

# **EXPERIMENTELLE OPTIMIERUNG VON WEGLEITUNGSINFORMATION UNTER NUTZUNG VON KONTEXT INFORMATIONEN**

Bengler, K., Zimmer, A.

Universität Regensburg - Angewandte Psychologie  
Universitätsstr 93040 Regensburg Deutschland  
in Zusammenarbeit mit der  
BMW AG Abt. EW-1 München 80788 Germany

## **1 ABSTRACT**

Für den durchschnittlichen Fahrer stellt die Navigation in einem ihm unbekanntem Gebiet (strategische Handlungsebene) eine sehr beanspruchende Aufgabe dar, die neben der Fahraufgabe (taktische Handlungsebene) zu bearbeiten ist. In welchem Umfang er dabei Nutzen aus einem Wegleitungssystem in seinem Fahrzeug ziehen kann, hängt sehr von einer aufgabengerechten Präsentation der notwendigen Informationen ab. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, inwieweit Außenreize (Landmarks) und die Zusammenfassung dicht aufeinanderfolgender Informationseinheiten das Navigationsverhalten beeinflussen. Die Daten wurden in Experimenten sowohl mit einer Fahrsimulation als auch im Feld erhoben und zeigen, daß sich die Beifügung verkehrsbezogener Informationen und die Zusammenfassung dicht aufeinanderfolgender Hinweise positiv auswirken.

## **2 EINFÜHRUNG**

Sich in seiner räumlichen Umwelt zurecht zu finden, ist wohl die wichtigste Voraussetzung für zielgerichtetes Verhalten. Schon Tolman (1948) konnte zeigen, daß Ratten wie Menschen über hoch spezialisierte Fertigkeiten in diesem Bereich verfügen; später wiesen O'Keefe und Nadel (1978) nach, daß die von Tolman postulierten „kognitiven Landkarten“ im Hippocampus lokalisiert sind. Es ist plausibel anzunehmen, daß sich diese räumliche Orientierungsfertigkeit in Interaktion mit einer Umwelt herausgebildet hat, die durch Orientierungspunkte (landmarks), weitere stabile physische Eigenschaften wie Pflanzenneigung und Moosbewuchs sowie durch den Sonnenstand strukturiert ist. Daraus ist die wichtige Heuristik entstanden, wonach auch in einer komplexen Landschaft die kürzeste Verbindung zweier Punkte eine Gerade sei, es sei denn, dazwischen liegt ein schon von weitem erkennbares

Hindernis. In diesem Fall kommen weitere Heuristiken zum tragen, die den optimalen, d.h. kürzesten Umweg definieren. Diese Heuristiken der räumlichen Orientierung passen aber nicht mehr in die kulturell überformte Umwelt, in der wir heute leben: So entspricht die Geometrie unserer Städte nicht der euklidischen Geometrie, wie sie der kognitiven Landkarte bei Tolman zu Grunde lag, sondern einer sogenannten City-Block-Geometrie, die ein ganz anderes Orientierungsverhalten erfordert, weil die kürzeste Verbindung eben in der Regel nicht die Luftlinie ist. Dieser Tatbestand und die Schwierigkeit vieler Autofahrer, sich Karteninhalte so einzuprägen, daß sie danach fehlerlos eine ihnen unbekannte Strecke fahren können, führt dazu, daß für den modernen Straßenverkehr eine Unterstützung der Wegführung entwickelt werden muß. Die Anfänge dafür sind in den klassischen Wegweisern zu sehen, die aber voraussetzen, daß der sich an ihnen orientierende Verkehrsteilnehmer eine Liste von Entscheidungspunkten besitzt, ein sogenanntes Itinerar, wodurch die zu fahrende Strecke eindeutig definiert ist. Für einmalig gefahrene Strecken, ist die Anfertigung einer solchen Liste von Entscheidungspunkten möglicherweise noch sinnvoll, -Wegbeschreibungen von Experten oder von Beifahrern im Straßen-Rally haben exakt diese Struktur - aber für eine flexible Raumorientierung ist ein solches System nicht handhabbar. Aus diesem Grund sind elektronische Wegleitungssysteme entwickelt worden, die den Autofahrer in seiner Orientierungsaufgabe unterstützen sollen.

In Zukunft kann der Fahrer Wegleitungssysteme in seinem Fahrzeug nutzen, die ihm mit visuellen und auditiven Informationen den Weg zum Ziel weisen. Wenn auch in vielen technischen Entwicklungen die auditive Wegleitung wegen den Belastung des visuellen Kanals durch die Fahrtätigkeit im Vordergrund zu stehen scheint, kommt doch unter Sicherheitsaspekten vor allem einer in Bezug auf die menschliche Informationsverarbeitung optimierten Gestaltung visueller Wegleitung eine hohe Bedeutung zu. Die visuelle Komponente der Wegleitung dürfte vor allem beim Passieren komplexer Abbiegeknoten und der dichten Abfolge von Abbiegeknoten in den Vordergrund treten.

