

Ein Multi-Focus-View Konzept im Kontext der Verkehrsleitzentrale

Tobias Schwarz, Simon Butscher, Jens Müller, Harald Reiterer

Arbeitsgruppe Mensch-Computer Interaktion, Universität Konstanz

Zusammenfassung

Im Beitrag wird ein ganzheitliches Visualisierungs- und Interaktionskonzept für die Überwachung und Diagnose eines großen Straßennetzes sowie die Manipulation von Prozessvariablen im Kontext einer Verkehrsleitzentrale vorgestellt. Um das kooperative Arbeiten zu unterstützen wird das Konzept einer Multi-Focus-View in Kombination mit einer inhaltsensitiven Navigation verfolgt. Ziel ist es, die Navigation im Straßennetz, die Verfügbarkeit kontextsensitiver Informationen sowie die Manipulation von Prozessvariablen in Verkehrsleitzentralen zu verbessern. Weiterhin werden Ergebnisse einer Evaluation mit Anwendern aus Verkehrsleitzentralen vorgestellt, in der insbesondere die Auswirkungen unterschiedlicher Konzepte auf das Arbeiten in einer Mehrbenutzerumgebung untersucht wurden.

1 Einleitung und Motivation

Die ständig steigende Entwicklung der technischen Geräte innerhalb der letzten Jahre hat zu einer erhöhten Komplexität für die Bearbeitung von Aufgaben in Leitzentralen geführt. Die zusätzlich gestiegene Komplexität und Größe der zu überwachenden Räume hat zur Folge, dass es sich trotz gesteigener Automatisierung bei Leitzentralen auch heute noch um Mehrbenutzerumgebungen handelt, in welchen eine kooperative Zusammenarbeit zunehmend erforderlich wird. Einhergehend mit dieser Entwicklung haben sich die Anforderungen an den Menschen geändert: Operatoren in derzeitigen Leitzentralen sind einer wachsenden Komplexität der Mensch-Maschine-Schnittstelle ausgesetzt. Im Rahmen des Beitrags wurde in drei Verkehrsleitzentralen jeweils eine vierstündige Nutzungskontextanalyse vor Ort durchgeführt, um ein Verständnis für die Anforderungen und die Aufgaben sowie die organisatorische und die physische Umgebung zu entwickeln. Die Kernaufgaben wurden nach der Analyse wie von Johannsen (1993) beschrieben in *Überwachen*, *Diagnostizieren* und *Manipulieren* eingeteilt. Die Analyse der Arbeitsumgebungen hat gezeigt, dass derzeit für diese Aufgaben zwei Displayebenen zur Verfügung stehen: zum einen große Wanddisplays (Public Space), welche das zu überwachende Straßennetz darstellen sowie kleine Displays (Private Space), welche Detailinformationen eines bestimmten Netzausschnitts anzeigen und zugleich die *Manipulation* von Prozessvariablen erlauben. Die Analyse zeigte, dass die derzeitige Arbeitsumgebung nicht optimal auf die Bedürfnisse der Operatoren ausgelegt ist.

