

Inhaltssensitive Navigation in der Verkehrsleitzentrale

Tobias Schwarz¹, Simon Butscher², Jens Müller², Harald Reiterer²

Siemens AG, München¹

Arbeitsgruppe Mensch-Computer Interaktion, Universität Konstanz²

Zusammenfassung

Kontextsensitive Informationen sind für die Überwachung von Prozessen in Leitwarten von essentieller Bedeutung, werden jedoch in aktuellen Benutzungsoberflächen unzureichend beachtet. Dieser Beitrag stellt am Beispiel einer Verkehrsleitzentrale ein ganzheitliches Interaktionskonzept für die Navigation und Überwachung eines komplexen Netzes vor. Hierzu wird der Ansatz einer inhaltssensitiven Navigation verfolgt. Ziel ist es, sowohl die Navigation im Straßennetz zu verbessern, als auch die Verfügbarkeit kontextsensitiver Information zu gewährleisten. Weiterhin werden die Ergebnisse einer Evaluation des Interaktionskonzeptes berichtet.

1 Einleitung

Ziel des Forschungsprojektes „Holistic Workspace“ ist die Gestaltung einer ganzheitlichen Arbeitsumgebung für Operatoren in Leitwarten. Im Rahmen des Projektes wurde eine domänenübergreifende Nutzungskontextanalyse in Leitwarten durchgeführt. Diese zeigte auf, dass die Operatoren bei der Arbeit in Informationsräumen mit netzwerkartiger Struktur, wie beispielsweise bei Straßen-, Strom- und Wasserversorgungsnetzen, nicht ausreichend unterstützt werden (Schwarz et al. 2010). Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde eine weitere Verkehrsleitwarte zur Autobahnüberwachung untersucht. In diesem Kontext ist die ständige Überwachung des Verkehrsaufkommens fester Bestandteil der Arbeit von Operatoren. Hierfür stehen generell zwei Displays zur Verfügung: Ein großes Display, welches das zu überwachende Straßennetz zeigt, sowie ein kleines Display, welches eine detaillierte Darstellung des Verkehrsaufkommens eines Streckenabschnitts anzeigt. Die derzeitige Arbeitsumgebung sieht keine Verbindung zwischen den einzelnen Displays vor. Die Operatoren identifizieren auffällige Streckenabschnitte mit Hilfe der Übersichtskarte auf dem großen Display und wechseln anschließend manuell auf den entsprechenden Abschnitt in der Detaildarstellung des kleinen Displays. Aufgrund der begrenzten Fläche des großen Displays kann dabei stets nur ein Ausschnitt des Autobahnnetzes oder das gesamte Netz mit geringerem Detailgrad dargestellt werden. Um einen relevanten Streckenabschnitt (z. B. Stauanfang) zu identifizieren, ist

der Operator darauf angewiesen, durch die Kartendarstellung zu navigieren. Die Navigation entlang des Straßenverlaufs ist bislang lediglich über ein vertikales/horizontales Scrollen oder Pannen möglich, wodurch der Navigationsprozess in künstliche Teilschritte zerlegt wird. In diesem Beitrag wird ein Navigationskonzept vorgestellt, welches dem Operator eine geführte Navigation entlang der Straßen (*inhaltssensitive Navigation*) ermöglicht. Um an Detailinformationen zu einem Streckenabschnitt zu gelangen, muss der Operator bei heutigen Systemen den Kontext durch eine erneute Interaktion anwählen. Eine *inhaltssensitive Navigation* hingegen schafft die Möglichkeit, Detailinformationen eines sich aktuell im Fokus befindlichen Straßenabschnitts bereits während der Navigation bereitzustellen. Unter Berücksichtigung der Kernaktivitäten von Operatoren wird im Beitrag ein Konzept vorgestellt, welches die Verfügbarkeit dieser Detailinformationen in Kombination mit der *inhaltssensitiven Navigation* gewährleistet.

Aufgrund der beschriebenen Situation und auf Basis der vor Ort durchgeführten Analyse ergeben sich folgende Fragestellungen: (F1) *Wie kann die Navigation entlang von Straßen optimiert werden?* (F2) *Wie können durch geeignete Visualisierungen Detailinformationen dargestellt werden?* Um diese Fragen zu beantworten, wurde das im Beitrag vorgestellte Konzept in einer experimentellen Benutzerstudie überprüft.