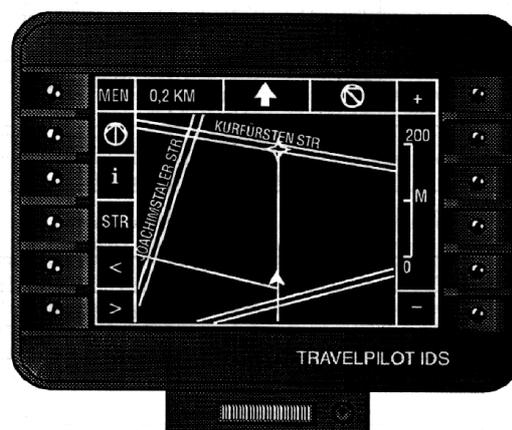


Abbildung 1: Display des Travepilot

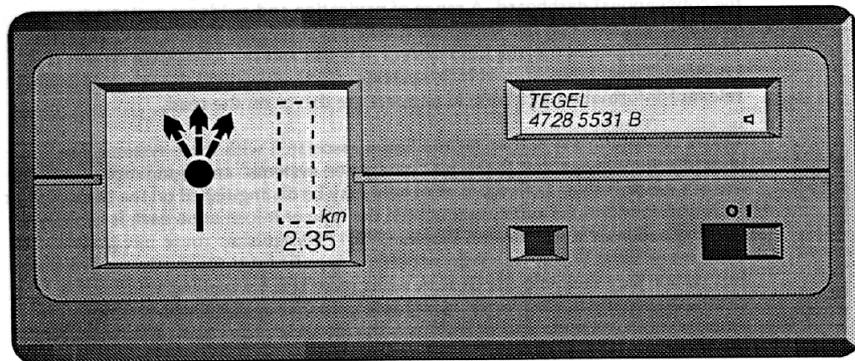


Abbildung 2: Display des Leit- und Informations Systems Berlin (LISB)



Abbildung 3: Display von Carin

Daher werden im Folgenden Varianten symbolisch-graphischer Wegleitung als verkehrssichere Alternative zu Kartendarstellungen und sinnvolle Ergänzung zur auditiven Wegleitung untersucht. Dabei wird berücksichtigt, daß Navigation und Zielfindung nur eine Teilaufgabe innerhalb der komplexen Fahraufgabe darstellen. Beispiele für das graphische Display von Leitsystemen finden sich in den Abbildungen 1-3.

## **2.1 Welchen Kriterien hat Wegleitinformation Rechnung zu tragen?**

Die Komplexität von Verkehrssituationen führt immer wieder zu Situationen, in denen die Informationsverarbeitungskapazität des Fahrzeugführers überfordert ist, er löst dieses Problem meist dadurch, daß er die aktuelle Situation auf prototypische Verkehrsmuster zurückführt, die ihm bekannt sind (Zimmer 1994). Diese Heuristik ist besonders effektiv in vertrauter Umgebung. Ist man jedoch ortsunkundig, dann passen erstens diese Muster nur unvollständig und dazu tritt zweitens die Zusatzaufgabe 'Navigation'; durch die es zur Überforderung kommt.

Engels & Dellen (1989) analysieren das Verhalten von Ortsunkundigen ohne Wegleitungssystem und stellen charakteristische Fehler bei Fahrern ohne Wegleitungssystem vor allem in folgenden Situationen fest:

- Vorfahrtsverletzungen (vor allem an Lichtsignalanlagen)
- Fehler bei Fahrstreifenwechsel
- Einfahr-, Wende- und Abbiegefehler.

Das Gesamtsystem 'Straßenverkehr' besteht für moderne Fahrzeuge aus Fahrer, Fahrzeug, Umwelt und Wegleitungssystem. Dadurch ändert sich bei der Benutzung eines Wegleitungssystems die Fehlercharakteristik im Straßenverkehr derart, daß die von Engels & Dellen (1989) gefundenen Fehler reduziert werden können oder aus einer anderen Ursachenkonstellation neue Fehlertypen zusammen mit alten auftreten. Die Ergebnisse aus mehreren Studien im Folgenden sind zusammengefaßt und sollen einen exemplarischen Überblick über Probleme geben, die bei der Verwendung von Wegleitsystemen auftreten:

- Überbeanspruchung und Fehlverhalten an zu anspruchsvollen Abbiegeknoten aufgrund streckenoptimierter Routen.
- Vergessensfehler und Verwechslungsfehler aufgrund zu früh dargebotener mehrdeutiger Hinweise.
- Mangelndes Vorbereitungsverhalten und gefährliche Abbiegemanöver durch verspätete Darbietung der Wegleitungsinformation
- "Kommandoeffekte" Gestalter & Fastenmeier (1991)
- Ablese- und Interpretationsfehler aufgrund mangelhaften Designs
- Beeinträchtigung des vorhandenen räumlichen Wissens bzw. der Orientierungsfähigkeit

Die Gestaltung einer nutzergerechten Wegleitinformation hat diesen negativen Effekten Rechnung zu tragen.

## **2.2 Wie läßt sich Information an die Bedürfnisse unorientierter Fahrer anpassen?**

Aus Untersuchungen zur Fahrerbeanspruchung im Straßenverkehr (Bengler 1995, Zimmer 1991, 1994; eine grundlagenorientierte Zusammenfassung findet sich in Dahmen-Zimmer & Zimmer, im Druck) lassen sich folgende Gütekriterien für die Gestaltung von nutzergerechten Wegleitsystemen aufstellen:

- Die Ableседauer der graphischen Darstellung sollte 1-2 sec nicht übersteigen.
- Die Anzahl der Ablesungen ist generell zu minimieren.
- Durch die Art der Darstellung sollen Ablesungs- und Interpretationsfehlern verhindert werden.
- Die Kontrolle der Navigation muß beim Fahrer liegen, der durch angemessenes Timing der Informationspräsentation nicht 'kommandiert' werden soll.
- Das Wegleitungssystem soll dem Fahrer Handlungsalternativen aufzeigen

Zur Erreichung dieser Gütekriterien ergeben sich aus den Untersuchungen zum menschlichen Orientierungsverhalten folgende Maßnahmen zur Gestaltung der Wegleitungsinformation:

### ***- Topologische Codierung der Straßenführung***

Es wird keine topographische Karte präsentiert, sondern eine stark symbolisierte Darstellung der Straßenlage um den Abbiegepunkte. Winkel werden auf Vielfache von 30° abgebildet und Entfernungen ordinalskaliert wiedergegeben.

Die vereinfachte Darstellung begünstigt schnelle und fehlerrobuste Ablesung der Wegleitinformation. Darüberhinaus ist bekannt, daß für den Fahrer detailliertere Informationen (Winkeltreue, Längentreue) aufgrund orthogonalisierender und normalisierender Effekte nicht über die Maßen nützlich wären. Bekanntermaßen treten diese Effekte im Zusammenhang mit der Verarbeitung geographischer Fakten auf. (s. hierzu auch Evans (1980)Tversky (1981), Moar & Bower(1983), Nelson & Chaiklin 1980))

### ***- Darstellung größerer geographischer Zusammenhänge (Straßenzüge)***

Die topologische Darstellung des Abbiegepunktes ist vollständig in Hinsicht auf die Existenz von Straßenzügen. Alle Straßenzüge werden dargestellt, die in einem Umkreis von 15 Sekunden Fahrzeit um den Entscheidungspunkt liegen und direkt an die aktuell befahrene Straße angrenzen.

Der Fahrer erhält damit auch die Möglichkeit, eine Alternative zu einer Systemempfehlung zu wählen, die aktuell nicht durchführbar ist. Die empfohlene Zielstraße kann zudem von ähnlichen Straßenzügen durch die dargestellte Straßenlage besser differenziert werden.

### ***- Einbeziehung der Vorfahrtsregelung als Landmarks***

Um Verwechslungen von Straßenzügen in dicht bebauten und eng strukturierten Umgebungen zu vermeiden, wird die Zielkreuzung durch Bezug zur Außensituation ("Landmarks") in der Umgebung des Abbiegeknotens näher beschrieben. Dazu wird die am Entscheidungspunkt herrschende Vorfahrtsregelung und die Zulässigkeit angrenzender Verkehrswege angezeigt. Diese Information ist nach Green, & Brand (1990) gerade für den nicht Ortskundigen sehr hilfreich. Auf die Anzeige aller Vorfahrtsregelungen im dargestellten Straßenausschnitt wird verzichtet, um die Darstellung nicht zu überlasten.