Eines der identifizierten Probleme basiert auf dem Übersichts-Detail-Paradoxon. Operatoren benötigen bei der täglichen Arbeit sowohl eine Übersicht über den gesamten zu überwachenden Raum, als auch Detailinformationen zu einzelnen Streckenabschnitten. Dabei sind Detailinformationen besonders für die *Diagnose* erforderlich. Das Problem des Übersichts-Detail-Paradoxons wird deutlicher, wenn die Arbeitsabläufe eines Operators genauer betrachtet werden. Die *Überwachung* des Straßennetzes erfolgt mit Hilfe der Übersichtskarte auf dem Wanddisplay. Wird eine Veränderung im Straßennetz identifiziert, werden zusätzliche Detailinformationen benötigt, um eine *Diagnose* durchführen zu können. Aufgrund der begrenzten Fläche des Wanddisplays werden häufig lediglich mehrere Ausschnitte des gesamten Straßennetzes mit einem geringeren Detailgrad dargestellt (siehe Abb. 1). Durch diese getrennte Darstellung von Netzausschnitten wird die Bildung eines mentalen Modells über den gesamten Informationsraum erheblich erschwert. Die Manipulation des sichtbaren Bereichs eines Netzausschnittes ist dabei lediglich über ein vertikales/horizontales Scrollen möglich. Der Navigationsprozess wird so in künstliche Teilschritte zerlegt. Nach Aussagen der Operatoren liegt die größte Problematik jedoch im Verlust der Übersicht über den gesamten zu überwachenden Raum. Des Weiteren sind Änderungen in der Prozessdynamik in aktuell nicht sichtbaren Bereichen schwer zu erfassen. Wird ein auffälliger Streckenabschnitt mit Hilfe einer der Netzausschnitte auf dem Wanddisplay identifiziert, müssen die für die *Diagnose* benötigten Detailinformationen in einem erneuten Arbeitsschritt auf dem Private Display abgerufen werden. Eine Synchronisation der beiden Displayebenen besteht dabei nicht. Darüber hinaus findet die Darstellung der Detailinformationen völlig getrennt von ihrem Kontext statt. Eine solche räumliche Trennung der Informationen hat einen ständigen Blickwechsel zur Folge, was zu einer geteilten Aufmerksamkeit führt (Cockburn et al. 2008).



Abbildung 1: (links) Arbeitsplatz eines Operators; (rechts) Netzausschnitte auf dem Wanddisplay

Im Rahmen des Beitrages werden zwei unterschiedliche Lösungsansätze für das Problem des Übersichts-Detail-Paradoxons vorgestellt. Ziel der Konzepte ist es, innerhalb der Mehrbenutzerumgebung einer Verkehrsleitzentrale jedem Operator die Möglichkeit zu geben, lokale Details abzurufen zu können, ohne dabei den Kontext zu verlieren. Des Weiteren soll durch geeignete Interaktions- und Visualisierungstechniken die stillschweigende Koordination zwischen den Operatoren gefördert werden. Zusätzlich wird untersucht, wie eine *Manipulation* von Prozessvariablen durch den Operator realisiert werden kann. Um diese Fragestellung zu beantworten, wurde das im Beitrag vorgestellte Konzept prototypisch implementiert und mit Anwendern aus drei unterschiedlichen Verkehrsleitzentralen evaluiert.

2 Grundlagen

Morris et al. (2007, 2010) untersuchten die aufgabenbezogene Ausrichtung von Displays und stellten fest, dass auf horizontalen Displays häufig Metaphern zu Gegenständen oder Tätigkeiten der realen Welt Verwendung finden, wie z. B. das Ausbreiten, Stapeln und Organisieren von Information. Dies wird von Morris et al. (2010) als eine der Stärken von horizontalen Displays gesehen. Außerdem ist bei der Touch-Interaktion auf einem horizontalen Display eine bequemere Armhaltung möglich (Morris et al. 2007). Andererseits wurde jedoch festgestellt, dass es auf Dauer ermüdend sein kann, mit horizontalen Displays zu arbeiten. Morris et al. (2007) empfehlen horizontale Displays und vertikale Displays ergänzend zu verwenden. Neben den in Bezug auf die längere Beobachtung des Prozesses besseren Eigenschaften eines vertikalen Displays bieten diese als Wanddisplays eingesetzt zusätzliche Vorteile. So untersuchten Hagemann et al. (2011) den Einfluss dieser Wanddisplays auf die Zusammenarbeit der Operatoren. Die Studie zeigte, dass die stillschweigende Koordination und das gegenseitige Performance-Monitoring durch ein gemeinsam genutztes Wanddisplay unterstützt werden. In Bezug auf ein neues Visualisierungs- und Interaktionskonzept bedeutet dies, dass die Ausrichtung der Displays entsprechend der Eigenschaften der Primäraufgaben gewählt werden muss. Es lässt sich bei der Bearbeitung von Primäraufgaben ein grundlegender Unterschied identifizieren: während es sich bei der *Überwachung* des Straßennetzes um eine passive, beobachtende Tätigkeiten handelt, ist die *Manipulation* von Prozessvariablen, bspw. das Freigeben eines Seitenstreifens eine auf die Interaktion bezogen wesentlich aktivere Tätigkeit. Die *Diagnose* einer Problemursache kann dabei als Kombination dieser beiden Extrema angesehen werden. Den Großteil der Arbeitszeit verbringen die Operatoren mit der *Überwachung* des Straßennetzes, bzw. der *Diagnose* einer Problemursache. Aus Gründen der Ergonomie sowie der stillschweigenden Koordination sollten die *Überwachung* und die *Diagnose* auf einem vertikal orientierten Displays stattfinden. Für die relativ kurze Dauer der tatsächlichen *Manipulation* von Prozessvariablen können hingegen auch die Stärken von horizontal ausgerichteten Multitouch-Displays genutzt werden.