2 Verwandte Arbeiten

Navigation: Für die *Navigation in Informationsnetzen* und *Graphen* gibt es zahlreiche Herangehensweisen. Die am weitesten verbreitete Methode ist Pan&Zoom. Beim Pannen mit der Maus ist jedoch der Weg, welcher durch eine einzelne Pan-Operation zurückgelegt werden kann, begrenzt. Des Weiteren bedarf die Navigation in großen Informationsräumen mittels Pannen und Zoomen eines erhöhten zeitlichen Aufwandes (Moscovich et al. 2009). Zahlreiche Forschungsprojekte haben versucht, die Verbindung von Pan&Zoom zu optimieren (Igarashi & Hinckley 2000, Pietriga et al. 2007). Die meisten dieser Methoden stellen allerdings keine Verbindung zum Inhalt des Informationsraumes her. Im Gegensatz dazu stellen Moscovich et al. (2009) die zwei Konzepte *Bring&Go* und *Link Sliding* vor, welche die Vorteile der *inhaltssensitiven Navigation* in Netzen hervorheben. *Bring&Go* ist eine Technik, welche alle von einem Knoten ausgehenden Navigationsmöglichkeiten (Knoten) in den sichtbaren Bereich des Displays projiziert. Diese Navigationsmöglichkeiten können im folgenden Schritt direkt ausgewählt werden. Gerade im Kontext von Verkehrsleitwarten sind jedoch nicht nur die Knoten (Straßenkreuzungen), sondern insbesondere Detailinformationen, die auf den Pfaden (Straßen) liegen, relevant. Um an diese Detailinformationen zu gelangen, ist es zwingend erforderlich, auch zu jedem beliebigen Punkt zwischen zwei Knoten navigieren zu können. Bei der zweiten von Moscovich et al. (2009) entwickelten *Link Sliding* Methode wird das Pannen und Zoomen um eine im Kontext eines Pfades geführte Navigation ergänzt. Das Pannen muss somit nur grob in die Richtung des Pfadverlaufs ausgeführt werden. An den Knotenpunkten erfolgt eine Auswahl des nächsten zu verfolgenden Pfades. Das in diesem Beitrag vorgestellte Konzept kombiniert die Vorteile der beiden Techniken *Link Sliding* und *Bring&Go*.

Detailinformationen: Bei der Darstellung von *Detailinformationen* kann zwischen zwei Gruppen unterschieden werden: Darstellungen, die eine räumliche Trennung zwischen Detail- und Kontextinformationen vornehmen, und solche, die Detailinformationen in den Kontext integrieren. Bei Overview- und Detail-Visualisierungen, wie sie z. B. von Plaisant et al. (1995) vorgestellt werden, wird eine räumliche Trennung zu den Kontextinformationen vorgenommen. Ziel ist es, die visuelle Beeinträchtigung, welche durch eine Überdeckung entsteht, zu verhindern. Dies kann jedoch auf Kosten einer geteilten Aufmerksamkeit gehen (Posner & Petersen 1990). Ein weiterer Nachteil dieser Darstellungsart besteht darin, dass der Bezug zum Kontext abgeschwächt wird. FishEye Views hingegen gehören zur Gruppe der Fokus- und Kontext- Visualisierungen (Furnas 1986). Sie nutzen eine Verzerrung, um sowohl die lokalen Details, als auch den globalen Kontext kontinuierlich zu visualisieren. Die Ergebnisse der Studie in Gutwin & Skopik (2003) zeigen, dass FishEye Views bei einer deiktischen Aufgabe ebenso gut abschneiden, wie traditionelle Benutzungsschnittstellen. Andere Studien deuten jedoch darauf hin, dass diese Darstellungen Usability-Probleme beim Anvisieren oder Einprägen von Objekten auslösen können und somit je nach Aufgabe schlechter abschneiden können als Overview- und Detail-Darstellungen (Hornbæk & Frøkjær 2001). Eine weitere Möglichkeit der Darstellung von Detailinformationen sind Toolglass Widgets. Diese Elemente bieten eine angepasste Sicht auf selektierte Daten (Bier et al. 1993). Über Filter, sog. Magic Lenses, kann der Datenraum unter dem Toolglass z. B. vergrößert, oder mit zusätzlichen Informationen angereichert werden. Ziel dieses Beitrages ist es, die bestehenden Konzepte zur Navigation in Netzen, sowie zur Darstellung von Detailinformationen für das Verkehrsszenario zu kombinieren und zu erweitern. Des Weiteren wird jeweils eine Variante aus der Gruppe der Darstellungen mit *räumlicher Trennung* und der Gruppe der Darstellungen welche die *Detailinformationen* in den Kontext integrieren in Kombination mit einer *inhaltssensitiven Navigation* untersucht.

3 Inhaltssensitive Navigation

Basierend auf den beiden Forschungsfragen wird ein Konzept beschrieben, welches in zwei Teile gegliedert wurde: die *inhaltssensitive Navigation* (F1) und die *Visualisierung von Detailinformationen* (F2). Für die Navigation wird ein Eingabegerät (SpaceNavigator; www.3dconnexion.de) mit 6 Freiheitsgraden (degrees of freedom; DOF) eingesetzt. Die vom SpaceNavigator unterstützten Funktionen sind in Abbildung 1d-f zu sehen.

