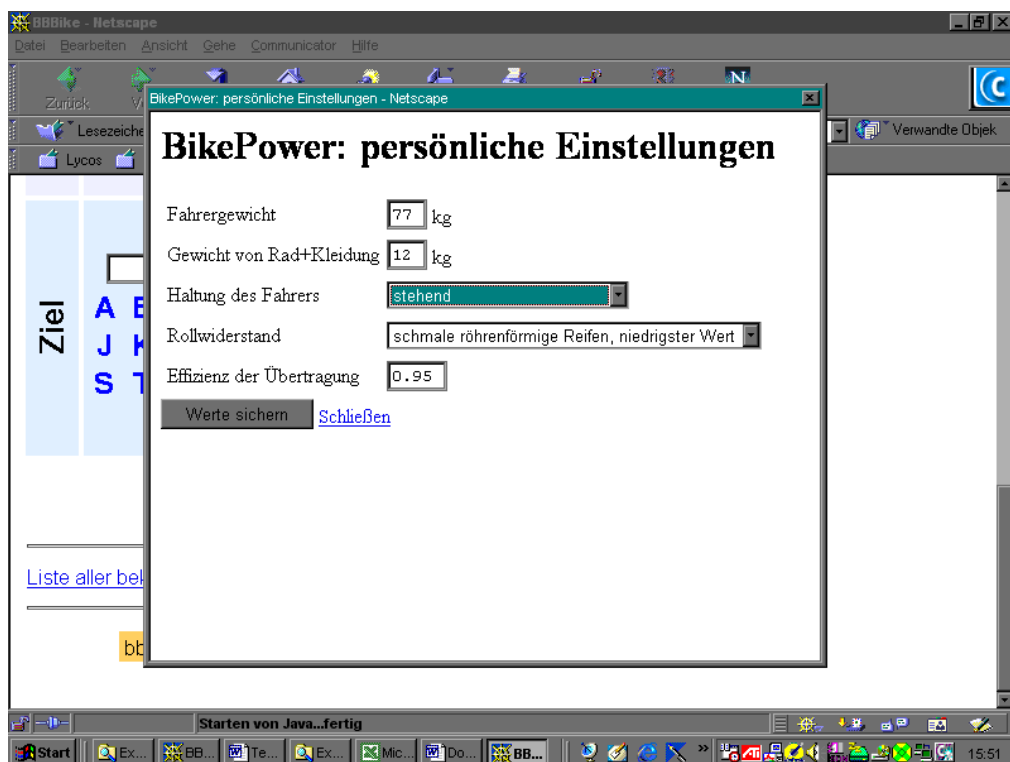
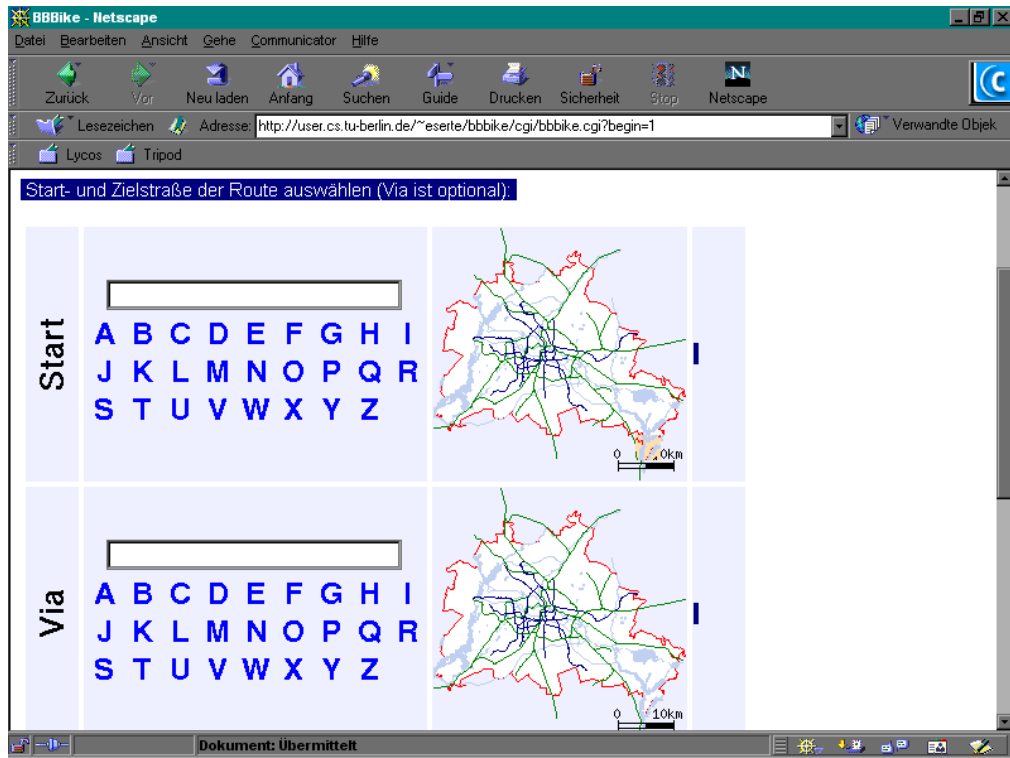
H ZONE EASTING NORTHING DATE TIME ALT ;track
T 48P 0703202 1210256 14-APR-01 05:14:06 -9999
T 48P 0703062 1210332 14-APR-01 05:14:42 -9999

H ZONE EASTING NORTHING DATE TIME ALT ;track
T 48P 0696743 1215677 14-APR-01 06:05:02 -9999

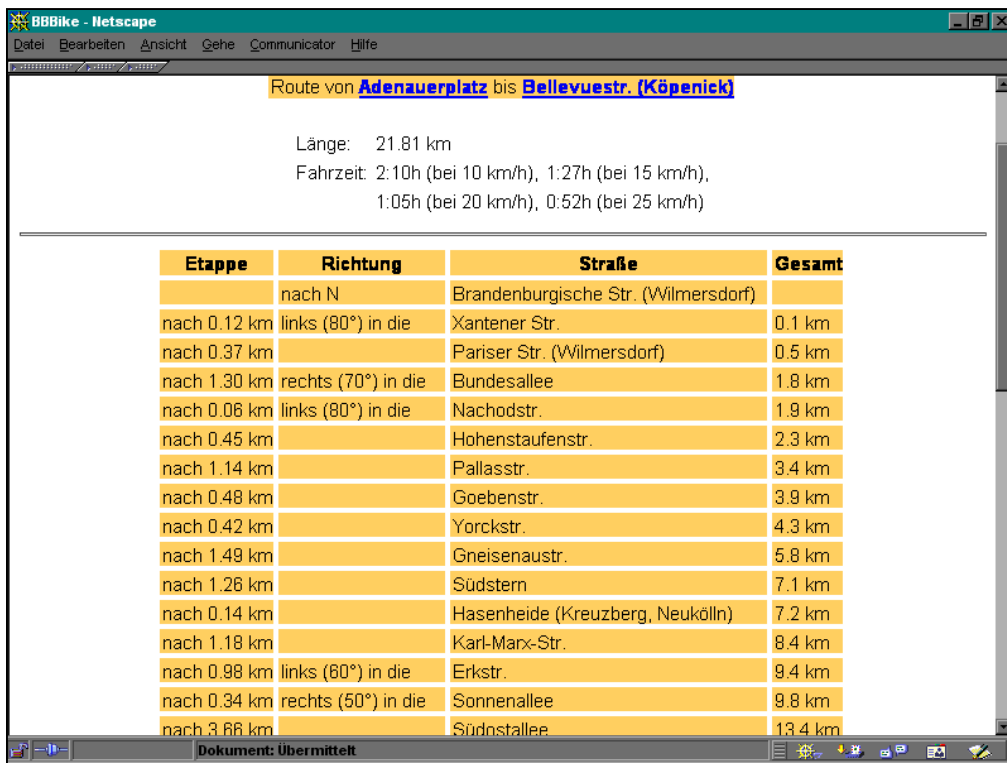
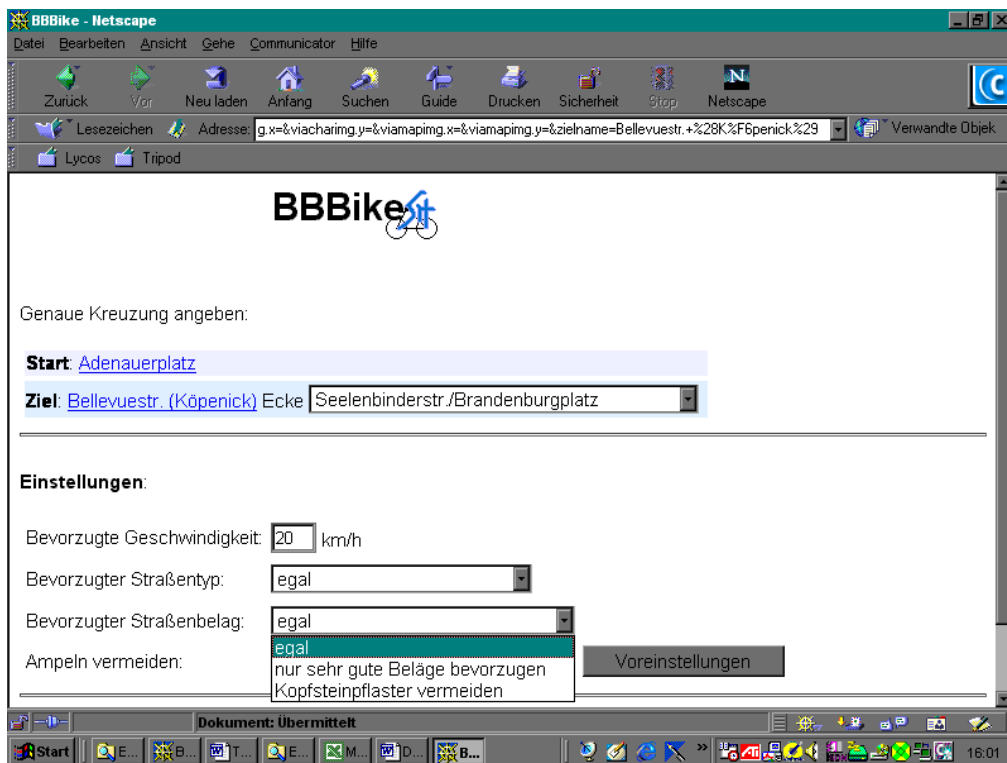
H ZONE EASTING NORTHING DATE TIME ALT ;track
T 48P 0698665 1216792 14-APR-01 06:14:05 -9999
T 48P 0698906 1217094 14-APR-01 06:15:06 -9999
T 48P 0699147 1217313 14-APR-01 06:16:07 -9999
T 48P 0699399 1217438 14-APR-01 06:17:07 -9999
T 48P 0699659 1217623 14-APR-01 06:18:08 -9999
T 48P 0700038 1217701 14-APR-01 06:19:08 -9999
T 48P 0700370 1217753 14-APR-01 06:20:09 -9999
T 48P 0700686 1217802 14-APR-01 06:21:10 -9999
T 48P 0700974 1217848 14-APR-01 06:22:10 -9999
T 48P 0701221 1217886 14-APR-01 06:23:11 -9999
T 48P 0701509 1217930 14-APR-01 06:24:12 -9999
T 48P 0701860 1217984 14-APR-01 06:25:13 -9999
T 48P 0702151 1218030 14-APR-01 06:26:14 -9999
T 48P 0702441 1218076 14-APR-01 06:27:14 -9999
T 48P 0702522 1218093 14-APR-01 06:28:15 -9999
T 48P 0702527 1218092 14-APR-01 06:29:16 -9999

Anhang A 2: Projekt BBBike

Benutzerführung bei der Routenplanung für den Radverkehr in Berlin-Brandenburg:



Anhang A



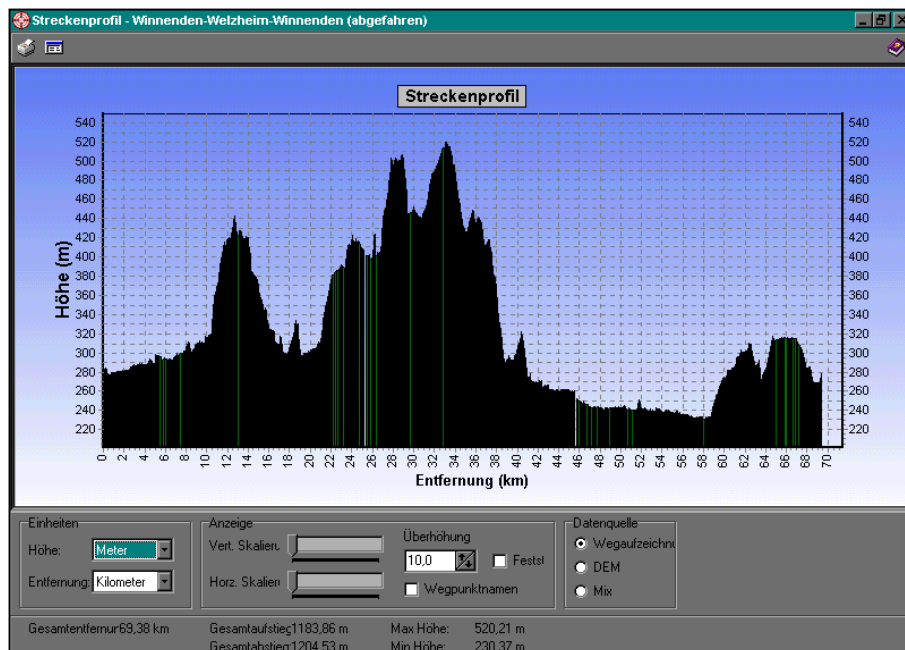
Anhang B

Anhang B: FUGAWI-Software

Auszug aus den Daten eines aufgezeichneten Tracks:

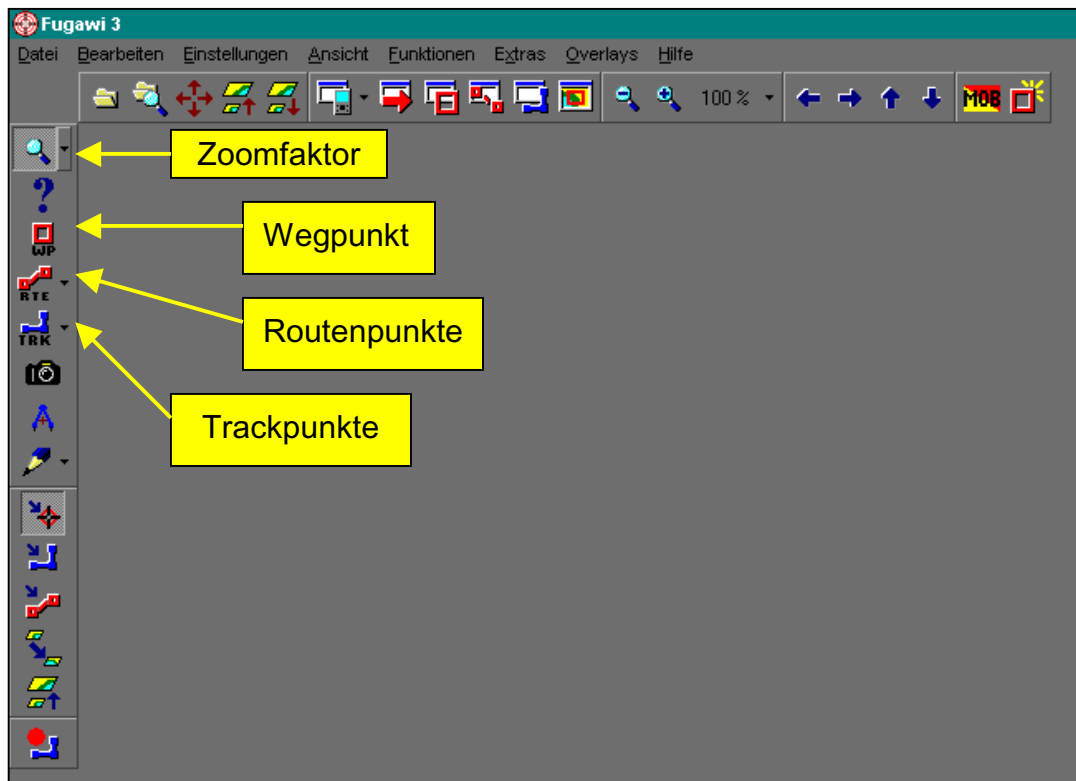
Punkt	Position	Höhe	Zeit	Entfernung	Geschwindigkeit
1	3531256 5415269 [3]	290,0 m	26.05.01 12:23:21		
2	3531254 5415262 [3]	290,9 m	26.05.01 12:23:51	0,007 km	0,9 km/h
3	3531254 5415250 [3]	290,5 m	26.05.01 12:24:11	0,012 km	2,1 km/h
4	3531282 5415255 [3]	289,0 m	26.05.01 12:24:18	0,029 km	14,8 km/h
5	3531298 5415250 [3]	289,0 m	26.05.01 12:24:22	0,016 km	14,8 km/h
6	3531300 5415208 [3]	287,6 m	26.05.01 12:24:30	0,043 km	19,3 km/h
7	3531291 5415143 [3]	283,7 m	26.05.01 12:24:41	0,065 km	21,3 km/h
8	3531291 5415136 [3]	283,7 m	26.05.01 12:24:42	0,007 km	25,8 km/h
9	3531285 5415091 [3]	283,7 m	26.05.01 12:24:49	0,046 km	23,5 km/h
10	3531282 5415057 [3]	283,7 m	26.05.01 12:24:54	0,034 km	24,2 km/h
11	3531249 5414961 [3]	282,8 m	26.05.01 12:25:09	0,101 km	24,2 km/h
12	3531245 5414950 [3]	282,8 m	26.05.01 12:25:11	0,013 km	23,1 km/h
13	3531254 5414928 [3]	283,7 m	26.05.01 12:25:15	0,023 km	21,1 km/h
14	3531321 5414854 [3]	285,6 m	26.05.01 12:25:30	0,099 km	23,8 km/h
15	3531370 5414807 [3]	285,2 m	26.05.01 12:25:41	0,068 km	22,3 km/h
16	3531413 5414781 [3]	284,7 m	26.05.01 12:25:49	0,050 km	22,5 km/h
17	3531452 5414741 [3]	284,7 m	26.05.01 12:25:59	0,057 km	20,3 km/h
18	3531449 5414726 [3]	285,2 m	26.05.01 12:26:04	0,015 km	10,6 km/h
19	3531422 5414767 [3]	286,1 m	26.05.01 12:26:45		
20	3531443 5414736 [3]	285,6 m	26.05.01 12:31:53		
21	3531384 5414800 [3]	283,2 m	26.05.01 12:32:11	0,087 km	17,4 km/h
22	3531299 5414873 [3]	283,7 m	26.05.01 12:32:37	0,113 km	15,6 km/h
23	3531259 5414919 [3]	279,9 m	26.05.01 12:32:47	0,060 km	21,6 km/h
24	3531231 5414945 [3]	279,4 m	26.05.01 12:32:53	0,039 km	23,2 km/h

Darstellung des Höhenprofils eines aufgezeichneten Tracks:



Anhang B

Benutzeroberfläche FUGAWI:



Anhang C

Anhang C 1: Allgemeiner Kriterienkatalog

allgemeiner Kriterienkatalog zur Auswertung der Messfahrten:

Indikatoren	
von - über - nach	Wolfschlugen - Filderstadt - Wolfschlugen
Art der Messfahrt	eingezeichnet / zu navigierender Track
Gebiet	ländlich / städtisch
Gebiet bekannt / unbekannt	
Streckenlänge	___,___ km
Wetter	sonnig / leicht bewölkt / stark bewölkt / Regen
Temperatur	__ °C
Luftdruck	
Luftfeuchte	__ %
Datum	___.___.2001
Uhrzeit (von - bis)	__:__ Uhr bis __:__ Uhr
reine Fahrzeit	__ Std. __ Min.
Topografie	eben / hügelig / bergig
Anzahl aufgezeichneter Trackpunkte	_____ Trackpunkte
durchschnittl. Signal-Abfrageintervall	___,___ Punkte / km; ___,___ m / Punkt
Abfrageintervall (Cluster)	_____
Track-log belegt (Speicher GPS-Empfänger)	__ %
Durchschnittsgeschwindigkeit (Fahrt)	___,___ km/h
max. Geschwindigkeit	___,___ km/h
Geschwindigkeitsverteilung	
Anteil Waldgebiet	sehr gering , gering, mittel, hoch
Art des Waldes	Laubwald / Nadelwald
Anteil Talgebiet	__ %
Kurvigkeit	gering, mittel, hoch
Anzahl Signalauslösungen	___
Charakteristik der Abweichungen GPS-Signal -- Karte	

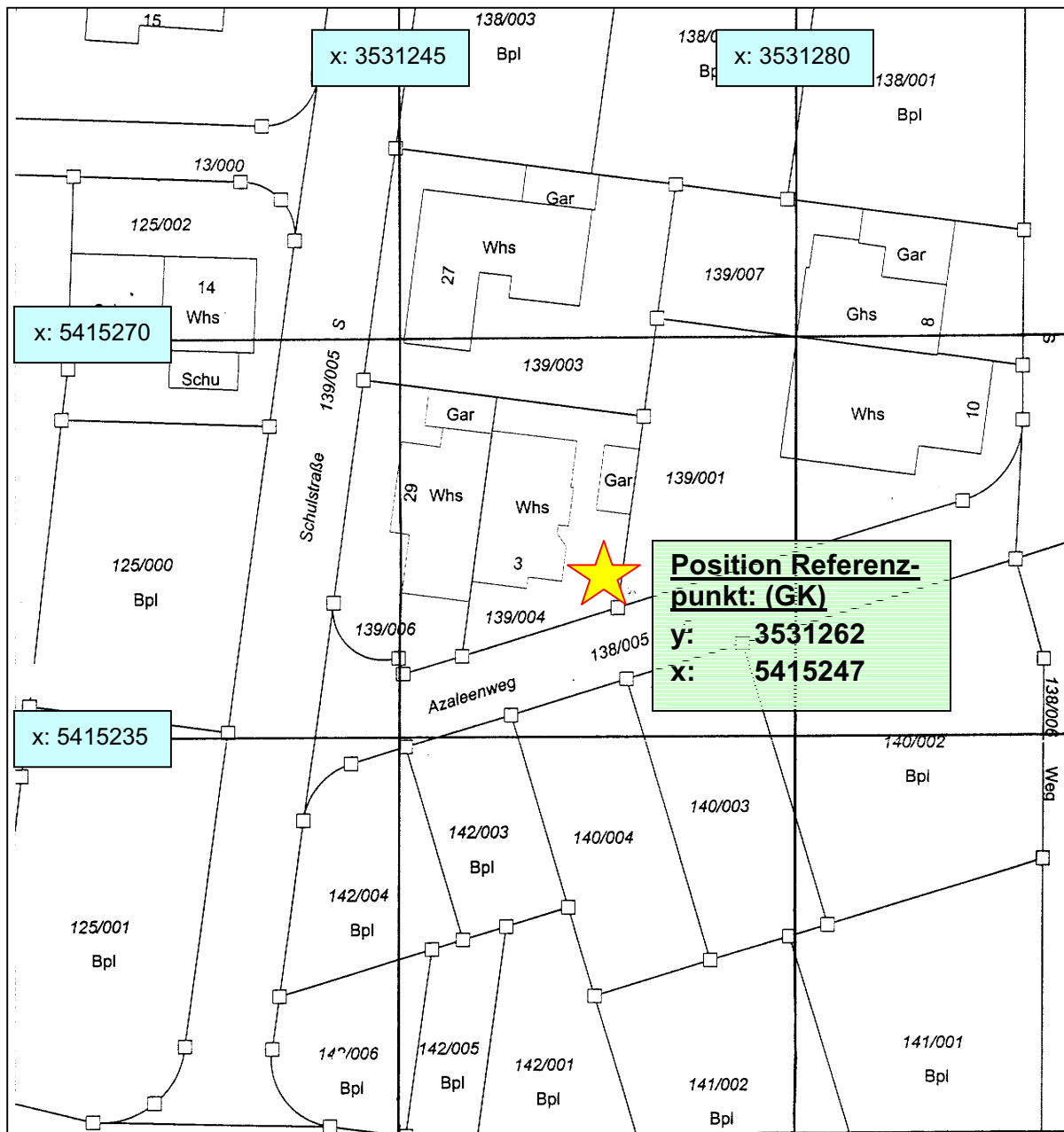
Anhang C

Indikatoren	
Kontrollfahrt Abweichungsstellen	am __.__.2001 (siehe Formular __)
Kontrollgang Abweichungsstelle	am __.__.2001 (siehe Formular __)
max. Abweichung GPS-Signal - Karte	___ m
durchschnittliche Abweichung GPS-Signal -- Karte	___ m
Bedienung vor der Fahrt	Kalibrierung Ausgangshöhe
Bedienung während der Fahrt	kaum Bedienung nötig
Ablesbarkeit Display während Fahrt	sehr gut
Orientierung anhand Basic-map	detaillierte Erklärung
Beschilderung	sehr gut, gut, befriedigend, ungenügend
Fahrbahnzustand Straße	sehr gut, gut, befriedigend, ungenügend
Fahrbahnzustand Radweg	sehr gut, gut, befriedigend, ungenügend
Anteil innerorts	__,__ %
Anteil außerorts	__,__ %
Anzahl Halte	_____
e-trex ausgeschaltet	_____
Abweichung beim Wiedereinschalten	__ m
inkorrekte Geschwindigkeitsanzeige	_____
Aufwand Routenerstellung	__ Min.
Genauigkeit Karte bei Routenerstellung	detaillierte Erklärung
Zielerreichung (Schwierigkeiten)	detaillierte Erklärung
Wegsuche (anhand Radwanderkarte)	_____
auf Route verfahren (ohne GPS-Empfänger)	_____
Wegsuche durch ungenaue Darstellung GPS-Empfänger	_____
falscher Weg durch GPS-Empfänger	_____
Anzahl Wegpunkte als Orientierung nötig	_____