### **- Integrierte vs. separierte Darstellung der Wegleitinformation**

Die wichtigste Komponente der Darstellung ist die empfohlene Abbiegerichtung. Zusätzlich werden die Lage und Beschaffenheit des Abbiegepunktes von Interesse sein. Somit bieten sich zwei alternative Darstellungsformen an, die als "integriert" bzw. "separiert" bezeichnet werden. Die integrierte Darstellung stellt Informationen (Straßenlage, Vorfahrtsregelung, Abbiegerichtung) in einer Gesamtdarstellung dar; die separierte Darstellung zeigt den Abbiegehinweis mit Vorfahrtsregelung zentral und in der linken unteren Ecke eine auf 40% reduzierte integrierte Darstellung der Gesamtsituation.



Abbildung 4: Separierte vs. Integrierte Darstellung

### **- Kombinierte Darstellung von Handlungseinheiten**

Handlungen in dichter zeitlicher Abfolge (< 15 sek) werden in einer komplexen Darstellung zusammengefaßt. Der Fahrer kann einen vorausschauenden Fahrstil pflegen, da er den weiteren Fahrtverlauf kennt; eine Verringerung der Ablesevorgänge ist zu erwarten. (s. Schraagen, 1992)

Die Effizienz der beschriebenen Maßnahmen werden im folgenden Experiment geprüft.

## **3 SIMULATOREXPERIMENT**

### **3.1 Methode**

#### *3.1.1 Fahrsimulation*

Die Simulationsexperimente wurden in einem Labor der Universität Regensburg durchgeführt. Über einen Videorecorder werden auf einem vor dem Fahrzeug aufgebauten TV Monitor (Bild diagonale 63 cm) oder LCD-Projektor Videofilme aus Fahrerperspektive dargeboten. Im Fahrzeuginnenraum (BMW 325i) befindet sich ein Lautsprecher zur Darbietung der Fahrgeräusche. Die Bedienung des Gaspedals und der Bremse durch die Versuchsperson hat keinen Einfluß auf die Geschwindigkeit des Videofilms, wodurch während der Experimentalfahrten der zeitliche Entscheidungsdruck erhöht wird, den die Versuchspersonen nicht durch Bremsen mindern können. In das untere Drittel des Videobilds wird ein rechnergeneriertes weißes Fadenkreuz eingeblendet, das laut Instruktion mit Hilfe des Lenkrads auf Fahrspurmitte zu halten ist; durch diese Aufgaben wird eine Anforderung

auf der taktischen Handlungsebene simuliert, die der Querstabilisierung beim Fahren entspricht. Die Navigationshinweise werden auf einem 14" Bildschirm außerhalb des Fahrzeugs entsprechend vergrößert dargeboten, sodaß die Größe der Hinweise einem Display von 6" Bilddiagonale in 60 cm Betrachtungsabstand entspricht. Die Versuchspersonen können durch Ziehen des Hebels für die Tempomatbedienung (an der Lenkradsäule rechts) diesen Navigationshinweis bei Bedarf abrufen. Die Wegleitinformation wird nur solange angezeigt, wie die Versuchsperson den Hebel gezogen hält, ansonsten wird die Information wieder ausgeblendet (vergleichbar der Lichthupe). Die Verfügbarkeit eines neuen Hinweises wird durch ein kurzes peripher wahrnehmbares Aufflackern des Bildschirms angezeigt. Der zeitliche Abstand variiert mit den untersuchten Verkehrssituationen, dabei ist eine Minimalzeit von 15 Sekunden zwischen dem Ausreten neuer Information und dem Zeitpunkt der Reaktion gewährleistet. Die Versuchsperson erhält keine akustische Hilfestellung.

Während des Versuchs werden als abhängige Variablen erhoben:

- Bedienung des Wegleitungssystems
- Lenkwinkel
- Blinkerbedienung und
- Präferenzen der Versuchspersonen via Fragebogen.

### 3.1.2 Versuchspersonen

Versuchspersonen waren 24 Personen zwischen 21 und 49 Jahren. Bei der Auswahl der Versuchspersonen wurde auf Fahrerfahrung von mehr als 10.000 km geachtet. Die Sehschärfe aller Teilnehmer war zum Zeitpunkt des Versuchs normalsichtig oder korrigiert, die Versuchspersonen konnten ohne Videodarbietung das Display ablesen.

### 3.1.3 Versuchsablauf

Jede Versuchsperson absolvierte zu Beginn der Sitzung zunächst ein Training (ca. 16 min; 19 km), danach eine Trainingsfahrt mit der Anzeigevariante und im Anschluß zwei Experimentalfahrten Route 3 und Route 4 zwischen 15 und 20 Minuten. Die dargebotenen Strecken befinden sich überwiegend im Stadtbereich der Städte München, Regensburg und Ingolstadt. Die Versuchspersonen wurden instruiert, die Navigationhinweise mit dem Lenkrad zu befolgen und verkehrssicher zu blinken. Sie besaßen keine Kenntnis der Route und des Ziels und waren größtenteils ortsunkundig. Die Wegleitinformation wurde in den Varianten „Mit Landmarks“ (i.e. Verkehrszeichen) und „OhneLandmarks“ sowohl „integriert“ als auch „separiert“ dargestellt.