Inhaltssensitive Navigation: Im Rahmen des Konzeptes wird zwischen der *freien* und der *inhaltssensitiven Navigation* unterschieden. In der *freien Navigation* wird der Kartenausschnitt über ein Kippen des SpaceNavigators verschoben, d. h. der Ausschnitt bewegt sich entsprechend der Kipprichtung. Der Vorteil gegenüber dem mausbasierten Pannen liegt in der kontinuierlichen Bewegung, d. h. die Navigation muss nicht in einzelne Teilschritte zerlegt werden. Das Groß- bzw. Kleinzoomen des Kartenausschnitts ist über ein Drücken bzw. Ziehen möglich. In der Mitte des Bildschirms wird zusätzlich ein *polymodales Navigationselement* eingeblendet (siehe Abbildung 1a-c), welches den Operator bei der Navigation unterstützt. In der *freien Navigation* dient das Navigationselement als Fadenkreuz, um eine gezielte Navigation zu ermöglichen. Zusätzlich wird ein Richtungspfeil innerhalb des Navi-

gationselements angezeigt, welcher die aktuelle Kipprichtung wiedergibt (siehe Abbildung 1a). In der *inhaltssensitiven Navigation* werden dem *polymodalen Navigationselement* weitere Funktionen hinzugefügt. Wird das Navigationselement über einer Straße positioniert, kann über eine Drehbewegung am SpaceNavigator, eine Verbindung zu dieser hergestellt werden. Das Navigationselement, welches sich nun fix im Zentrum des Displays befindet, markiert die aktuelle Position auf der zuvor vom Operator ausgewählten Straße (siehe Abbildung 1b). Um in der *freien Navigation* einzelne Straßen schneller und einfacher anzuzeigen, wird das Navigationselement von diesen angezogen. Dies wurde über dynamische Kraftfelder (Dynamic Force Fields, Ahlström et al. 2006), welche über die Straßen gelegt werden, umgesetzt. Befindet sich das Navigationselement in der Nähe einer Straße, wird zusätzlich die Navigationsgeschwindigkeit reduziert und somit eine genauere Navigation ermöglicht.

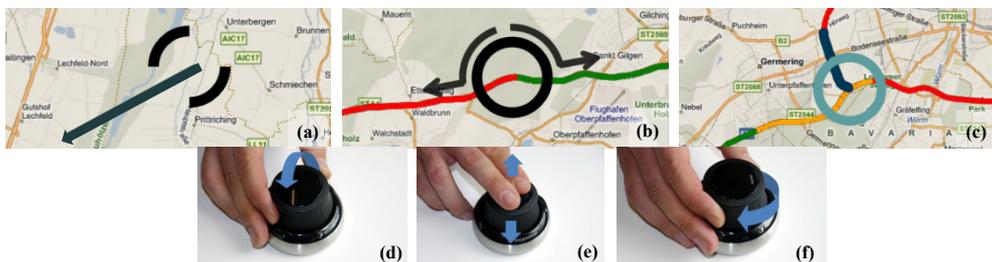


Abbildung 1: (a)Anzeige des Richtungspfeils (b)Anzeige der Drehrichtung; (c)Anzeige der Selektion an Kreuzungen (d) Kippen; (e) Drücken/Ziehen; (f) Drehen

Folgen der Straße: Bei einer bestehenden Verbindung zu einer Straße kann der Operator mit Hilfe des SpaceNavigators dem Straßenverlauf folgen. Hierfür wurden zwei Varianten entwickelt und in einer experimentellen Benutzerstudie miteinander verglichen. In der ersten Variante wird das Folgen der Straße über eine Kippbewegung (siehe Abbildung 1d) vollzogen. Es genügt diese Bewegung grob in Richtung des gewünschten Straßenverlaufs auszuführen. Bei der zweiten Variante kann der Operator durch eine Drehbewegung (siehe Abbildung 1f) dem Straßenverlauf in Abhängigkeit der Drehrichtung folgen. Die Drehrichtung und die Navigationsrichtung sind dabei abhängig vom Straßenverlauf. Straßen, welche sich zur vertikalen Bildschirmachse von der aktuellen Position nach rechts entfernen, kann durch Rechtsdrehen (im Uhrzeigersinn) gefolgt werden; entsprechendes gilt für Straßen, die sich nach links entfernen. Bei dieser Variante wird in das Navigationselement eine zusätzliche Visualisierung eingebunden, welche eine Unterstützung bei der Wahl der Drehrichtung bietet (siehe Abbildung 1b). Beide Varianten erlauben während der Navigation entlang der Straße, weiterhin eine Änderung der Zoomstufe durch Drehen und Ziehen (siehe Abbildung 1e). Bei der Navigation entlang einer Straße wird der Kartenausschnitt entsprechend dem Straßenverlauf unter dem Navigationselement hindurchgeführt, so dass der Operator dem tatsächlichen Straßenverlauf folgt und nicht, wie beim Pannen, geradlinige Distanzen zurücklegt. Ein weiterer Vorteil im Gegensatz zum Pannen ist, dass die Navigation bei dieser Interaktionstechnik nicht in Teilschritte (in Form von stetigem „Nachgreifen“) zerlegt wird. Durch den Einsatz einer adaptiven Navigationsgeschwindigkeit (Igarashi & Hinckley 2000), welche sich je nach Zoomstufe ändert, ist es möglich, sowohl bei einer hohen als auch bei einer geringeren Zoomstufe praktikabel zu navigieren. Neben der beschriebenen orientie-