Anhang C

Anhang C 2: Einzeltests

Vermessungsplan mit Darstellung des Referenzpunktes für die Positions- und Höhenbestimmung:



Anhang C

Formular für die Genauigkeitskontrolle der Positions- und Höhenbestimmung sowie für den Vergleich des gemessenen mit dem tatsächlichen Luftdruck:

	Datum	Uhrzeit	Standort	Gemeinde/ Gemarkung	Pos.		Ko- ord.	Differenz		Höhe [m]	Anz. Sat.	Genau- igkeit [m]	Wetter/ Temp.	Luftdruck [hPa]	
					y	x		y	x					tats.	Gerät
Refe- renz- punkt			Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531262	5415247	GK			289					
e-trex	01.06.	10:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531265	5415249	GK	3	2	290	6	6	wolkig / 19°C	1020	1018,50
e-trex	01.06.	13:00	Azaleen- weg 3	Winnenden /Höfen	3531264	5415252	GK	2	5	286	7	5	wolkig/ 19°C	1020	1018,50
e-trex	01.06.	16:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531268	5415250	GK	6	3	300	6	5	leicht bew./ 22°C	1020	1018,50
e-trex	01.06.	19:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531262	5415253	GK	0	6	311	5	11	stark bew./ 20°C	1020	1018,50
e-trex	02.06.	00:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531260	5415244	GK	2	3	297	5	6	leicht bew./ 16°C	1020	1018,50
e-trex	02.06.	10:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531261	5415251	GK	1	4	297	6	6	Regen/ 12°C	1016	1017,32
e-trex	07.06.	10:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531264	5415252	GK	2	3	293	7	6	leicht bew./ 21°C	1017	1016,00
e-trex	07.06.	13:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531266	5415252	GK	4	5	301	7	5	stark bew./ 21°C	1013	1015,00
e-trex	07.06.	16:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531260	5415247	GK	2	0	305	7	5	leicht bew./ 22°C	1014	1015,87
e-trex	08.06.	10:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531263	5415251	GK	1	4	302	7	7	stark bew./ 20°C	1015	1013,96
e-trex	08.06.	13:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531266	5415251	GK	4	4	294	8	5	stark bew./ 20°C	1014	1013,68
e-trex	08.06.	16:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531265	5415250	GK	3	3	296	6	6	Regen/ 19°C	1013	1013,02
e-trex	08.06.	19:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531263	5415253	GK	1	6	301	6	5	Regen/ 19°C	1013	1013,03
e-trex	09.06.	10:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531267	5415250	GK	5	3	299	7	6	stark bew./ 12°C	1015	1015,00
e-trex	09.06.	13:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531265	5415253	GK	3	6	303	8	5	Regen/ 12°C	1015	1015,57
e-trex	09.06.	16:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531265	5415250	GK	3	3	292	6	5	Regen / 17°C	1014	1013,33
e-trex	09.06.	19:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531263	5415252	GK	1	5	299	6	5	stark bew./ 17°C	1013	1012,00
e-trex	10.06.	10:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531267	5415249	GK	5	2	292	7	6	stark bew./ 12°C	1012	1011,36
e-trex	10.06.	13:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531266	5415251	GK	4	4	288	7	5	stark bew./ 15°C	1013	1011,02

Anhang C

	Datum	Uhrzeit	Standort	Gemeinde/ Gemarkung	Pos.		Ko- ord.	Differenz		Höhe [m]	Anz. Sat.	Genau- igkeit [m]	Wetter/ Temp.	Luftdruck [hPa]	
					y	x		y	x					tats.	Gerät
e-trex	10.06.	16:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/ Höfen	3531263	5415249	GK	1	2	282	6	5	Regen / 13°C	1013	1011,02
e-trex	10.06.	19:00	Azaleen- weg 3	Winnenden/H öfen	3531268	5415245	GK	6	2	284	5	10	Regen / 12°C	1014	1011,17
							Mittel	2,8	3,6	296	6,4	5,952			
							Min.	0	0	282	5	5			
							Max.	6	6	311	8	11			

Auszug aus dem Formular zur Ermittlung der Anzahl zur Verfügung stehender Satelliten:

Winnenden-Höfen nach Bretzenacker (06.06.2001) bei starker Bewölkung und 22 °C			
Fahrrad (Durchschnittsgeschw. 15,12 km/h)			
Zeit	sichtbare Satelliten	benutzte Satelliten	benötigte Satelliten
00:00	5	5	4
00:20	5	5	4
00:40	6	6	4
01:00	7	5	4
01:20	7	6	4
01:40	4	4	4
02:00	5	5	4
02:20	5	5	4
02:40	5	5	4
03:00	7	7	4
03:20	7	6	4
03:40	6	6	4
04:00	5	5	4
04:20	6	6	4
04:40	5	5	4
05:00	5	5	4
05:20	5	5	4
05:40	5	5	4
06:00	6	6	4
06:20	6	6	4
06:40	5	5	4
07:00	5	5	4

Winnenden-Höfen nach Bretzenacker (08.06.01) bei starker Bewölkung und 21 °C			
zu Fuß (Durchschnittsgeschw. 5,2 km/h)			
Zeit	sichtbare Satelliten	benutzte Satelliten	benötigte Satelliten
00:00	6	6	4
00:20	6	6	4
00:40	6	6	4
01:00	6	6	4
01:20	6	6	4
01:40	6	6	4
02:00	6	6	4
02:20	6	5	4
02:40	6	5	4
03:00	9	7	4
03:20	9	9	4
03:40	8	8	4
04:00	7	7	4
04:20	6	6	4
04:40	8	7	4
05:00	6	6	4
05:20	6	6	4
05:40	5	5	4
06:00	5	5	4
06:20	5	5	4
06:40	6	6	4
07:00	6	6	4

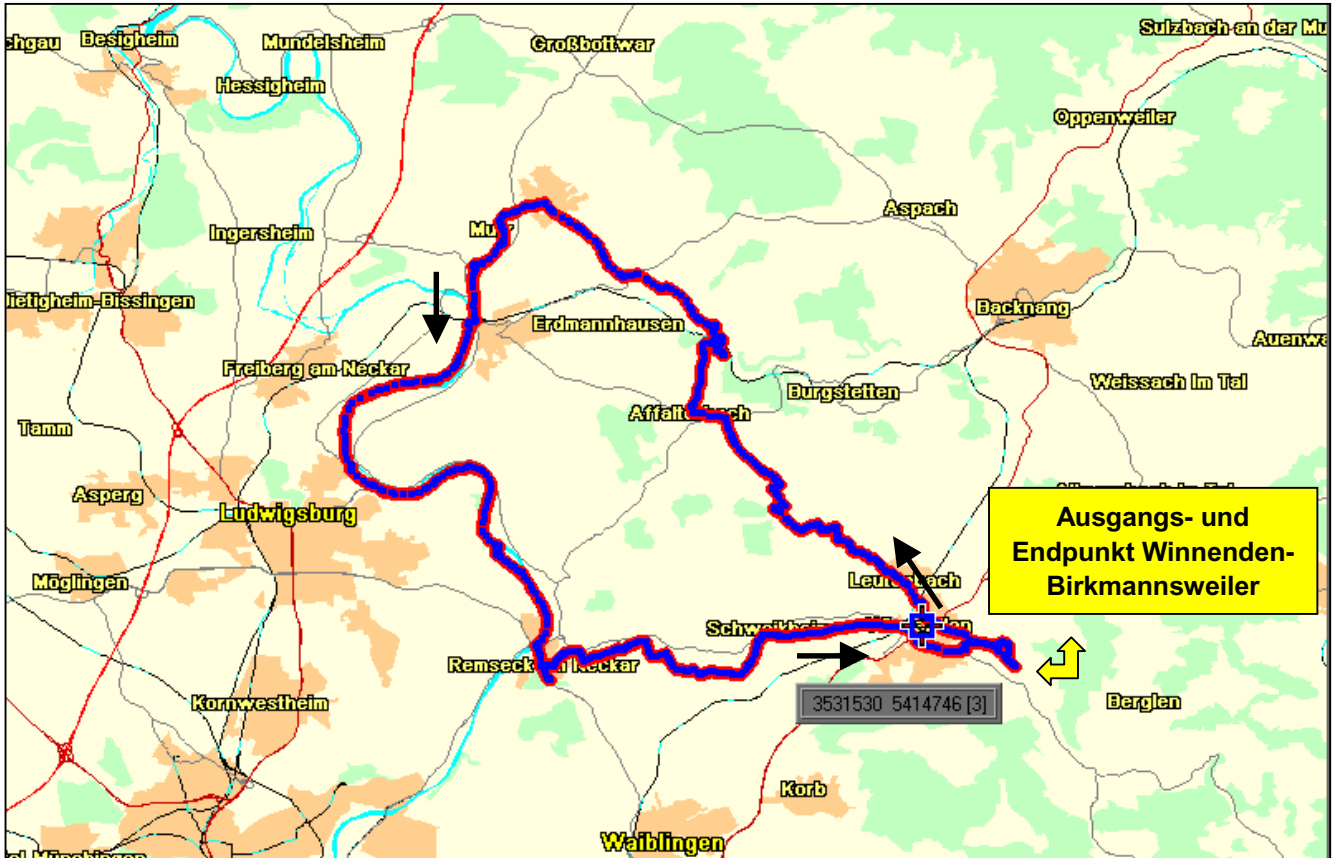
Anhang C

Formular zur Bestimmung der Zugriffszeit der ersten Positionsbestimmung:

Datum	Uhrzeit	1. Position [sek.]	Genauigkeit (laut Gerät) [m]	Anzahl Satelliten	2. Position (höhere Genauigk.) [sek.]	Genauigkeit (laut Gerät) [m]	Anzahl Satelliten
26.07.01	17.00	42	8	5			
26.07.01	21.00	35	8	4			
29.07.01	09.00	38	25	4	50	5	6
30.07.01	12.00	38	10	4			
30.07.01	18.00	37	11	5			
31.07.01	08.00	45	8	5			
31.07.01	12.00	39	10	4			
31.07.01	14.00	38	42	4	60	8	4
31.07.01	16.00	38	105	4	47	6	6
31.07.01	18.00	32	22	5	47	9	6
Mittelwert		38,2			51	7	

Anhang D 1: 1. Messfahrt im ländlichen Bereich

Übersichtsplan der Streckenführung (Karte Europe I von Tele Atlas)



Anhang D

Auswertung Kriterienkatalog 1. Messfahrt

Indikatoren	Formular 01
von - über - nach	Winnenden - Neckartal - Winnenden
Art der Messfahrt	Trackaufzeichnung
Gebiet	ländlich
Gebiet bekannt/unbekannt	bekannt
Streckenlänge	53,799 km
Wetter	wolkenlos
Temperatur	27 °C
Luftfeuchte	70 %
Datum	26.05.2001
Uhrzeit (von - bis)	14:43 Uhr bis 18:07 Uhr
reine Fahrzeit	2 h 35 min
Topografie	eben bis hügelig
Anzahl aufgezeichneter Trackpunkte	861 Punkte
durchschnittl. Signal-Abfrageintervall	62,48 m /Punkt
Abfrageintervall (Cluster)	1-9 Sek.: 52 %
	10-19 Sek.: 32 %
	20-29 Sek.: 15 %
	30-39 Sek.: 1 %
	40-49 Sek.: 0 %
Track-log belegt (Speicher GPS-Empfänger)	28 %
Durchschnittsgeschwindigkeit (Fahrt)	20,7 km/h
max. Geschwindigkeit	53,3 km/h
Anteil Waldgebiet	sehr gering (1,5 %)
Art des Waldes	Laubwald
Anteil Talgebiet	Neckartal (24 %, sehr breites Tal)
Kurvigkeit	mäßig