Für die Primäraufgaben der *Überwachung* und der *Diagnose* werden innerhalb der Leitzentralen Prozessvisualisierungen eingesetzt, welche das Ziel haben, viele Informationen auf einer begrenzten Fläche übersichtlich darzustellen. Dabei ist es wichtig, den Zugang zu Übersichts- und Detailinformationen möglichst einfach zu gestalten. Multiscale-Anwendungen versuchen, genau dieses Problem zu lösen und können in drei Gruppen eingeteilt werden: Zooming, Overview+Detail und Focus+Context (Cockburn et al. 2008). Während bei Overview+Detail-Lösungen ein distinkter Bereich für die Darstellung der Detailinformationen genutzt wird, werden diese bei Zooming- oder Focus+Context-Konzepten in die Informationslandschaft integriert. Overview+Detail-Konzepte haben dabei den Nachteil, dass die Beziehung zwischen den Detailinformationen und dem Kontext vom Anwender selbst hergestellt werden muss. Eine Untersuchung einer SplitScreen-Darstellung von Schwarz et al. (2011) im Leitwartenkontext zeigt, dass Anwender mit einem Overview+Detail-Konzept Probleme haben, sich zu orientieren, da kein gemeinsamer interfokaler Kontext bereitgestellt wird. Ein Nachteil von Zooming-Techniken im Vergleich zu Overview+Detail bzw. Focus+Context hingegen ist, dass Kontext- und Detailinformationen nicht gleichzeitig dargestellt werden. Somit ermöglicht das Zooming zwar die Integration von Detailinformationen und Kontext, allerdings nur über eine zeitliche Trennung. Focus+Context-Konzepte bieten die größte Unterstützung bei der Integration, da ein fließender Übergang der Detailinforma-

tionen in den Kontext gewährleistet wird, d. h. weder eine räumliche Trennung, wie bei Overview+Detail-Techniken, noch eine zeitliche Trennung, wie bei Zooming-Techniken, besteht (Baudisch et al. 2001). Die oben genannten Techniken können genutzt werden, um das Übersichts-Detail-Paradoxon der Prozessvisualisierung in Leitzentralen zu lösen.

3 Konzept

In diesem Abschnitt wird ein Visualisierungs- und Interaktionskonzept für die Primäraufgaben der *Überwachung* eines Prozesses, der *Diagnose* einer Problemursache sowie der *Manipulation* von Prozessvariablen innerhalb einer Mehrbenutzerumgebung vorgestellt. Neben einem vertikal orientierten Wanddisplay (Public Space) für die *Überwachung* und *Diagnose*, welches zugleich die stillschweigende Koordination unterstützen soll, wird ein horizontales Multitouch-Display (Private Space) für die *Manipulation* eingesetzt (siehe Abb. 2).