rungsunterstützenden Funktion des Navigationselements wird durch die Fixierung des Elements im Zentrum des Displays garantiert, dass periphere Informationen zum Fokuspunkt (z. B. Straßenverlauf und Verkehrsaufkommen) nicht aus dem Bildschirmbereich rücken.

Sprungfunktion: Beim Springen zwischen Kreuzungen handelt es sich um eine Funktion, welche die schnelle Überbrückung großer Distanzen ermöglicht. Das Springen wird ausgelöst, indem die Funktion zum Folgen der Straße zweimal kurz hintereinander ausgeführt wird. D. h. wird der Straße über eine Kippbewegung gefolgt, kann die Funktion durch ein zweimaliges Kippen in die entsprechende Richtung ausgelöst werden. Dementsprechend kann in der anderen Variante durch eine doppelte Drehbewegung eine Kreuzung direkt angesteuert werden. Beim Springen zu Kreuzungen wird eine schnelle automatische Navigation entlang der Straße ausgelöst. Die Animation unterstützt die kontinuierliche Wahrnehmung des Nutzers (Robertson et al. 1993). Durch die Kombination aus der manuellen und der automatischen Navigation können die Vorteile beider in Moscovich et al. (2009) beschriebenen Navigationskonzepte *Bring&Go* und *Links Sliding* genutzt werden.

Straßenwechsel: An Kreuzungen wird die Navigation automatisch unterbrochen und das Navigationselement signalisiert durch einen Farbwechsel, dass der Kreuzungsmodus aktiviert wurde. Es gibt an Kreuzungen wiederum zwei unterschiedliche Varianten zur Selektion der Straße. Zum einen kann der antizipierte Straßenverlauf per Drehbewegung selektiert werden. Durch eine Drehung wird zwischen den einzelnen Straßen der Reihe nach durchgeschaltet. In der zweiten Variante wird die gewünschte Straße über eine Kippbewegung in die entsprechende Richtung ausgewählt. Die Bewegung muss hierbei nur grob in Richtung des antizipierten Straßenverlaufs ausgeführt werden, wobei prinzipiell die Straße gewählt wird, welche der Kipprichtung am ehesten entspricht. Durch eine farbige Hervorhebung des selektierten Straßenverlaufes wird dem Operator ein direktes visuelles Feedback bereitgestellt (siehe Abbildung 1c, blaue Hervorhebung der Straße). Aus den beschriebenen Varianten ergeben sich vier Kombinationsmöglichkeiten: (V1) Folgen des Straßenverlaufs und Straßenwechsel über ein Kippen des SpaceNavigators. (V2) Folgen des Straßenverlaufs und Straßenwechsel über eine Drehung des SpaceNavigators. (V3) Folgen des Straßenverlaufs über eine Kippbewegung und Straßenwechsel über eine Drehbewegung. (V4) Folgen des Straßenverlaufs über eine Drehbewegung und Straßenwechsel über eine Kippbewegung.

Detailinformationen: Die *inhaltsensitive Navigation* birgt den Vorteil, dass der Zugriff auf Detailinformationen in Abhängigkeit der aktuellen Position auf der Straße jederzeit möglich ist. Für die Überwachung eines Verkehrsraums sind vor allem die Verkehrssituation auf den einzelnen Fahrspuren, sowie die Kamerabilder zu unterschiedlichen Streckenabschnitten relevant. Für die Darstellung dieser Detailinformationen wurden zwei Konzepte entwickelt. Bei der ersten Darstellungsform, wird eine räumliche Trennung zwischen Detail- und Kontextinformationen vorgenommen (siehe Abbildung 2, links). Die Detailinformationen zu der aktuellen Position auf der Straße werden am unteren Rand des Bildschirms visualisiert. Die räumliche Trennung der Detailinformationen zu den Kontextinformationen verhindert eine visuelle Beeinträchtigung durch eine Überdeckung. Bei der Navigation entlang des Straßenverlaufs verschiebt sich der in dieser *entkoppelten Darstellung* zu sehende Ausschnitt der Detailinformationen parallel zum Navigationselement.