## 3.2 Ergebnisse

### 3.2.1 Blink- und Lenkfehler

Es werden drei verschiedene Typen von Blinkfehlern bzw. Lenkfehlern der Versuchspersonen unterschieden:

*Typ 1 "zu früh":*

Es wird zu früh geblinkt/gelenkt und erkennbar wieder abgebrochen.

*Typ 2 "zu spät":*

a; Es wird zu spät geblinkt/gelenkt.

b; Es wird nicht geblinkt/gelenkt.

*Typ 3 "falsch":*

Es wird geblinkt/gelenkt; jedoch in die falsche Richtung. Meist ist eine Korrekturhandlung mit Überkompensation erkennbar.

Die Erhebung der Fehlerdaten erfolgt durch Vergleich der Lenkdaten mit fehlerfreien Lenkdaten eines orts- und routenkundigen Fahrers. In die Auswertung gehen nur deutlich erkennbare Fehler ein, die während der Annäherungsphase an den Abbiegepunkt begangen worden sind. Fehler während Geradeaus-Fahrt werden nicht gezählt.

Die mit den einzelnen Darstellungsvarianten beobachteten Fehlerhäufigkeiten  $h$ , wurden mit einem  $\chi^2$ -Unabhängigkeitstest verglichen:

$$H_0: h_1 = h_2$$

$$H_1: h_1 \neq h_2$$

Tabelle 1. Absolute und relative Häufigkeiten der Blink- und Lenkfehler in Abhängigkeit der Darstellung („mit Landmarks“ vs. „ohne Landmarks“) summiert über Route 3 und Route 4 und integrierte oder separierte Modalität.

Displaytyp	Lenkfehler			Blinkfehler		
	mit	ohne	●	mit	ohne	●
Typ 1	9 .037	8 .05	17	7 .029	14 .08	21
Typ 2	14 .06	18 .10	32	5 .02	17 .1	22
Typ 3	4 .02	3 .02	7	1 .005	3 .02	4
●	27 .11	29 .17	43	13 .05	34 .19	47
N	245	175		245	175	

(N gibt die Anzahl der durchfahrenen Abbiegesituationen an)

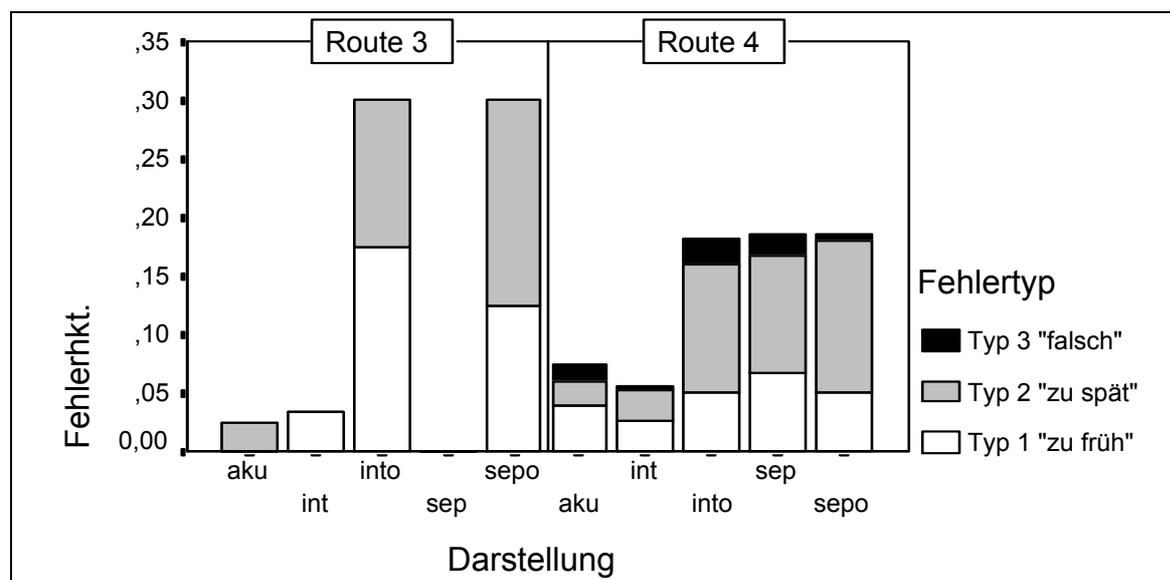


Abbildung 5: Summierte Häufigkeit der Blinkfehler der beiden Experimentaltalrouten

(aku=mit akustischer Komponente; int=integrierte Darstellung mit Landmarks; sep=separierte Darstellung mit Landmarks; into=integrierte Darstellung ohne Landmarks; sepo=separierte Darstellung ohne Landmarks).