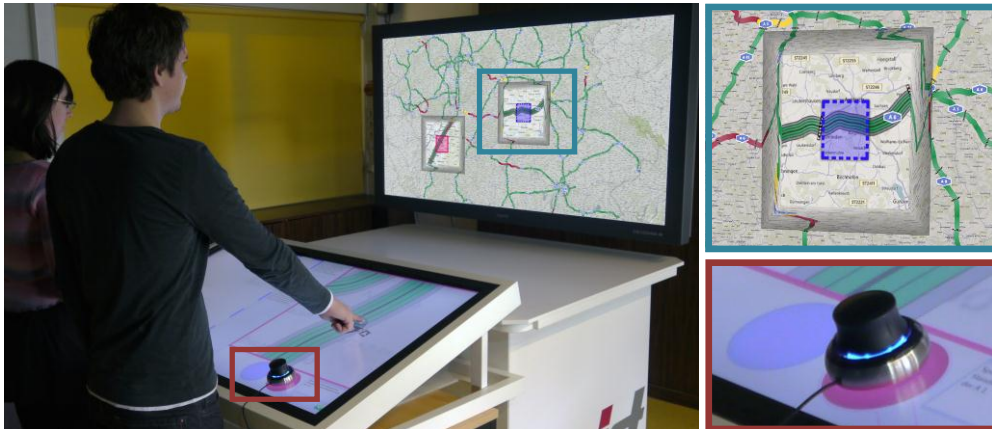


Abbildung 2: (links) Vertikales Wanddisplay als Überwachungs- und Diagnoseebene, horizontales Multitouch-Displays als Manipulationsebene; (rechts) Vergrößerung einer Hybride-Magic-Linse mit einem blauen Fokuspunkt im Zentrum der Linse (oben) und der SpaceNavigator zur Selektion und Manipulation eines Fokuspunktes (unten).

3.1 Überwachungs- und Diagnoseebene

Die zentralen Elemente der *Überwachungs- und Diagnoseebene* sind die Fokuspunkte (siehe Abb. 2), welche von den Operatoren auf einer Übersicht über den gesamten zu überwachenden Raum platziert und verschoben werden können. Mit Hilfe der Fokuspunkte legt der Operator fest, zu welchem Bereich des zu überwachenden Raums er weitere Detailinformationen benötigt. Das Wanddisplay wird von mehreren Operatoren genutzt, deswegen ist es wichtig, dass die Visualisierungstechnik mehr als einen Fokuspunkt unterstützt. Die Interaktion mit dem Wanddisplay, d. h. das Positionieren der Fokuspunkte erfolgt mit Hilfe der von Schwarz et al. (2011) vorgestellten *inhaltssensitiven Navigation*. Als Eingabegerät wird bei der Navigation eine Art Joystick eingesetzt (SpaceNavigator, siehe Abb. 2). Um einen Fokuspunkt verschieben zu können, muss dieser zunächst mit Hilfe der *Manipulationsebene* selektiert

werden. Die Selektion erfolgt durch das Aufstellen des SpaceNavigators auf einen sog. *TokenContainer* der *Manipulationsebene* (siehe Abb. 2). Die flexible Zuordnung der Fokuspunkte zu den Operatoren bzw. zu einem Arbeitsplatz ermöglicht es einem Operator, mehrere Fokuspunkte zu übernehmen. Dies kann z. B. dann hilfreich sein, wenn nur ein Operator anwesend ist. Im Rahmen der Mehrbenutzerumgebung bietet diese Art des *TUIs* den Vorteil, dass auch für andere Operatoren ersichtlich ist, welcher Fokuspunkt von einem Kollegen selektiert wurde. Nach der Selektion eines Fokuspunktes kann der Operator durch ein Kippen des SpaceNavigators den Fokuspunkt entsprechend der Kipprichtung bewegen, wobei der Fokuspunkt dabei als Fadenkreuz fungiert. Das besondere an der *inhaltssensitiven Navigation* ist, dass der Inhalt - in diesem Fall das Straßennetz - für die Navigation genutzt wird. Operatoren können sich je nach Bedarf an eine Straße andocken. Bei einer bestehenden Verbindung zu einer Straße kann der Operator dem Straßenverlauf folgen. Hierfür wird das Eingabegerät in die antizipierte Navigationsrichtung gekippt. Für die Darstellung von Detailinformationen wurden zwei Visualisierungen basierend auf Focus+Context-Techniken entwickelt.