Abbildung 2: (links) Entkoppelte Darstellung; (rechts) Hybride Magic Lens (HML)

Die zweite Visualisierungsvariante ermöglicht es dem Operator, markante Verkehrsbereiche genauer zu beobachten, ohne dabei den räumlichen Kontext zu verlieren. Hierzu wird eine *Hybride Magic Lens (HML)* eingesetzt (siehe Abbildung 2, rechts). Diese erlaubt sowohl eine semantische als auch eine grafische Vergrößerung von Kartenausschnitten. Um zu gewährleisten, dass eine grafische Vergrößerung nicht zu Lasten einer kontinuierlichen Darstellung geht, wird eine FishEye Verzerrung eingesetzt. Dies bietet den Vorteil, dass der Operator die Verläufe der Straßen, sprich die Kontextinformationen, nicht aus dem Auge verliert. Somit wird das Problem der geteilten Aufmerksamkeit umgangen. Es wird dabei ein Algorithmus für eine FishEye Lens eingesetzt, welcher den Fokusbereich der FishEye Lens lediglich vergrößert und nicht verzerrt. Nur innerhalb des Fokusbereichs der FishEye Lens werden über einen weiteren Magic Lens Filter Detailinformationen wie die Verkehrssituation auf einzelnen Fahrspuren und die Kamerabilder angezeigt. Die *HML* befindet sich immer in der Mitte des Bildschirms und ersetzt somit das Navigationselement – die Karte wird dabei unter der Linse hindurchgeführt. Der Detailgrad der zusätzlichen Informationen innerhalb der *HML* kann über das Zoomen gesteuert werden. Hierfür werden vier semantische Zoomstufen angeboten: 1. Keine Linse, 2. Kumulierte Darstellung, 3. Verkehr auf jeder Fahrspur, 4. Verkehrssituation auf jeder Fahrspur mit Kamerabilder (siehe Abbildung 2, rechts).

4 Evaluation

Im Rahmen einer experimentellen Benutzerstudie wurde das zuvor beschriebene Konzept im Labor evaluiert. Für die Evaluation wurde ein 64“ großes Display mit einer Auflösung von 4.096 x 2.160 Pixel eingesetzt. Neben dem Versuchsleiter waren zwei weitere Personen anwesend, die mit Hilfe von standardisierten Beobachtungsprotokollen Versuchsdaten erhoben. An der Studie nahmen 24 studentische Probanden teil. Die 14 weiblichen und 10 männlichen Probanden waren durchschnittlich 24.7 Jahre ($SD = 2.52$) alt. 76% der Teilnehmer hatten bereits im Vorfeld Erfahrung mit der Joystickinteraktion gesammelt, jedoch lag die Nutzungshäufigkeit bei $M = 1.6$ ($SD = 1.08$; 0 „sehr selten“ bis 4 „sehr häufig“). Alle Probanden gaben an, dass sie bereits Erfahrung im Umgang mit internetbasierten Routenplanern und Kartennavigation (z. B. Google Maps) haben. Des Weiteren nutzen 92% der Teilnehmer die Zooming- und Panningfunktion im Kontext von Karten. Um eine einheitliche Wissensbasis über alle Teilnehmer hinweg zu schaffen, erfolgte vor jedem der beiden Aufgabenblöcke (*inhaltssensitive Navigation* und *operatorspezifische Aufgaben*) eine standardisierte Einführung durch den Versuchsleiter. Die Versuchspersonen wurden bei der *inhaltssensitiven Navi-*