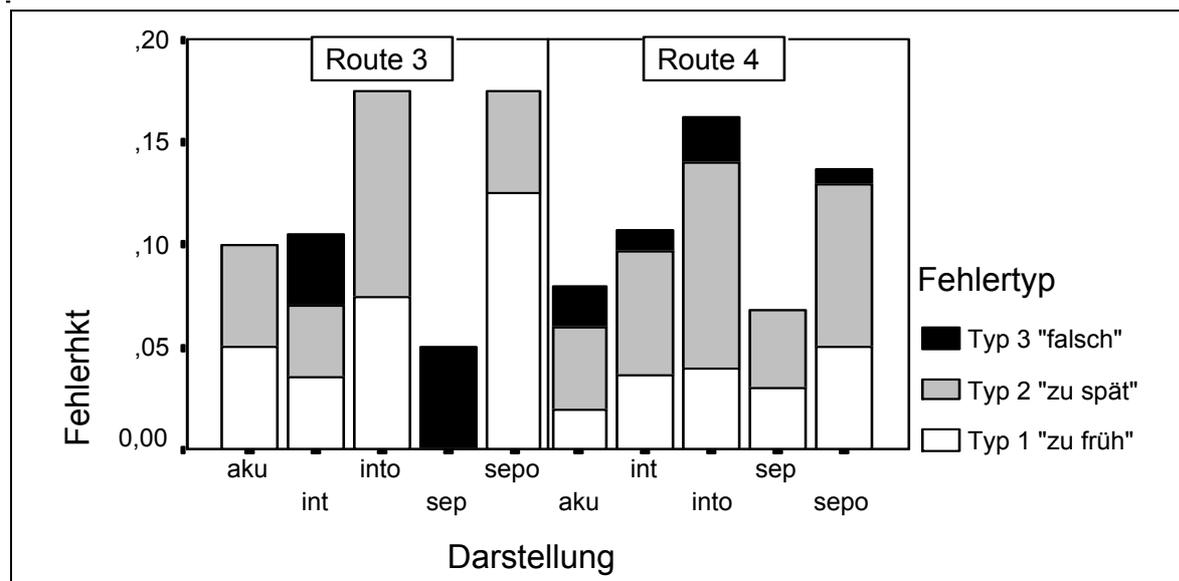


Abbildung 6: Summe der Lenkfehler [Typ1, Typ2, Typ3] über alle Versuchspersonen für verschiedene Darstellungsformen

Es ergeben sich folgende  $\chi^2$  Werte:

Lenkfehler:  $\chi^2_{\text{ber}} = 2.26$

Blinkfehler:  $\chi^2_{\text{ber}} = 19.09^{**}$

Die Prüfgröße beträgt bei  $df=1$  und  $p(\alpha)=.05$   $\chi^2 = 3.84$ .

Die Nullhypothese wird im Fall der Lenkfehler beibehalten.

### 3.2.2 Blickverhalten

Eine genaue Analyse der beobachteten Blickzuwendungen zeigt, daß sich die Darstellungsformen bezüglich der Betrachtungshäufigkeiten trotz unterschiedlichen Informationsgehalts nicht signifikant unterscheiden.

Ebenfalls führen Landmarks zu keiner signifikanten Verlangsamung des Ablesevorgangs jedoch zu einer Zunahme der Varianz der Betrachtungszeiten.

Durch Zusammenfassen von Wegleitungsinformationen kann Zuwendungszeit eingespart werden. Allerdings hängt die Zeitersparnis stark von der Art des Abbiegevorgangs und der Straßenlage ab. Die Kombination U-förmiger Abbiegevorgänge erbringt positivere Ergebnisse als die Kombination von links/rechts bzw. rechts/links Hinweisen. Die Versuchspersonen begrüßen die Kombination von Abbiegehinweisen. Aufschluß über das Zeitbudget bei

<sup>1</sup> Abbiegehinweis, Straßenlage, Beschilderung etc.

Kombinationen und die Komplexität verschiedener Darstellungsformen geben die Arbeiten von Härtling, Bengler & Zimmer (1996) und Strohbach (1996).

### 3.2.3 Betrachtungszeitpunkte

Eine Analyse der Betrachtungszeitpunkte geht ein auf die Interferenz der Navigation mit den übrigen Teilaufgaben der Fahraufgabe, die der Fahrer während des Abbiegens zu bearbeiten hat. Zu diesem Zweck wird für jede Beobachtung der zeitliche Abstand zum Abbiegepunkt ermittelt.