Hybride Magic Lens: Bei der *Hybriden-Magic-Lens-View* handelt es sich um eine Ansicht, bei welcher die Fokuspunkte um sog. *Hybride-Magic-Lenses (HML)* ergänzt werden (siehe Abb. 2). Die Linsen können von den Operatoren mit Hilfe der *inhaltssensitiven Navigation* über den interessanten Bereichen des zu überwachenden Raums positioniert werden und stellen eine transformierte, d. h. eine grafisch vergrößerte und semantisch angereicherte Sicht bereit. Eine *HML* ist somit als eine Kombination aus einer Fish-Eye-Verzerrung und einem Magic-Lens-Filter zu verstehen. Während über eine Fish-Eye-Verzerrung ein grafisch vergrößerter Bereich geschaffen wird, welcher sich nahtlos in seinen Kontext integriert, ermöglicht ein Magic-Lens-Filter im Fokusbereich der Fish-Eye-Verzerrung eine semantische Anreicherung mit Detailinformationen. Die Geometrie der hier eingesetzten Fish-Eye-Lens entspricht einem Pyramidenstumpf. Diese rechteckige Form einer Fish-Eye-Verzerrung wurde gewählt, da zum einen eine gleichmäßige Skalierung der Fokusregion gegeben ist und zum anderen die Fokusregion der Linse auf der *Manipulationsebene* erneut aufgegriffen wird. Hierbei wird sowohl auf der *Überwachungs- und Diagnoseebene* als auch auf der *Manipulationsebene* dieselbe Geometrie gewählt, um die mentale Verknüpfung dieser beiden Ansichten zu erleichtern (siehe Abb. 2).

Folding-View: Bei der *Folding-View* wird die Prozessvisualisierung abhängig von der Position der Fokuspunkte gefaltet. Über die realweltliche Metapher eines gefalteten Papierblatts wird dabei ein leichteres Verständnis für die Verzerrung des Informationsraums ermöglicht (Elmqvist et al. 2008). Die bestehende Space-Folding-Technik *Mélange* von Elmqvist et al. (2008) zur Visualisierung eines großen Informationsraums wurde für den Einsatz in der Verkehrsleitzentrale optimiert und besonders in Bezug auf die Interaktion erweitert. Über die Position der Fokuspunkte werden Fokusregionen definiert, zu welchen Detailinformationen benötigt werden. Bereiche außerhalb der Fokusregionen werden durch das Einführen von horizontalen, bzw. vertikalen Falten in die Tiefe des Bildschirms projiziert (siehe Abb. 3). Diese Faltungen schaffen somit mehr Raum auf dem Display, um die Fokusregionen grafisch größer darzustellen und somit auch eine semantische Anreicherung dieser Regionen zu ermöglichen. Der Kontext zu diesen zusätzlichen Detailinformationen bleibt dabei durch die Faltungen erhalten. Neben dem Erhalt des Kontextes wird durch die Metapher der Faltungen

dem Anwender ein Gefühl für die Distanzen zwischen den Fokuspunkten vermittelt (Elmqvist et al. 2008). Dabei wird eine Faltung immer dann eingefügt, wenn sich die Fokuspunkte so weit voneinander entfernen, dass eine unverzerrte Darstellung des Informationsraumes zwischen diesen Fokuspunkten aus Platzgründen nicht mehr möglich ist. Ist dies der Fall wird eine neue Faltung eingefügt, welche mit zunehmender Distanz der Fokuspunkte an Tiefe gewinnt und somit ein größerer Teil der Prozessvisualisierung in diese hinein „fließt“. Fließen bedeutet in diesem Fall, dass durch die Kombination mit der *inhaltssensitiven Navigation* eine kontinuierliche Bewegung der Fokuspunkte gewährleistet wird. Die Faltung wird dabei entsprechend dynamisch angepasst. Der dem Faltungsprozess zugrunde liegende Algorithmus sorgt dafür, dass eine Faltung nicht abrupt erscheint oder verschwindet, sondern sich eine Faltung kontinuierlich entwickelt, indem die Tiefe der Falte kontinuierlich erhöht bzw. verringert wird. Hier liegt auch der zentrale Unterschied zu der von Elmqvist et al. (2008) entwickelten Mélange-Technik, bei welcher teilweise weniger Faltungen benötigt werden, diese dafür aber abrupt erscheinen oder verschwinden.