gation in zwei Gruppen eingeteilt. Durch ein Within-Subjects Design innerhalb dieser Gruppen wurde ein Vergleich von jeweils zwei Navigationskonzepten durchgeführt. Innerhalb des Versuchsdurchlaufs wurde bei Probandengruppe 1 die Bedingung, mit welcher der Straße gefolgt wurde, variiert (Vergleich von V1 mit V4 bzw. V2 mit V3). Bei Probandengruppe 2 wurde diese Bedingung konstant gehalten und stattdessen die Bedingung, um die Straße an einer Kreuzung zu wechseln, geändert (Vergleich von V1 mit V3 bzw. V2 mit V4). Nach den Aufgaben zum jeweiligen Navigationskonzept wurden die subjektiven Einschätzungen der Probanden mit Hilfe eines Fragebogens erfasst und abschließend anhand eines weiteren Fragebogens miteinander verglichen. In der Versuchsphase *operatorspezifische Aufgaben* hatten die Versuchsteilnehmer die Aufgabe, die Rolle des Operators zu übernehmen. Die Teilnehmer sollten z. B. bei der Navigation im Straßennetz das Verkehrsaufkommen beobachten oder dort anhalten, wo sich alle drei Spuren einer bestimmten Fahrtrichtung stauten. Beide Darstellungskonzepte wurden wiederum in einem Within-Subjects Design verglichen. Auch hier wurde nach den Aufgaben zum jeweiligen Visualisierungskonzept die subjektiven Einschätzungen der Probanden mit Hilfe eines Fragebogens erfasst und abschließend anhand eines weiteren Fragebogens miteinander verglichen. Im Anschluss an die zwei Versuchsphasen wurde den Teilnehmern die Möglichkeit zur Diskussion geboten.

Ergebnisse Forschungsfrage 1 (F1): Im Durchschnitt bewerteten die Probanden die Navigationskonzepte (V1 bis V4) in Verbindung mit dem SpaceNavigator mit $M = 4.03$ ($SD = 0.64$; Skala von 0 „sehr schlecht“ bis 5 „sehr gut“). Die Verständlichkeit der Konzepte wurde mit $M = 3.17$ ($SD = 0.9$; Skala von 0 „sehr verwirrend“ bis 4 „sehr verständlich“) bewertet. Bei der Frage nach der Nützlichkeit der Funktion, um zur nächsten Kreuzung zu springen wurde ein Wert von $M = 3.67$ ($SD = 0.66$; Skala von 0 „sehr verwirrend“ bis 4 „sehr hilfreich“) ermittelt. Die subjektiven Antworten der Fragebögen zeigten, dass die *freie Navigation* mit Hilfe des SpaceNavigators den Erwartungen der Probanden entsprach ($M = 3.54$; $SD = 0.58$; Skala von 0 „überhaupt nicht“ bis 4 „absolut“). Die Anzeige der aktuellen Kipp-richtung wurde dabei von 83% der Probanden als hilfreiches Feature beurteilt. Im Durchschnitt bewerteten die Probanden die *freie Navigation* mit dem SpaceNavigator im Vergleich zu ihren individuellen Erfahrungen mit der herkömmlichen Maus (wurde im Testsetting nicht angeboten) als besser ($M = 2.63$; $SD = 0.81$; Skala von 0 „wesentlich schlechter“ bis 4 „wesentlich besser“).

Die Navigationskonzepte bei denen ein Folgen der Straße über ein Kippen möglich ist (V1 & V3; $M = 4.23$; $SD = 0.55$; Skala von 0 „sehr schlecht“ bis 5 „sehr gut“), wurden im Vergleich zu den Konzepten, bei denen über eine Drehung der Straße gefolgt wird (V2 & V4; $M = 3.83$; $SD = 0.67$), im Durchschnitt besser bewertet. Der Unterschied ist statistisch signifikant ($t(24) = 2.02$; $p = 0.032$). Dies spiegelt auch die subjektive Einschätzung der Probanden in Bezug auf die für die Navigation aufzuwendende Aufmerksamkeit wieder. Beim Folgen der Straße über Kippen (V1 & V3) wurde die nötige Aufmerksamkeit im Mittel mit $M = 1.71$ ($SD = 0.98$; Skala von 0 „sehr wenig Aufmerksamkeit“ bis 4 „sehr viel Aufmerksamkeit“) und damit im Vergleich zum Folgen der Straße über Drehen (V2 & V4; $M = 2.5$; $SD = 1.04$) als geringer bewertet. Die Unterschiede sind ebenfalls statistisch signifikant ($t(24) = 2.01$; $p = 0.011$). Im direkten Vergleich entschieden sich 83% der Probanden für die Varianten, bei denen der Straße über eine Kippbewegung gefolgt wird. Im Durchschnitt bewerteten die Probanden ein Wechseln der Straße über Kippen (V1 & V4; $M = 2.92$; $SD = 1.11$; Skala

von 0 „sehr schlecht“ bis 4 „sehr gut“) im Vergleich zum Wechseln der Straße über Drehen (V2 & V3; $M = 3.04$; $SD = 1.10$) annähernd gleich. Der Unterschied ist deutlich nicht signifikant ($t(24) = 2.01$; $p = 0.7$). Die Aufmerksamkeit, welche zum Wechseln der Straße aufgewendet werden musste, wurde beim Straßenwechsel über Kippen ($M = 1.83$; $SD = 1.03$; Skala von 0 „sehr wenig Aufmerksamkeit“ bis 4 „sehr viel Aufmerksamkeit“) im Vergleich zum Drehen ($M = 2.38$; $SD = 1.07$) als geringer bewertet. Der Unterschied ist nicht signifikant ($t(24) = 2.01$; $p = 0.087$). Im direkten Vergleich bevorzugten 67% der Probanden einen Wechsel der Straße an Kreuzungen über eine Kippbewegung, 25% entschieden sich für das Drehen, um die Straße zu wechseln, 8% der Probanden bewerteten die Konzepte als gleichwertig.