Anhang D

Anzahl Signalauslöschungen	0
Charakteristik der Abweichungen GPS-Signal - Karte	<i>Radweg nicht neben Straße dargestellt</i>
	<i>kurvige Abfahrt ungenügend dargestellt</i>
	<i>2x Track neben Straße außerhalb Ort</i>
	<i>Track nicht auf Radweg</i>
	<i>Track neben Straße innerhalb Ort</i>
	<i>Kartenfehler</i>
Kontrollfahrt Abweichungsstellen	am 29.05.2001
max. Abweichung GPS-Signal - Karte	ca. 130 m (Kurve Kirchberg/Murr)
Bedienung vor der Fahrt	Kalibrierung Ausgangshöhe
Bedienung während der Fahrt	kaum Bedienung nötig, höchstens Abrufen einzelner Seiten für Informationen
Ablesbarkeit Display während Fahrt	sehr gut, obwohl starke Sonneneinstrahlung
Orientierung anhand Basic-map	ausreichend genau, da Weg entlang Neckar keine Orientierungsschwierigkeiten mit sich bringt
Beschilderung	durchgehende Radwegbeschilderung
Fahrbahnzustand Straße	gute Oberfläche
Fahrbahnzustand Radweg	mäßige Oberfläche
Anteil innerorts	18%
Anteil außerorts	82%
Anzahl Halte	1
e-trex ausgeschaltet	1 x (Trackpunkt: 555 - 559)
Abweichung beim Wiedereinschalten	Punkt: 10 m ; Höhe: 3,4 m (neue Kalibrierung Höhe nötig)
inkorrekte Geschwindigkeitsanzeige	Trackpunkt 275: 227,5 km/h
Aufwand Routenerstellung	kein Aufwand, da Trackaufzeichnung
Genauigkeit Karte bei Routenerstellung	
Zielerreichung (Schwierigkeiten)	kein direktes Ziel vorgegeben
Wegsuche (anhand Radwanderkarte)	0

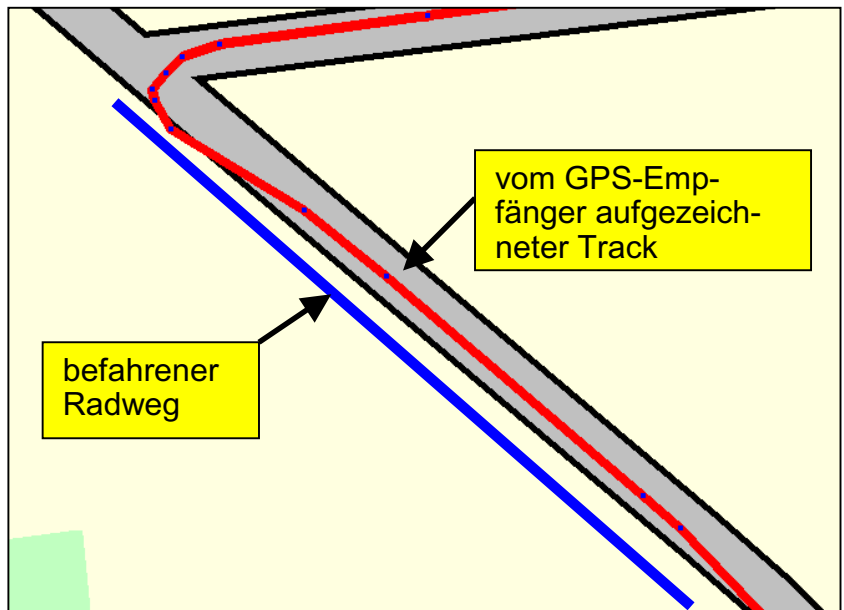
Anhang D

auf Route verfahren (ohne GPS-Empfänger)	1 x (Trackpunkt: 610 - 611)
Wegsuche durch ungenaue Darstellung GPS-Empfänger	0
falscher Weg durch GPS-Empfänger	0
Anzahl Wegpunkte als Orientierung	0

Abweichung 1:

(Karte Europe I von Tele Atlas)

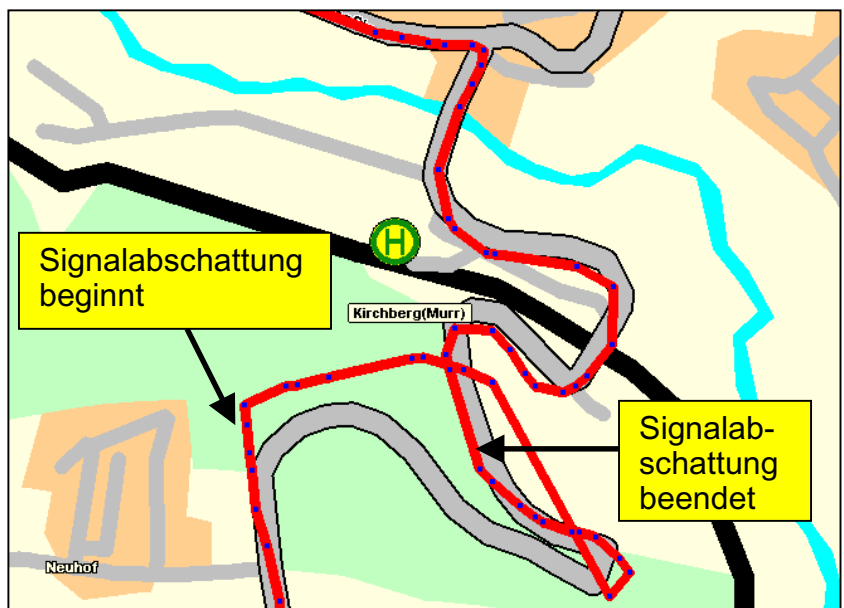
Straßenbegleitender Radweg befahren, wird auf Vektorkarte nicht dargestellt. Laut Karte war dies eine Fahrt auf der einer vielbefahrenen Straße. Blau dargestellt der befahrene Radweg



Abweichung 2:

(Karte Europe I von Tele Atlas)

Fehlerhafte Aufzeichnung der Fahrtroute. GPS-Empfänger erhält große Signalabschattung



Anhang D

Abweichung 3:

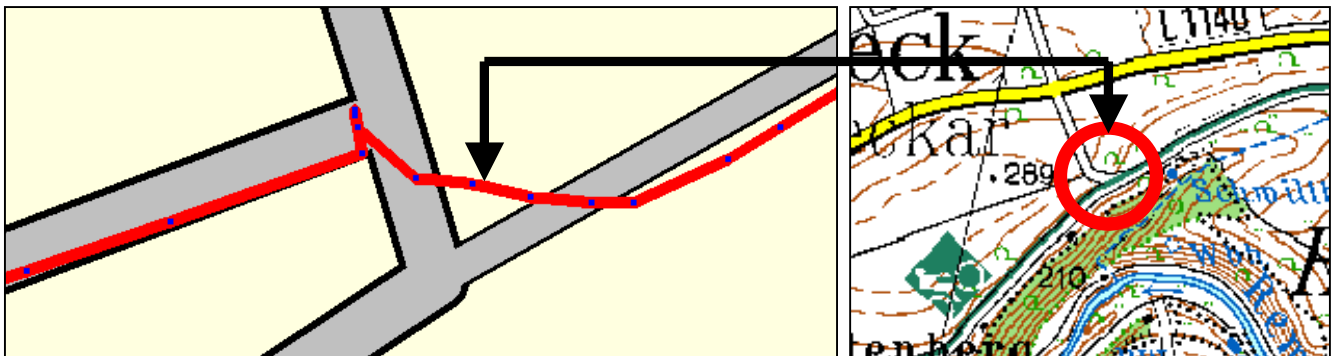
(Karte Europe I von Tele Atlas)

fehlende Übereinstimmung
zwischen Track und Vektor-
karte



Abweichung 4:

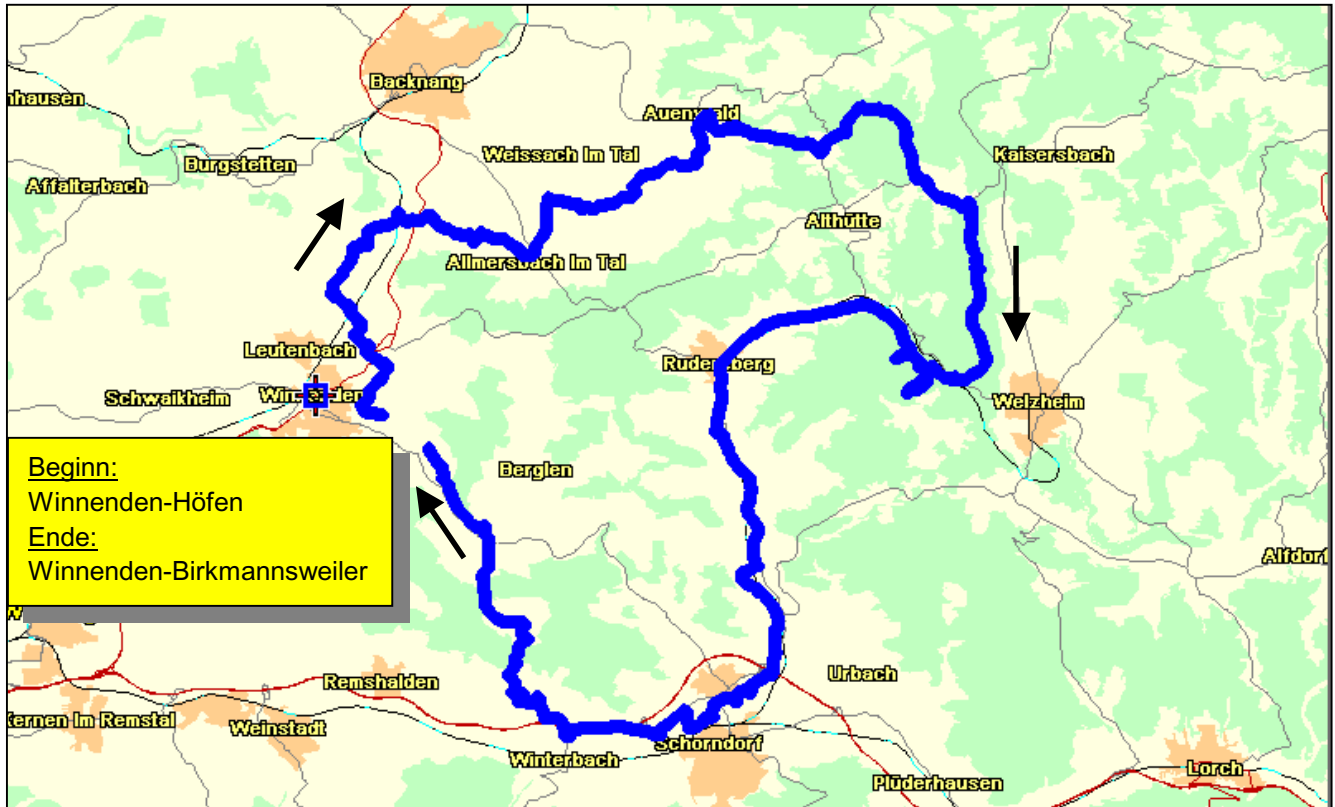
(Karte Europe I von Tele Atlas)



Kartenfehler, da GPS-Aufzeichnung korrekt (vergleiche Topografische Karte rechts)

Anhang D 2: 2. Messfahrt im ländlichen Bereich

Übersichtsplan der Streckenführung (Karte Europe I von Tele Atlas)



Auswertung Kriterienkatalog 2. Messfahrt

Indikatoren	Formular 02
von - über – nach	Wi.-Höfen - Ebersberg - Rudersberg Schorndorf - Wi.-Birkm.weiler
Art der Messfahrt	Trackaufzeichnung
Gebiet	ländlich
Gebiet bekannt/unbekannt	teilweise unbekannt
Streckenlänge	68,731 km
Wetter	wolkenlos
Temperatur	25 °C
Luftfeuchte	70 %