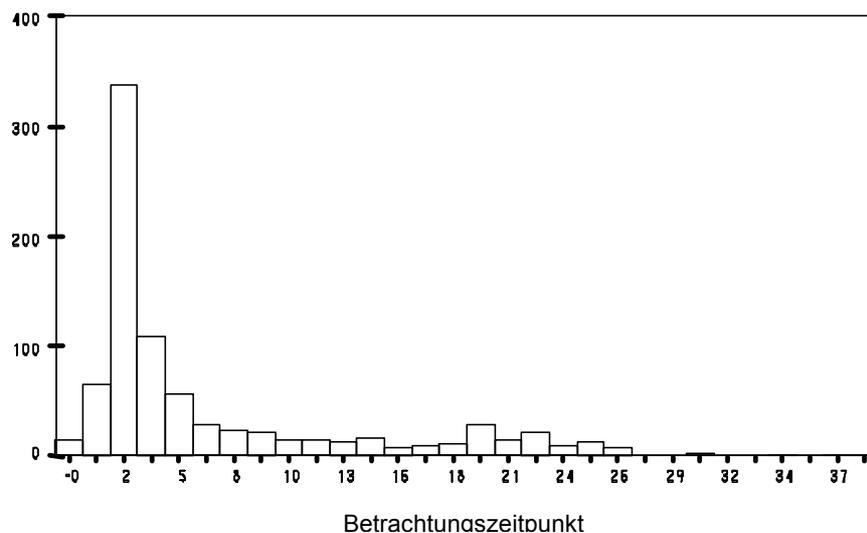


Abbildung 7: Betrachtungszeitpunkte für Route 4 als Sekundenabstand vom Präsentationszeitpunkt; Beginn der Abbiegung bei 15 sec.

Es zeigt sich, daß mehr als die Hälfte der Beobachtungen in den ersten 3 bis 3.5 Sekunden nach der Darbietung erfolgen, unabhängig von der Darstellungsart der Information. Ein zweites Maximum ist im Intervall Sekunde [20; 23] nach Darbietung zu verzeichnen. Diese Häufung ist auf Betrachtungen von kombinierten Darstellungen nach dem ersten Abbiegevorgang zurückzuführen. Bei kombinierten Darstellungen werden zwei dicht aufeinanderfolgende Abbiegehinweise zu einer Darstellung zusammengefaßt, die nicht rotiert wird, nachdem der erste Abbiegeknoten durchfahren ist. Kontrollblicke stellen vor allem bei einfachen Darstellungen die Ausnahme dar und werden selten in der Annäherungsphase vorgenommen. Die verschiedenen Darstellungsformen unterscheiden sich in diesem Fall nicht voneinander.

### 3.3 Diskussion

Der Einsatz der Vorfahrtsbeschilderung als Landmark verringert die Häufigkeit von Lenkfehlern nur wenig. Allerdings werden Blinkfehler signifikant vermindert. Das Ergebnis spricht für die Anwendung dieses Konzepts. Die geringere Abnahme der Lenkfehler kann auf die Methode der Simulation zurückzuführen sein, da die Versuchsperson ihre Fehlentscheidung unter Umständen vor der Lenkradbedienung aus dem Videofilm erahnen kann. Die Vorteile der Vorfahrtsbeschilderung als Landmark - über die oben angeführten Gründe hinaus - sind offensichtlich. Durch die vorhandenen Beschilderungsvorschriften sind die Beeinträchtigungen der Ablesbarkeit durch tageszeitliche Schwankungen und Verdeckungen im Gegensatz zu anderen baulichen Gegebenheiten (Gebäude, Tankstellen, Denkmäler etc. ) minimal. Auf die Anzeige von Straßennamen und Richtungen als Landmark während der Fahrt wird bewußt verzichtet, um beanspruchende Ablesungen von Schriftzügen