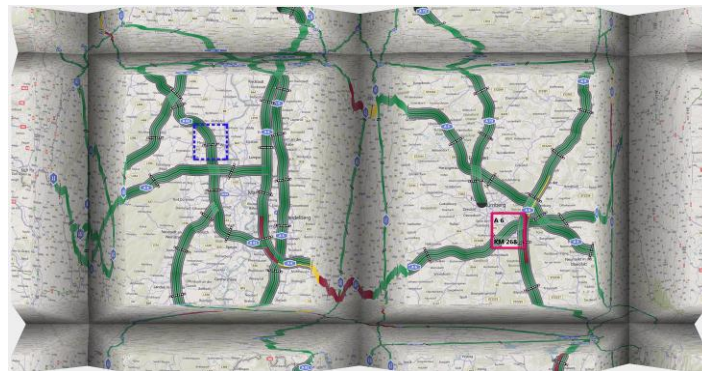


Abbildung 3: Visualisierung des Prozesses auf der Überwachungs- und Diagnoseebene mittels der Folding-View

3.2 Manipulationsebene

Da die *Manipulation* von Prozessvariablen nur einen relativ kleinen Teil der täglichen Arbeit eines Operators ausmacht, wird diese Tätigkeit auf das horizontale Display verlagert. Die *Manipulationsebene* ist dabei stets an die *Überwachungs- und Diagnoseebene* gekoppelt. D. h. welche Informationen auf der *Manipulationsebene* dargestellt werden, hängt von der Positionierung der Fokuspunkte auf der *Überwachungs- und Diagnoseebene* ab. Die *Manipulationsebene* wird dabei an den über den *TokenContainer* selektierten Fokuspunkt gekoppelt. Die Prozessvisualisierung auf der *Manipulationsebene* entspricht einer hohen Skalierung des Ausschnitts der *Überwachungs- und Diagnoseebene*, welcher durch diesen Fokuspunkt markiert wird. Der Detailausschnitt der *Manipulationsebene* verschiebt sich entsprechend synchron zur Bewegung des Fokuspunktes. Hat ein Operator die Ursache eines Problems mit Hilfe der *Überwachungs- und Diagnoseebene* diagnostiziert, wechselt dieser auf die *Manipulationsebene*, um so manipulierend in den Prozess eingreifen zu können. Auf der *Manipulationsebene* ist dabei durch die Synchronisation keine erneute Auswahl des Kontextes nötig. In manchen Situationen, wie bspw. der Seitenstreifenfreigabe, ist es jedoch erforder-

derlich, Prozessvariablen auch außerhalb des aktuell sichtbaren Ausschnitts des zu überwachenden Raums zu manipulieren. Um hierbei einen ständigen Wechsel zwischen der *Manipulations-* und der *Überwachungs- und Diagnoseebene* zu vermeiden, wurde auf dem horizontalen Multitouch-Display das Verschieben des sichtbaren Ausschnitts über ein Panning ermöglicht. Dabei wurde das Konzept der *inhaltssensitiven Navigation* auch hier beibehalten. Die Pan-Bewegung muss nur grob in Richtung des Straßenverlaufes erfolgen.