Anhang D

Datum	24.05.2001
Uhrzeit (von - bis)	09:57 Uhr bis 14:31 Uhr
reine Fahrzeit	3 h 40 min
Topografie	bergig
Anzahl aufgezeichneter Trackpunkte	1468 Punkte
durchschnittl. Signal-Abfrageintervall	46,81 m/Punkt
Track-log belegt (Speicher GPS-Empfänger)	46 %
Durchschnittsgeschwindigkeit (Fahrt)	20,7 km/h
max. Geschwindigkeit	53,3 km/h
Anteil Waldgebiet	hoch (22,26 %)
Art des Waldes	Laubwald
Anteil Talgebiet	Altes Wieslauftal (14,63 %)
Kurvigkeit	hoch
Anzahl Signalauslöschungen	0
Charakteristik der Abweichungen GPS-Signal – Karte	<i>ungenau Positionierung im Tal Ebensee -Laufenmühle</i>
	<i>ungenau Positionierung Laufenmühle – Rudersberg</i>
	<i>ungenau Positionierung in Schorndorf</i>
	<i>ungenau Positionierung vor Wi-Birkmannsweiler</i>
Kontrollfahrt Abweichungsstellen	am 29.05.2001 (siehe Formular 03)
max. Abweichung GPS-Signal - Karte	40 m
Bedienung vor der Fahrt	Kalibrierung Ausgangshöhe
Bedienung während der Fahrt	kaum Bedienung nötig
Ablesbarkeit Display während Fahrt	sehr gut
Orientierung anhand Basic-map	zur Orientierung, teilweise auch falsche eingeschlagene Richtung erkannt
Beschilderung	häufig fehlende Beschilderung an wichtigen Punkten
Fahrbahnzustand Straße	gute Oberfläche
Fahrbahnzustand Radweg	mäßige bis ungenügende Oberfläche

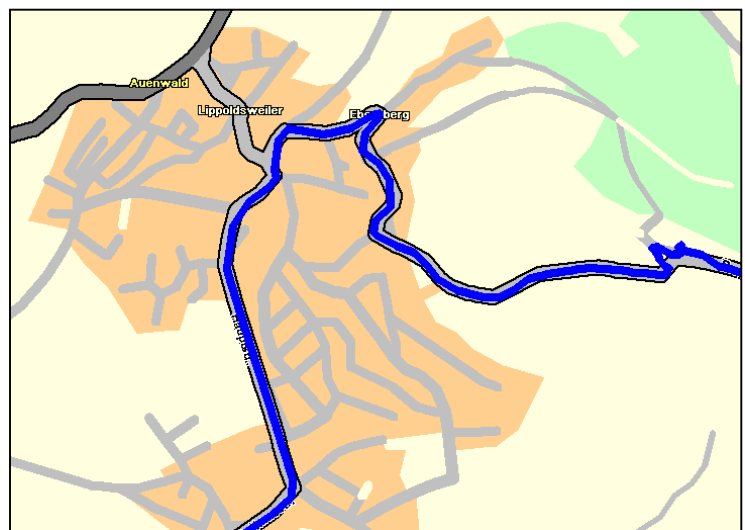
Anhang D

Anteil innerorts	30,62%
Anteil außerorts	69,38
Anzahl Halte	2
eTrex ausgeschaltet	2 x (Trackpunkt: _____)
Abweichung beim Wiedereinschalten	Punkt: 19 m ; Höhe: 3,0 m (neue Kalibrierung Höhe nötig)
inkorrekte Geschwindigkeitsanzeige	-----
Aufwand Routenerstellung	kein Aufwand, da Trackaufzeichnung
Genauigkeit Karte bei Routenerstellung	
Zielerreichung (Schwierigkeiten)	Ebersberg, Ebnisee (= eingeg. Wegpkte)
Wegsuche (anhand Radwanderkarte)	7
auf Route verfahren (ohne GPS-Empfänger)	2 x
Wegsuche durch ungenaue Darstellung GPS-Empfänger	0
falscher Weg durch GPS-Empfänger	0
Anzahl Wegpunkte als Orientierung	2

Genauigkeit 1:

(Karte Europe I von Tele Atlas)

Der aufgezeichnete Track (blau) entspricht exakt dem Straßenverlauf der digitalen Karte „Europe 1“ von Teleatlas.

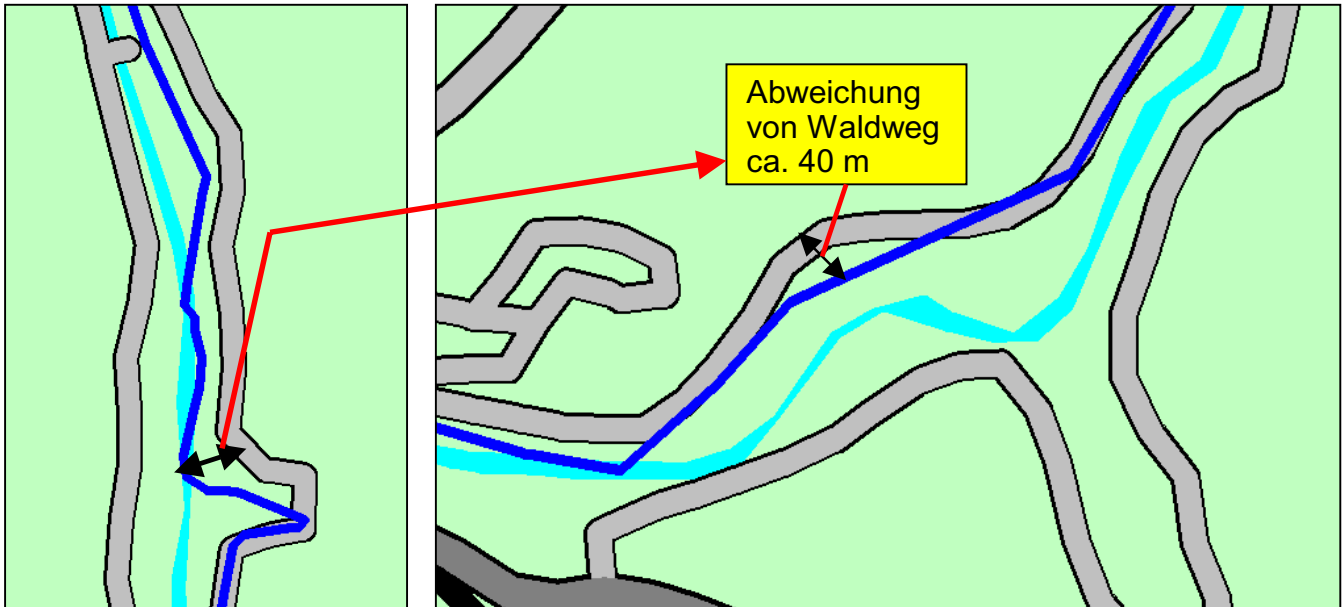


Anhang D

Abweichung 1:

(Karte Europe I von Tele Atlas)

Abweichung in der Positionierung bei der Fahrt durch das enge Tal der Alten Wieslauf mit sehr hohem Laub-Waldanteil



Abweichung 2:

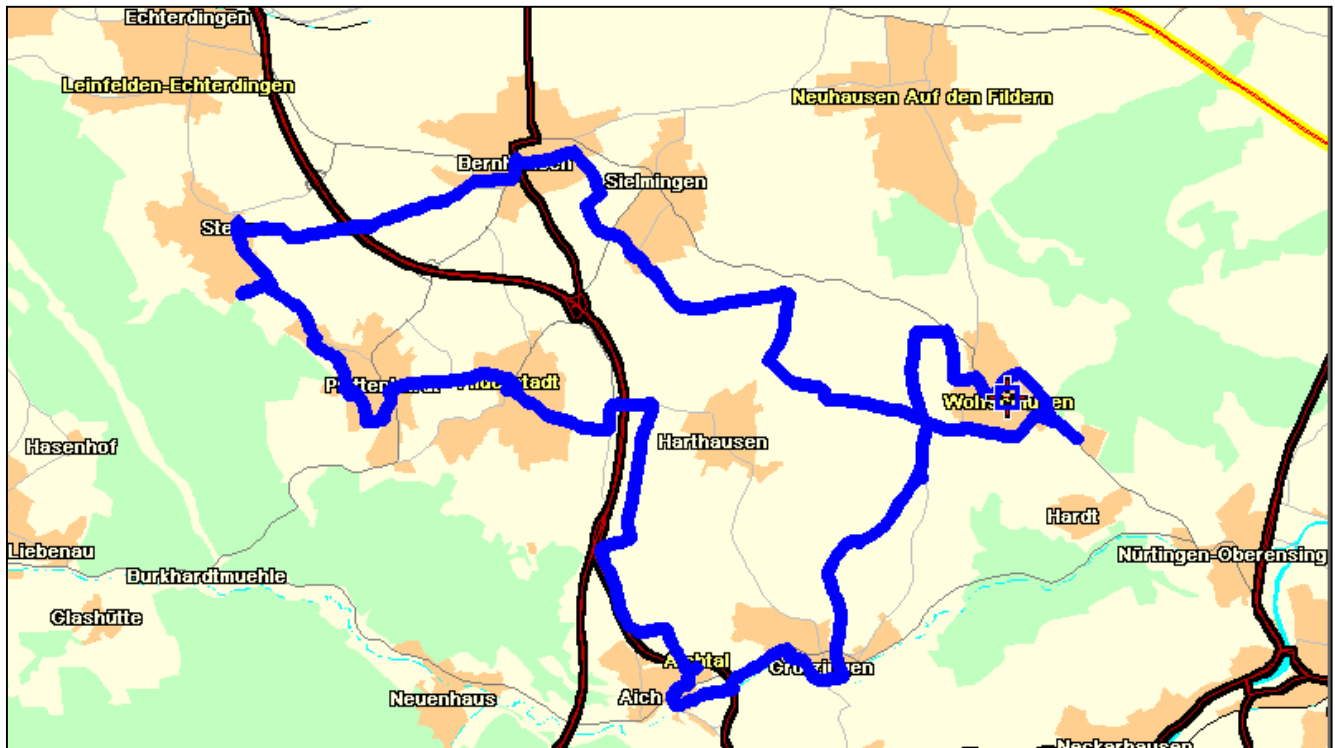
(Karte Europe I von Tele Atlas)

1. Abweichung der Positionierung in dichtem Laubwaldgebiet von der Laufmühle nach Rudersberg
2. zweimaliges Verfahren durch unzureichende Beschilderung an Abzweigpunkten



Anhang D 3: 3. Messfahrt im ländlichen Bereich

Übersichtsplan der Streckenführung (Karte Europe I von Tele Atlas)



Auswertung Kriterienkatalog 3. Messfahrt

Indikatoren	Formular 03
von - über - nach	Wolfsschlügen - Filderstadt - Wolfsschlügen
Art der Messfahrt	eingezeichnete Track
Gebiet	ländlich
Gebiet bekannt/unbekannt	unbekannt
Streckenlänge	33,3 km
Wetter	sonnig
Temperatur	25 °C
Luftdruck	1021 hPa bei Start
Luftfeuchte	70 %

Anhang D

Datum	20.06.2001
Uhrzeit (von - bis)	14:03 Uhr bis 16:00 Uhr
reine Fahrzeit	1 h 51 min
Topografie	eben bis hügelig
Anzahl aufgezeichneter Trackpunkte	715
durchschnittl. Signal-Abfrageintervall	48,75 m/Punkt
Track-log belegt (Speicher GPS-Empfänger)	22 %
Durchschnittsgeschwindigkeit (Fahrt)	19 km/h
max. Geschwindigkeit	46,4 km/h
Anteil Waldgebiet	sehr gering (0 %)
Art des Waldes	-----
Anteil Talgebiet	-----
Kurvigkeit	mittel
Anzahl Signalauslöschungen	0
Charakteristik der Abweichungen GPS-Signal - Karte	<i>falsche Höhenangabe beim Einschalten</i>
	<i>Richtungsanzeige hängt (bei Stillstand)</i>
	<i>Kartenungenauigkeit in Aich</i>
	<i>Kartenfehler TOP-Karte in Aich</i>
	<i>Kartenungenauigkeit in Stetten</i>
	<i>Ungenauigkeit Basicmap bei B 27 a</i>
Kontrollgang Abweichungsstellen	am 21.06.2001 (siehe Text)
max. Abweichung GPS-Signal - Karte	25 m an verschiedenen Stellen
Bedienung vor der Fahrt	Kalibrierung Ausgangshöhe
Bedienung während der Fahrt	Karte zoomen, um Detaillierungsgrad zu ändern
Ablesbarkeit Display während Fahrt	sehr gut
Orientierung anhand Basic-map	teilweise schlecht, da eingezeichnete Orientierungspunkte, wie z.B. Straßen sehr ungenau eingezeichnet
Beschilderung	sehr gut, da durchgehende Beschilderung