Ergebnisse Forschungsfrage 2 (F2): Beide Visualisierungskonzepte wurden weitgehend positiv bewertet (*HML*: $M = 2.67$; $SD = 1.14$, *entkoppelte Darstellung*: $M = 2.71$; $SD = 1.14$; Skala von 0 „sehr schlecht“ bis 4 „sehr gut“). Der Unterschied ist dabei deutlich nicht signifikant ($t(24) = 2.01$; $p = 0.902$). Bei der Frage nach den Auswirkungen der Visualisierungskonzepte auf die Navigation konnte kein negativer Einfluss festgestellt werden (*HML*: $M = 2.17$; $SD = 1.21$; *entkoppelte Darstellung*: $M = 2$; $SD = 1.22$; Skala von 0 „negative Auswirkung“ bis 4 „positive Auswirkung“). Der Unterschied zwischen den beiden Darstellungen ist nicht signifikant ($t(24) = 2.01$; $p = 0.645$). Bei der Bewertung der Visualisierungen in Bezug auf die Unterstützung bei der Aufgabenerfüllung sind deutlichere Unterschiede zu erkennen. Die *HML-Darstellung* wurde im Mittel mit $M = 3.83$ ($SD = 0.37$; Skala von 0 „unterstützt überhaupt nicht“ bis 4 „unterstützt absolut“), die *entkoppelte Darstellung* mit $M = 3.54$ ($SD = 0.71$) bewertet. Dieser Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant ($t(24) = 2.03$; $p = 0.088$). Im direkten Vergleich der beiden Darstellungskonzepte bevorzugten 58% die *HML-Darstellung*. Bei der Frage danach, welche Darstellung eine bessere Unterstützung zur Aufgabenerfüllung bietet, bewerteten 71% der Probanden die *HML-Darstellung* als bessere Variante. Die Tendenz in Richtung der *HML-Darstellung* kann des Weiteren über die Ergebnisse aus den Beobachtungen verstärkt werden. Die subjektiven Bewertungen der zwei Beobachter¹ ergaben, dass die Aufgaben unter Verwendung der *HML-Darstellung* zu 67% ohne Schwierigkeiten gelöst wurden - bei der *entkoppelten Darstellung* waren es lediglich 55%.

5 Diskussion und Ausblick

Das im Beitrag vorgestellte Konzept erweist sich als vielversprechende Möglichkeit, Operatoren in der Verkehrsüberwachung zu unterstützen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Navigationskonzepte in Verbindung mit dem SpaceNavigator als Eingabegerät gänzlich den Erwartungen der Probanden entsprochen haben. Weiterhin zeigen die subjektiven Ergebnisse aus den Fragebögen, dass der SpaceNavigator im Kontext der Kartennavigation gegenüber

¹ Die Analyse des Interrater-Reliabilität Maßes der beiden Beobachter nach Cohens Kappa ergibt einen Wert von 0.69, was einer guten bis ausgezeichneten Übereinstimmung der Beobachter entspricht.