4 Evaluation

Ziel der Evaluation war es, zu untersuchen, ob und in welchem Umfang die Konzepte die Anforderungen eines Operators an eine Mehrbenutzerumgebung für die Verkehrsüberwachung erfüllen. Hierbei galt es im Speziellen zu prüfen, ob die Konzepte für die Darstellung von zusätzlichen Detailinformationen auf der *Überwachungs- und Diagnoseebene* akzeptiert werden. Des Weiteren wurde überprüft, ob die Verlinkung der beiden Displayebenen (*Überwachungs- und Diagnoseebene* bzw. *Manipulationsebene*) einen Mehrwert gegenüber den im Augenblick vorherrschenden getrennten Displayebenen bietet. Innerhalb der Studie wurden die *HML-View* und die *Folding-View* miteinander verglichen. Darüber hinaus wurde die *Manipulationsebene* in Verbindung mit dem Multitouch-Display einer Beurteilung unterzogen. Für die Evaluation der *Überwachungs- und Diagnoseebene* wurden ein 64“ großes Display mit einer Auflösung von 4.096 x 2.160 Pixel eingesetzt. In einem Abstand von 1,5 m vor diesem Display wurde ein 55“ Multitouch-Display in einer Höhe von 80 cm und einem Anstellwinkel von 16° Grad als *Manipulationsebene* positioniert.

Zu Beginn wurde vom Versuchsleiter eine kurze Einführung in das Zusammenspiel der *Überwachungs- und Diagnoseebene* mit der *Manipulationsebene* gegeben. Im Anschluss folgten zwei Versuchsdurchläufe, in welchen jeweils eine der Varianten der Prozessvisualisierung behandelt wurde (within-subjects). Innerhalb eines Versuchsdurchlaufs wurde zunächst die jeweilige Prozessvisualisierung erklärt, gefolgt von einer Explorationsphase durch die Probanden. Im Anschluss bearbeiteten die Probanden in Zweiertteams acht operatorspezifische Aufgaben. Für die Erfüllung der Aufgaben mussten Arbeitsschritte der *Überwachung*, *Diagnose* und *Manipulation* durchgeführt werden: Innerhalb des Arbeitsschritts der *Überwachung* wurden verschiedene Arten der Aktivierung eingesetzt, d. h. sowohl in Form von Meldungen, als auch Änderung der Farbcodierung eines Straßenabschnitts auf der *Überwachungs- und Diagnoseebene*. Um auf Aktivierungen, wie bspw. eingehende Meldungen, reagieren zu können, musste eine *Diagnose* durchgeführt werden. Hierfür benötigten die Probanden zusätzliche Informationen, wie z. B. die Verkehrssituation auf jeder einzelnen Fahrspur. So musste bspw. ein Stauende identifiziert werden. Im Anschluss an die *Diagnose* mussten die Probanden auf das simulierte Problem reagieren. Die hierfür nötige *Manipulation* reichte von einem einfachen Verändern einzelner Verkehrszeichen, bis hin zur Freigabe eines Seitenstreifens über einen längeren Streckenabschnitt hinweg. Im Anschluss an die Aufgaben zum jeweiligen Visualisierungskonzept wurden die subjektiven Einschätzungen der Probanden mit Hilfe eines Fragebogens erfasst und den Teilnehmern anschließend innerhalb eines Experteninterviews die Möglichkeit zur Diskussion geboten. An der Studie nahmen 11 männliche Probanden von drei unterschiedlichen Verkehrsleitzentralen aus dem

Bundesgebiet teil. Die 6 Operatoren und 5 Teilnehmer mit leitenden Tätigkeiten im Verkehrsleitzentralenkontext wiesen ein Durchschnittsalter von 38 Jahre (SD = 10.33) auf.