Anhang D

Fahrbahnzustand Straße	gut
Fahrbahnzustand Radweg	teilweise sehr schlecht (mit tiefen Schlaglöchern)
Anteil innerorts	27,5 %
Anteil außerorts	72,5 %
Anzahl Halte	0
e-trex ausgeschaltet	0
Abweichung beim Wiedereinschalten	-----
inkorrekte Geschwindigkeitsanzeige	-----
Aufwand Routenerstellung	45 Min.
Genauigkeit Karte bei Routenerstellung	meist recht gut, aber auch manchmal Kartenfehler, die große Auswirkungen haben
Zielerreichung (Schwierigkeiten)	Ziel leicht erreicht, trotz mehrfach falscher Wegewahl
Wegsuche (anhand Radwanderkarte)	0
auf Route verfahren (mit GPS-Empfänger)	4 x, aber Fehler schnell erkannt (nach max 100 m)
Wegsuche durch ungenaue Darstellung GPS-Empfänger	0, Weg war immer genau dargestellt, meist Ablesefehler oder nicht Erkennen in der Realität
falscher Weg durch GPS-Empfänger	0
Anzahl Wegpunkte als Orientierung	4, zur Kontrolle der Genauigkeit der Höhenbestimmung bei kalibriertem Höhenmesser

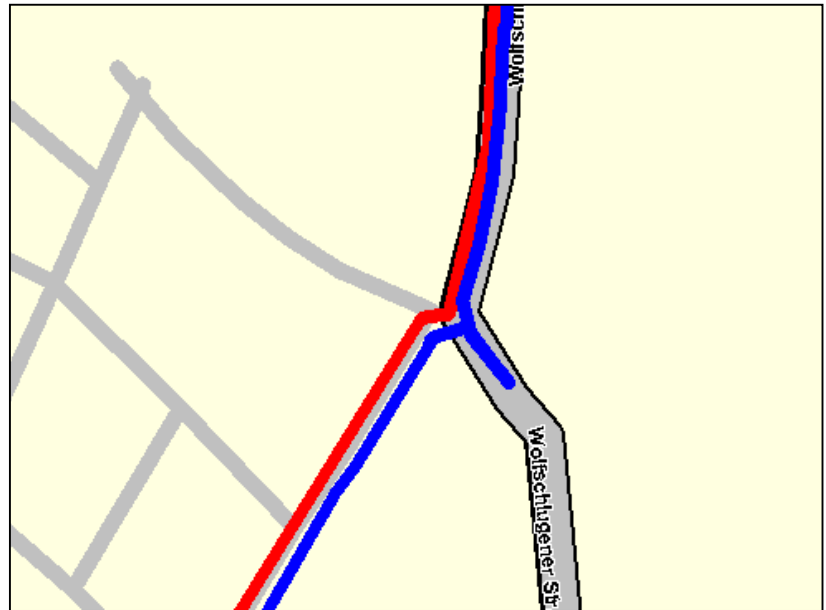
Anhang D

Probleme bei der Navigation mit dem Fahrrad

Problem 1:

(Karte Europe I von Tele Atlas)

Auf dem Display des GPS-Empfängers schwer abzulesende Richtung, da auf PC gezeichnete Linienführung (hier in rot) zu wenig detailliert.

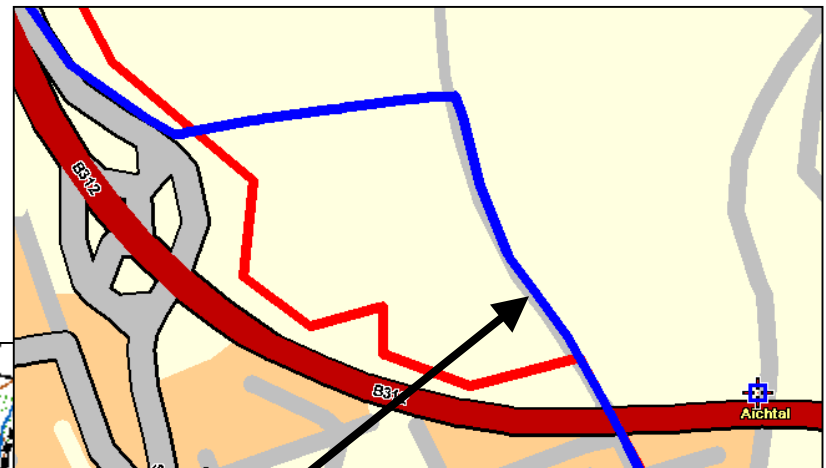


Problem 2:

(Karte Europe I von Tele Atlas)

Kartenfehler in der topografischen Radwanderkarte

eingezeichnete Radweg in Wirklichkeit nicht vorhanden !



Anhang D

Problem 3:

(Karte Europe I von Tele Atlas)

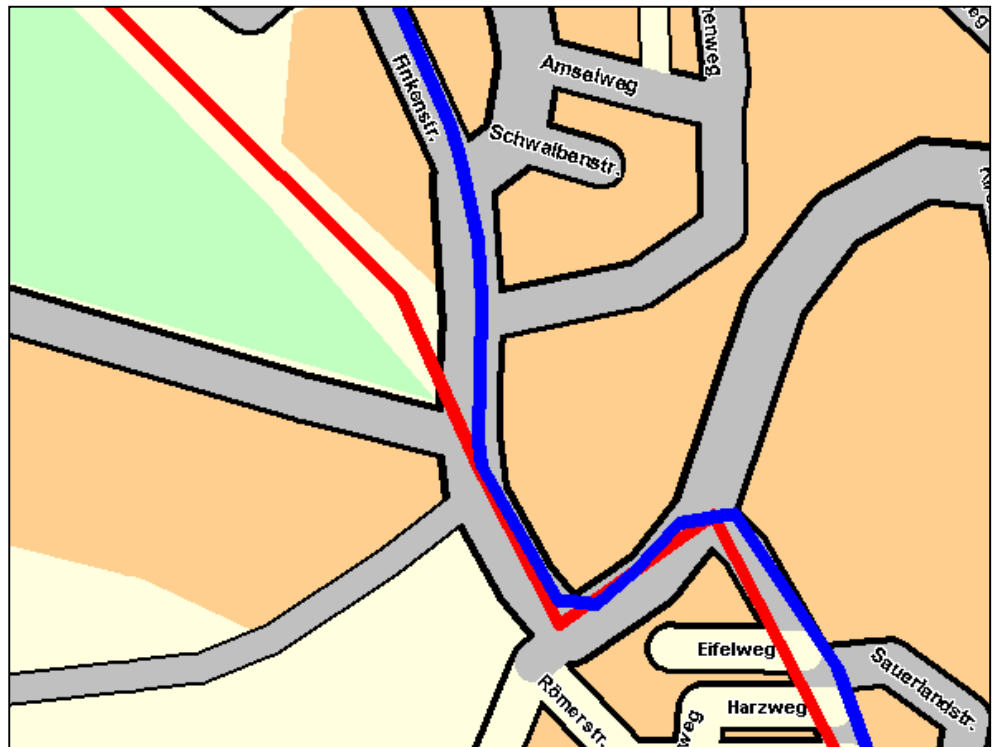
Nicht einsehbare
Abzweigung durch
parkende Pkw

rot:

eingezeichnete Track

blau:

tatsächlich gefahrene
Strecke



Problem 4:

(Karte Europe I von Tele Atlas)

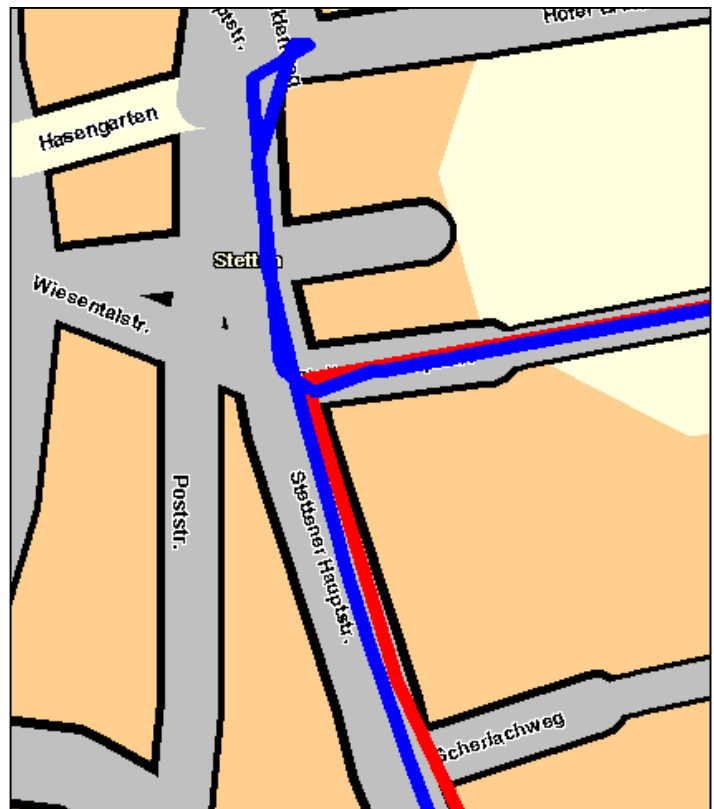
Nicht erkennbare Abzweigung durch hohe
gefahrte Geschwindigkeit und eintönige
Linienführung.

rot:

eingzeichnete Track

blau:

tatsächlich gefahrene Strecke



Anhang D

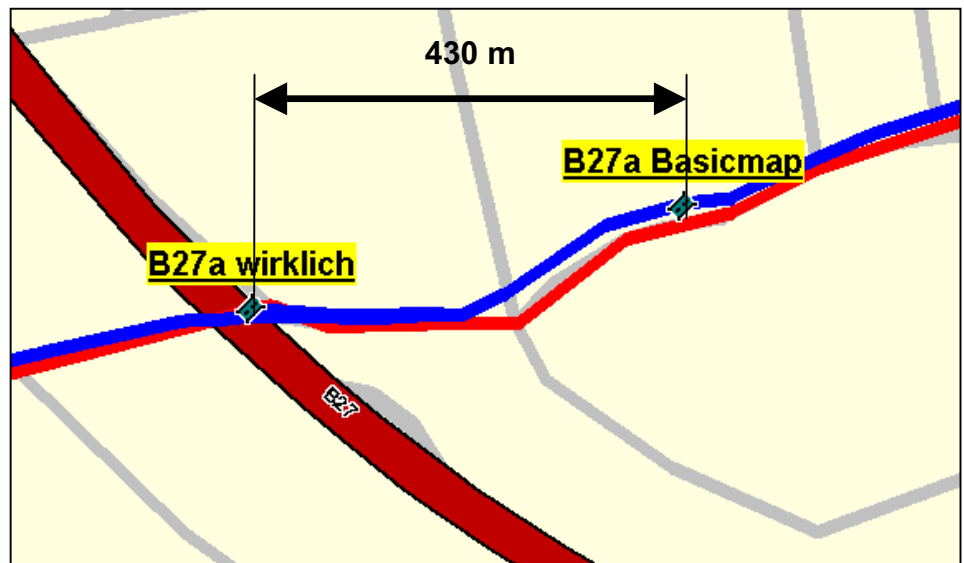
Problem 5:

(Karte Europe I von
Tele Atlas)

ungenau Darstellung
von Straßen auf der
Basicmap führt zur
Irreführung des Nutzers

Beispiel:

B 27 a bei Filderstadt



Anhang D 4: 4. Messfahrt im ländlichen Bereich

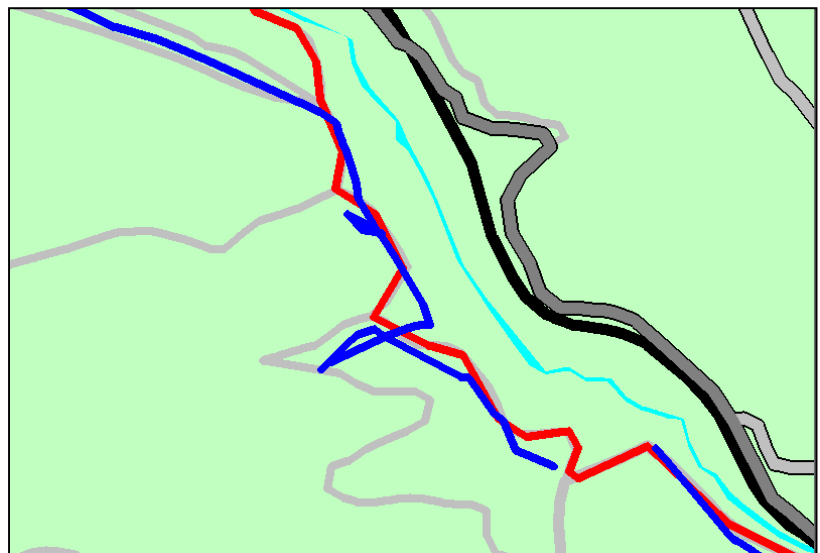
Übersichtsplan der Streckenführung (Karte Europe I von Tele Atlas)



Problem 1:

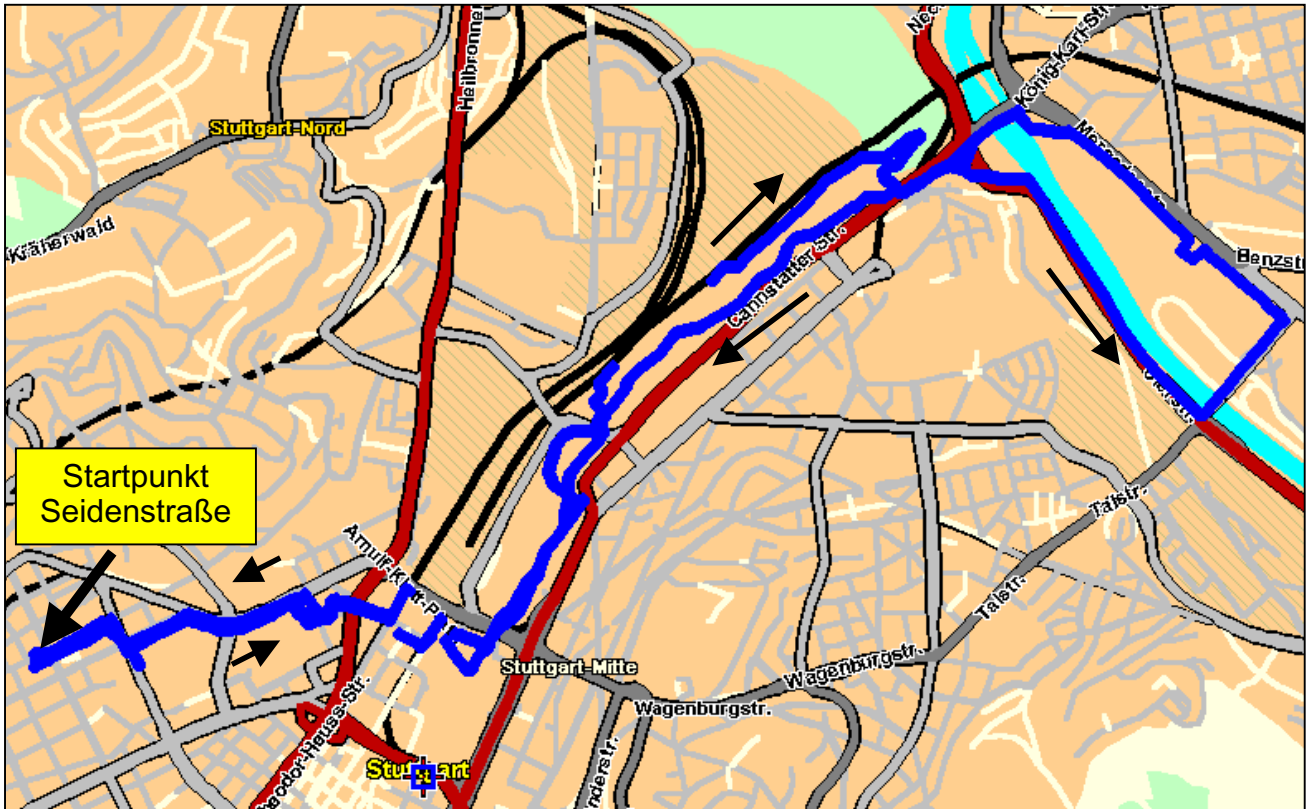
(Karte Europe I von Tele Atlas)

starke Probleme bei der Ermittlung der korrekten Position durch Signalabschattung durch dichtes Waldgebiet zwischen Rudersberg und Welzheim



Anhang E 1: 1. Messfahrt in städtischem Gebiet

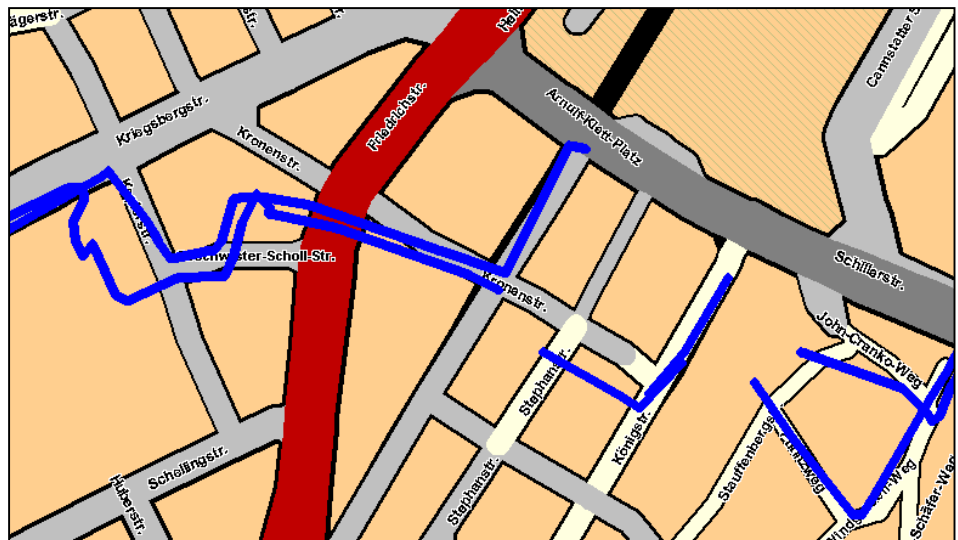
Übersichtsplan der Streckenführung (Stuttgart Innenstadt) (Karte Europe I von Tele Atlas)



Problem 1:

(Karte Europe I von Tele Atlas)

Signalauslöschung und große Abweichungen innerhalb dichter Bebauung

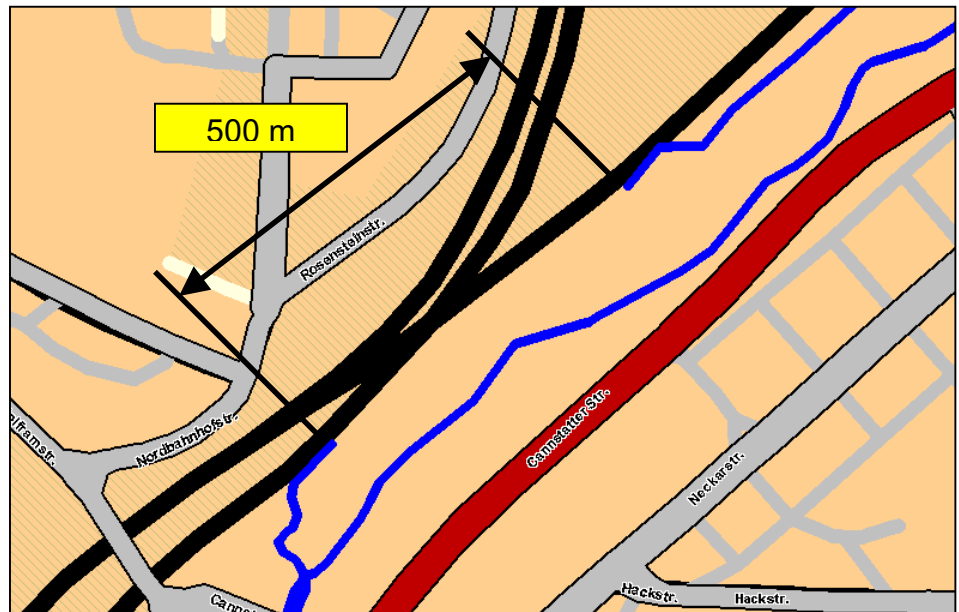


Anhang E

Problem 2:

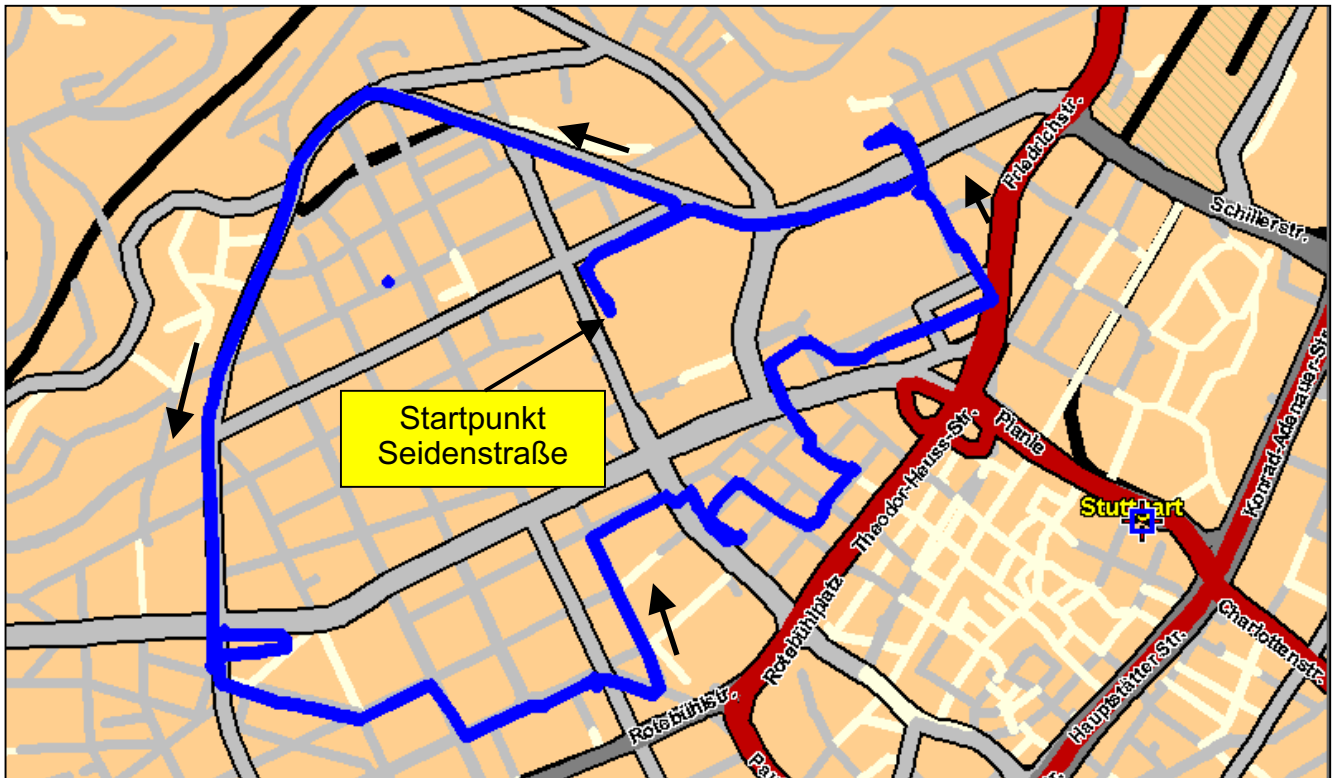
(Karte Europe I von Tele Atlas)

Signalauslöschung im
Rosensteinpark am
Bahngelände



Anhang E 2: 2. Messfahrt im städtischen Bereich

Übersichtsplan der Streckenführung (Stuttgart Innenstadt) (Karte Europe I von Tele Atlas)