der Maus als bessere Eingabemodalität eingeschätzt wird. Dies ist umso bemerkenswerter, da die Probanden angaben, dass sie nur sehr selten mit einem joystickartigen Eingabegerät in Berührung gekommen sind. Die entwickelte Visualisierung der aktuellen Kipprichtung wurde von den Probanden als sehr hilfreiches Feature genannt, um schnell und gezielt einen spezifischen Punkt anzusteuern. Die *inhaltssensitive Navigation* erfordert nach Einschätzung der Probanden eine nicht allzu geringe Aufmerksamkeit. Jedoch zeigten die Beobachtungen, dass die Probanden, welche im Gegensatz zu den Operatoren mit dem Straßennetz nicht vertraut waren, sich zu einem wesentlichen Teil auf die Orientierung in der Karte konzentrieren mussten. Eine weitere Studie mit Operatoren kann möglicherweise diesem Effekt entgegenwirken. Die Studie zeigt weiterhin, dass beim Folgen einer Straße die Kippbewegung der Drehbewegung vorgezogen wird. Die Probanden begründeten diese Entscheidung damit, dass der Kipp- und Navigationsrichtung ein realweltliches Mapping (gängiger Richtungscode) zugrunde liegt. Die Sprungfunktion zwischen Kreuzungen wurde von den Probanden beinahe ausnahmslos als besonders wichtig empfunden. Über die Funktion können schnell große Distanzen zurückgelegt werden, ohne dabei die Inhaltssensitivität zu verlieren. Bei den *operatorspezifischen Aufgaben* wurden die beiden Darstellungskonzepte von den Probanden zunächst als gleichwertig beurteilt. Bei einer genaueren Betrachtung der Ergebnisse lässt sich dennoch eine klare Tendenz in Richtung der *HML-Darstellung* erkennen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Probanden große Schwierigkeiten dabei hatten, die geradlinige *entkoppelte Darstellung* mental mit einem gebogenen Straßenverlauf zu verbinden. Dies bestätigt auch die subjektive Einschätzung zur Unterstützung bei der Aufgabenerfüllung. Die *HML-Darstellung* wurde der *entkoppelten Darstellung* gegenüber deutlich bevorzugt, da wichtige Detailinformationen wie z. B. Kamerabilder näher am Kontext angezeigt werden und mit Hilfe der Zoomstufen der Detailgrad je nach Bedarf bestimmt werden kann. Der größte Vorteil der *HML-Darstellung* gegenüber der *entkoppelten* Variante ist jedoch die Eindeutigkeit der Verbindung von Detail und Kontextinformationen. Den Probanden fiel es bei der *HML-Darstellung* deutlich leichter, eine Verbindung zwischen den Detailinformationen und dem Straßenverlauf herzustellen. In Bezug auf die Frage wie die Navigation entlang von Straßen optimiert werden kann (F1) erwies sich die *inhaltssensitive Navigation* als sehr gute Möglichkeit, die Interaktion in einer Karte auf die Bedürfnisse eines Operators anzupassen. Die implizite Darstellung von Detailinformationen (F2) über eine *HML-Visualisierung* ist gerade in Verbindung mit einer *inhaltssensitiven Navigation* zu empfehlen. Auf Basis der ersten Erkenntnisse aus der Benutzerstudie mit Studenten ist eine weitere Studie mit Operatoren aus dem Kontext der Verkehrsüberwachung geplant, um so die Validität der Ergebnisse zu verstärken. In einem weiteren Schritt wird geprüft, inwiefern die *inhaltssensitive Navigation* auch für andere Domänen, wie beispielsweise der Stromverteilung, eingesetzt werden kann.

Literaturverzeichnis

- Ahlström, D., Hitz, M. & Leitner, G. (2006). *An Evaluation of Sticky and Force Enhanced Targets in Multi Target Situation*. In Proceedings of NordicCHI'06, S. 58-67.
- Bier, E., Stone, M., Pier, K., Buxton, W. & DeRose, T. (1993). *Toolglass and Magic Lenses: The see-through interface*. In Proceedings of SIGGRAPH'93, S. 73-80.
- Furnas, G. W. (1986). *Generalized fisheye views*. In Proceedings of CHI'86, S. 16-23.

- Gutwin, C. & Skopik, A. (2003). *Fisheye Views are Good for Large Steering Tasks*. In Proceedings of CHI'03, S. 201-208.
- Hornbæk, K. & Frøkjær, E. (2001). *Reading of electronic documents: the usability of linear, fisheye, and overview+detail interfaces*. In Proceedings of CHI'01, S. 293-300.
- Igarashi, T. & Hinckley, K. (2000). *Speed-dependent automatic zooming for browsing large documents*. In Proceedings of UIST'00, S. 139-148.
- Moscovich, T., Chevalier, F., Henry, N., Pietriga, E. & Fekete, J. D. (2009). *Topology-Aware Navigation in Large Net-works*. In Proceedings of CHI'09, S. 939-949.
- Pietriga, E., Appert, C. & Beaudouin-Lafon, M. (2007). *Pointing and beyond: an operationalization and preliminary evaluation of multi-scale searching*. In Proceedings of CHI'07, S. 1215-1224.
- Plaisant, C., Card, D. & Shneiderman B. (1995). *Image browsers: Taxonomy, guidelines, and informal specifications*. IEEE Software. 12, S. 21-32.
- Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). *The attention system of the human brain*. Annual Review of Neuroscience 13, S. 25-42.
- Robertson, G. G., Card, S. K. & Mackinlay J. D. (1993). Information visualization using 3d interactive animation. *Communications of the ACM*, 36(4), S. 57-71.
- Schwarz, T., Kehr, F., Oortmann, H. & Reiterer, H. (2010). *Die Leitwarte von heute verstehen - die Leitwarte von morgen gestalten!* In Mensch & Computer 2010. Interaktive Kulturen, S. 93-102.

Kontaktinformationen

Tobias Schwarz (Siemens AG)

E-Mail: schwarz.tobias.ext@siemens.com