in der Ausführungsphase und Einleitungsphase und Interaktionen mit der symbolischen Darstellung zu vermeiden. Es zeigt sich, daß in den Simulationsexperimenten unabhängig von der Darstellungsart in den ersten 3 bis 3.5 Sekunden nach der Darbietung die Aufnahme der Wegleitinformation erfolgt. Weitere Ablesungen finden erst nach der Abbiegephase statt. Diese Aussage wird gestützt durch das Datenmaterial von Härtling et al. (1996), das in einem weiteren Simulationsexperiment erhoben wurde. Diese wünschenswerte Blickstrategie wird unter Umständen durch den eher statischen Charakter der Darstellung gefördert, da während des Annäherungsvorgangs keine Aktualisierungen (Entfernungsanzeige, Rotationen etc.) vorgenommen werden. Angestrebt wird eine Darstellung, die es dem Fahrer erlaubt, die notwendige Information möglichst weit entfernt von der Kreuzung aufzunehmen. Blickzuwendungen im Kreuzungsbereich sollen so weit wie möglich ausgeschlossen werden. Dies stützt die Vorgehensweise, im Annäherungsbereich an die Kreuzung möglichst wenig Änderungen an der graphischen Komponente der Wegleitung vorzunehmen. Diese Forderung wird durch die formulierten Gestaltungsregeln der Wegleitinformation unterstützt und im vorliegenden Fall erfüllt.

Die Ergebnisse der Videosimulation wurden anhand der Betrachtungszeiten durch einen Feldversuch validiert, der auf einer der Routen durchgeführt wurde, mit  $r = .87$  bzw.  $r = .79$  für verschiedene Darstellungsformen. Abschließend bleibt die Frage zu beantworten, ob durch methodische Änderungen oder weitere Aufbereitung der Navigationshinweise auch die Häufigkeit der Lenkfehler verringert werden könnte und welche Rolle der Akustik im Zusammenspiel mit graphischer Wegleitung zukommt. Die Ergebnisse zeigen, daß durch die Einbeziehung von Ergebnissen aus der experimentellen Forschung zur Raumorientierung Wegleitsysteme besser an den Nutzer angepaßt werden können; dies hat Implikationen für den Verkehrsfluß und die -sicherheit. Eine Einbeziehung von aktuellen Verkehrsdaten über RDS-TMC (Brackmann, 1994) läßt darüberhinaus in Zukunft ein situations- und bedarfsgerechtes Verkehrsmanagement zu.

#### 4 LITERATUR

Brackmann, N. (1994) Die Warnung kommt zu spät - Probleme der Hörfunkwarnung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Massenunfälle, Bergisch Gladbach, M 35, 60-64.

Engels, K. & Dellen, R.G. (1989). Der Einfluß von Suchfahrten auf das Unfallverursachungsrisiko. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 5, 93-100.

Evans, G.W. (1980). Environmental cognition. *Psychological Bulletin*, 88, 259-287.

Evans, L. (1970). Automobile-speed estimation using movie-film simulation. *Ergonomics*, 13(2), 231-237.

Green, P. & Brand, J. (1992). *Future in-car information systems: input from focus groups*. SAE Technical Paper Series No. 920614, Warrendale, PA.

Gstalter, H. & Fastenmeier, W. (1991). *Components of test routes for the evaluation of in-car navigation systems. DRIVE Project V1017 (BERTIE), Report No. 69*, CEC Director XIII, Brussels.

Härtling, A., Bengler, K. & Zimmer, A. (1996) Experimentelle Untersuchungen graphischer Navigationsweise unterschiedlicher Komplexität. In: A. Schorr (Hg). *Experimentelle Psychologie*. Lengerich: Pabst Publ, 105.

Moar, I. & Bower, G.H. (1983). Inconsistency in spatial knowledge. *Memory & Cognition*, 11, 107-113.

Nelson, T.O. & Chaiklin, S. (1980). Immediate knowledge for spatial location. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 6, 523-545.

O'Keefe, J. & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press.

Schraagen, J.M.C. (1992). Use of different types of map information for route following in unfamiliar cities. In v.Winum, W., Alm, H. Schraagen, J.M. & Rothengatter, T. (Hrsg.), *Laboratory and field studies on route representation and drivers' cognitive models of routes. Drive project V1041 (GIDS)*. Groningen: Traffic Research Centre.

Strohbach, K. (1996). *Eine computergestützte Untersuchung zur Wahrnehmung von Navigationsinformation*. Diplomarbeit. Universität Regensburg.

Tolman, E.C. (1948) Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55, 189-589.

Tversky, B. (1981). Distortions in memory for maps. *Cognitive Psychology*, 13 407-433.

Zimmer, A. (1994). Das unbegreifliche Verhalten - psychologische Erkenntnisse. In: Bundesanstalt für Straßenwesen (Hg). *Massenunfälle*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 38-51.

Zimmer, A., Körndle, H. & Dahmen-Zimmer, K. (im Druck) Bestimmung von situationsbezogenen Sicherheitskenngrößen im Straßenverkehr. Abschlußbericht für die Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach.

Zwahlen, H.T. & DeBald, D.P. (1986). Safety aspects of sophisticated in-vehicle information displays and controls. *Human Factors Society 30th Annual Meeting*, Santa Monica, CA: Human Factors Society.