Literatur

zu Radverkehr allgemein

- [1] ADFC Fakten – Argumente – Forderungen: Effektive Radverkehrsförderung (Februar 1997); www.adfc.de/stvo/fakten
- [2] ADFC Mit dem Fahrrad zur Arbeit; <http://www.adfc-bw.de>
- [3] ADFC Fachausschuss Tourismus Die ADFC „Radreiseanalyse 2001“; <http://www.radwelt-online.de>
- [4] Arbeitsgemeinschaft Fahrradfreundliche Städte und Gemeinden in NRW StVO, Wieso, weshalb, warum ...?; <http://fahrradfreundlich.nrw.de>
- [5] Ballner, M.; Unger, M.; Staut, F.; Rotter, C. John Boyd Dunlop; <http://schulen.asn-noe.ac.at/hswolkersdorf1/physik/dunlop.htm>
- [6] Bracher, T. Konzepte für den Radverkehr; Bielefelder Verlagsanstalt (1987)
- [7] Bracher, T. Entlastung des Stadtverkehrs durch Fahrradkuriere (Ort der Veröffentlichung unbekannt)
- [8] Bracher, T. Systematische Unterschätzung des Fahrradpotentials; In: Internationales Verkehrswesen 15 (1993) 1+2
- [9] Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND) BUND-Position zum Fahrradverkehr; <http://bund-berlin.de>
- [10] Bundesminister für Verkehr Zusammenfassende Auswertung von Forschungsergebnissen zum Radverkehr in der Stadt; In: Forschung Stadtverkehr, Heft A 7/1991
- [11] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen Erster Bericht der Bundesregierung über die Situation des Fahrradverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland; A22/20.00.85-30-98 Bonn im März 1999
- [12] Cibulski, B. Das Fahrrad ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor; In: rad.de, 27.05.2001
- [13] Dachale, H. Fahrrad-Masterplan; In: fairkehr Nr. 2/2000
- [14] Deckarm, M.; Roczen, L. Das Fahrrad – Produktion und Nachfrage (1998); <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de>
- [15] De Neyer, P. Histoire de la bicyclette ; Le vélo depuis le "Grand Bi" (1997) ; <http://www.inti.be/ecotopie/velohist.html>
- [16] Deutscher Asphaltverband Leitfaden: Radwege planen und bauen mit Asphalt; Giesel Verlag Isernhagen (1998)
- [17] Deutscher Bundestag Reden aus der Fahrrad-Debatte im Deutschen Bundestag, 108. Sitzung, 08. Juni 2000; <http://www.adfc-muenchen.de>
- [18] Deutscher Bundestag FahrRad – für ein fahrradfreundliches Deutschland; Drucksache 14/xx.xx.2001

Erklärung

- [19] Deutsche Bundesregierung Voraussetzungen für den Fahrradverkehr verbessern; <http://www.bundesregierung.de> (1997)
- [20] Europäische Kommission GD XI Fahrradfreundliche Städte: vorwärts im Sattel; Europäische Gemeinschaften (1999)
- [21] Forschungsverbund Wege zu einer umweltverträglichen Mobilität am Beispiel der Region Stuttgart (WUMS), Endbericht (2000)
- [22] Glaser, J. Citylogistik für Kuriere; Arbeitsbereich Stadt- und Regionalökonomie der TU Hamburg-Harburg
- [23] Institut für Landes- und Stadtentwicklungsfor- schung des Landes Nordrhein-Westfalen Die Bedeutung des Fahrrades für City-Logistik-Konzepte; Monatsbericht des Forschungsbereichs Verkehr 3/1997
- [24] Kaltenhauser, K.; Gies- auer, W.; Giesauer, M. Radfahren in den Niederlanden: Entwicklung des Radver- kehrs; VVL-Seminar WU Wien; <http://www.wu-wien.ac.at>
- [25] Klinkusch, K. Ohne schnelle Kurier läuft nichts mehr; In: Berliner Zeitung, 11.02.1993, Seite 26
- [26] Kuhlmann, T. Radlerkuriere in der City auf der Überholspur; Veröffentli- chung der IHK Frankfurt/M. (2000)
- [27] Leitgeber, A. Asphaltcowboys; In: Nürnberg Online, Nürnberg heute (2000); <http://www.nuernberg.de>
- [28] Mageos De l'équilibre permanent ; <http://mageos.ifrance.com/petit-velo/index20.htm>
- [29] Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie u. Verkehr des Landes NRW Aktionsplan zur Förderung des Radverkehrs in NRW; <http://www.fahrradfreundlich.nrw.de>
- [30] Schmidt, A.; Hermann, W.; Rochlitz, Dr. K.-H. FahrRad! Für eine offensive Fahrradpolitik in Deutschland - Diskussionspapier - (Stand 13.10.2000); <http://www.gruene-fraktion.de>
- [31] Stadtarchiv Stadt Karlsruhe Lebenslauf von Karl von Drais; http://www.karlsruhe.de/Historie/ bio_drais.htm
- [32] Tacheles Schnell wie der Rote Blitz; In: Tacheles, Ausgabe 11/1998
- [33] Theilmeier, T. Radgeschichte die Zweite; In: Kettenblatt 1/1999, ADFC Kreisverband Osnabrück (1999)
- [34] Verkehrsclub Deutschland (VCD) Fahrrad-Masterplan für Deutschland (Januar 2001); <http://www.vcd.org>
- [35] WU Wien Erlangen die Radlerstadt, „Erlangen in Zahlen“; <http://www.wu-wien.ac.at/lva/sem-chorherr/ws96-97>
- [36] WDR Fernsehen Quarks Script: Abenteuer Fahrrad; <http://www.quarks.de> (1998)
- [37] www.rad.de Entwicklung des Fahrrades (06. Juli 2000)
- [38] Pierre und Ernest Michaux; <http://www.pwp.starnetinc.com>

Erklärung

- [39] Großer Fahrrad-Atlas Deutschland; Deutscher Wanderverlag Dr. Mair&Schnabel&Co. KG
- [40] Radgeschichte im Zeitraffer; Silva Verlag (1998)
- [41] Dunlop Historie, vom Pionier zum Global Player
<http://www.dunlop.de/de/data/company/11histor.html>

zu Situation in der konventionellen Radverkehrnavigation

- [42] ADFC ADFC Rundschau 2/2001, Bayernteil: 11. Jahrgang, Heft 2/2001, April – Juni 2001; <http://www.adfc.de/bayern>
- [43] ADFC Fakten – Argumente – Forderungen: Effektive Radverkehrsförderung (Februar 1997); www.adfc.de/stvo/fakten
- [44] ADFC München Gradmesser 4/2000; <http://www.adfc-muenchen.de>
- [45] ADFC Region Stuttgart Verbindungen knüpfen..., RIDE: Radroutennetz in der Region Stuttgart
- [46] Alrutz, D. Vortrag beim FGSV-Kolloquium „Wegweisende Beschilderung“ 24./25.11.1999 in Kassel; <http://pgv-hannover.de>
- [47] Bielefelder Verlagsanstalt Radkarten; <http://www.bva-bielefeld.de/karten>
- [48] buch24.de Radfahrerstadtplan; <http://www.buch24.de>
- [49] C.R.O.W., Ede Niederlande Radverkehrsplanung von A bis Z; Institut für Normung und Forschung im Erd-, Wasser- und Straßenbau und in der Verkehrstechnik – Niederlande (1994)
- [50] Deutscher Asphaltverband Leitfaden: Radwege planen und bauen mit Asphalt; Giesel Verlag Isernhagen (1998)
- [51] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA 95)
- [52] Gwiasda, P.; Lenck, W.; Hörmann, W. Fahrradwegweisung; In: Fakten – Argumente – Forderungen des ADFC; <http://www.adfc.de>
- [53] Hessischer Landtag Antwort der Landesregierung auf die große Anfrage des Abg. Kaufmann (Bündnis 90/Die Grünen) und Fraktion betreffend Radverkehrspolitik in Hessen Drucksache 14/2961; Drucksache 14/2052, 13.06.1998
- [54] Hofmann, F. Empfehlungen zur Erstellung von Radwanderkarten (1999); ADFC Fachausschuss Kartographie; <http://www.fa.tourismus.adfc.de>
- [55] Lucks, G. Radkarten: Was können sie leisten ? (1997)
<http://www.ni.schule.de/~uho/adfc/radkarten.htm>
- [56] Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie u. Verkehr des Landes NRW Aktionsplan zur Förderung des Radverkehrs in NRW; <http://www.fahrradfreundlich.nrw.de>

Erklärung

- [57] Schäfer, D. Über den Kirchturmhorizont hinaus: überlokale Zusammenarbeit; Verkehr und Ökologie; In: Zeitschrift „Der Bürger im Staat“, Ausgabe 4/98
- [58] Ulbert, H.-J. Kartographische Radwegweisung; In: Monatsbericht FB-Verkehr 2/97, Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes NRW
- [59] Verkehrsclub Deutschland Fahrrad-Masterplan für Deutschland (Januar 2001); <http://www.vcd.org>

zu Grundlagen von Ortung und Navigation

- [60] City Garage AG Die Grundlagen der Satellitennavigation
http://www.city-garage.ch/technik/technik_navig.shtml
- [61] Czommer, R. Leistungsfähigkeit fahrzeugautonomer Ortungsverfahren auf der Basis von Map-Matching-Techniken (2001); <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2001/818>
- [62] Garmin Homepage What is GPS ?;
<http://www.garmin.com/abaoutGPS/index.html>
- [63] Häßler, A. Entwicklung einer GPS-Bibliothek in Java;
<http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2001/813>
- [64] Heimeier, H. Zur floristischen Kartierung mittels GPS-Geräten
<http://www.orchids.de/kartierung/index.html>
- [65] IGEB Interagency GPS, Executive Board; <http://www.igeb.gov>
- [66] Institut für Anwendung der Geodäsie im Bauwesen Prinzip des Map Matching
<http://www.uni-stuttgart.de/iagb/forschung/verkehr/pic/mapmatching1.gif>
- [67] Mercedes-Benz Handbuch Navigationssystem COMAND (2000)
- [68] Möhlenbrink, W. Manuskript zur Vorlesung Vermessungskunde I und II für Bauingenieure (Okt. 1999); IAGB Universität Stuttgart
- [69] Prinz, T. GPS online tutorial (2001);
http://ivvgeo.uni-muenster.de/Vorlesung/GPS_Script
- [70] Schumann, T. GPS – Woher und Warum ? (1996);
<http://ikmcip1.e-technik.tu-ilmenau.de>
- [71] Seeber, G.; Schmitz, M. Methodik der GPS- und DGPS-Messung;
In: geoinformatik_online 1/96
- [72] Universität Siegen Historische Entwicklung von Satellitennavigationssystemen;
<http://www.uni-siegen.de>
- [73] US-Verteidigungsministerium <http://www.usspace.spacecom.smil.mil>
- [74] Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes Abkürzungen (2001)
http://www.wsv.de/aktuelle_projekte/as030800.html

Erklärung

[75] Zerlauth, S. Grundbegriffe der GPS-Navigation;
<http://members.aol.com/explorezwo/gps.htm>

zu Marktübersicht von Radverkehrsnavigation

[76] Burkhardt, S. Vergleichstest GPS-Empfänger;
<http://saschabur.online.fr/gps-d-2.html>

[77] Garmin Homepage www.garmin.de

[78] GPS-Routen GPS-Routen (GPS-Datenbank); <http://www.gps-world.net>

[79] Frank, R. GPS-Geräte; In: VDI-Nachrichten, 01.Juni 2001

[80] Magellan Homepage [Magellan GPS-Geräte; http://www.magellangps.com](http://www.magellangps.com)

[81] Pace, S. ; Wilson, J.E. Global Positioning System, Market Projections and Trends in the Newest Global Information Utility (1998); The International Trade Administration Office of Telecommunications, U.S. Department of Commerce

[82] Reciz, S. BBBike; <http://bbbike.sourceforge.net/>

zu Eigener Messaufbau

[83] Garmin Corporation Benutzerhandbuch eTrex Vista (2001)

[84] Garmin Homepage www.garmin.de

[85] GPS GmbH FUGAWI Benutzerhandbuch

[86] Poly Electronic GPS Anwendungen – Tipps und Tricks;
<http://www.poly-electronic.ch/garmin-tips.htm>

zu Auswirkungen von GPS auf die Radverkehrsplanung

[87] Evers / Kasties Kompendium der Verkehrstelematik, Band 1 (1998); TÜV-Verlag GmbH, Köln

[88] GPS Shop <http://www.gps-shop.com/index.html>

[89] Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie u. Verkehr des Landes NRW Aktionsplan zur Förderung des Radverkehrs in NRW;
<http://www.fahrradfreundlich.nrw.de>