Bei der Auswertung der Fragebögen zeigten sich klare Unterschiede in der Beurteilung der beiden Visualisierungskonzepte. Die Frage, ob die eingesetzte Prozessvisualisierung einen guten Überblick über das Straßennetz bietet, beantworteten die Probanden mit $M = 0.72$ (SD = 0.62; Skala von -2 „sehr schlechte Übersicht“ bis 2 „sehr gute Übersicht“) bei der *HML-View* und $M = -0.91$ (SD = 0.67) bei der *Folding-View*. Die Varianzanalyse bestätigt eine statistische Signifikanz des Unterschieds zwischen der *Folding-View* und der *HML-View* ($t(11) = 1.72$; $p < .05$). Die subjektiven Antworten der Fragebögen zeigten bei der Bewertung der Visualisierungen in Bezug auf die Unterstützung bei der Aufgabenerfüllung ebenfalls einen signifikanten Unterschied ($t(11) = 1.73$; $p < .05$), wobei die *HML-View* im Mittel mit $M = 1.04$ (SD = 0.61; Skala von -2 „sehr schlechte Unterstützung“ bis 2 „sehr gute Unterstützung“) und die *Folding-View* mit $M = 0.4$ (SD = 0.83) bewertet wurden. Auffallend hierbei ist, dass die Standardabweichung bei der *Folding-View* wesentlich höher liegt als bei der *HML-View*. Dies liefert auch eine teilweise Erklärung dafür, dass im direkten Vergleich der beiden Konzepte für die Prozessvisualisierung zwar die Mehrzahl der Probanden die *HML-View* bevorzugten (63,6%), aber dennoch 4 der 11 Probanden (36,4%) die *Folding-View* als ihre präferierte Visualisierung nannten. Die Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse der Interviews sowie der teilnehmenden Beobachtung liefern ein klareres Bild der Vor- und Nachteile der Konzepte aus der Sicht der Probanden.

Die Probanden äußerten sich bei der *HML-View* positiv zur semantischen Anreicherung der Überwachungs- und Diagnoseebene (Zitat: „*Sehr gut, ich kann mir jetzt Detailinformationen im Kontext anzeigen lassen.*“). Die *HML-View* bietet trotz der zusätzlichen Detailinformationen eine gute Übersicht, ohne dabei Informationen zu verdecken (Zitat: „*Sehr gute Visualisierungsmöglichkeit, ich habe so immer noch die ganze Karte im Überblick.*“). Einer der größten Vorteile gegenüber der jetzigen Lösung in Leitzentralen, konnte im geringeren Blickwechsel bei der Aufgabenbearbeitung ausgemacht werden (Zitat: „*Ich schaue viel weniger nach unten, da ich mehr Informationen in der Linse habe.*“). Weiterhin gaben die Probanden an, dass die Aufmerksamkeit nur für das Schalten der Schilderbrücken auf die *Manipulationsebene* wechselte (Zitat: „*Ich muss jetzt viel weniger nach unten schauen, da kontextbezogene Informationen in der Linse angezeigt werden.*“).

Die *Folding-View* wurde von den Probanden eher als kritische Visualisierung für die Art von Aufgaben gesehen. Es wurde eine separate Übersicht gefordert, welche die absolute Position der Fokuspunkte im Informationsraum nochmals verdeutlicht. Auffallend bei der essenziell unterschiedlichen Einschätzung der *Folding-View* innerhalb der Fragebögen war, dass durch die Beobachtung eine unterschiedliche Expertise in Bezug auf das für die Evaluation eingesetzte Straßennetz festgestellt wurde. Dies erklärt die hohe Standardabweichung bei der Bewertung der *Folding-View*. Probanden, welche mit dem Straßennetz vertraut waren, hatten keinerlei Probleme mit der Orientierung. Hingegen hatten jene Probanden, welche sich im Berufsalltag mit einem anderen Straßennetz beschäftigen, mehr Probleme bei der Orientierung (Zitat: „*Wenn man das Netz kennt, ist es kein Problem die Stelle zu finden.*“). Einzelne Probanden waren durch die Bewegung der Übersichtskarte beim gleichzeitigen Verschieben der Fokuspunkte irritiert (Zitat: „*Ich weiß nicht, ob sich gerade die Position des Fokuspunkts auf dem Display verändert, oder ob sich die Position des Fokuspunkts in Bezug auf die Pro-*

zessvisualisierung verschiebt.“). Die Falten wurden als sehr hilfreich für die Orientierung eingeschätzt (Zitat: „Die Falten schaffen ein gutes Verständnis für die Verzerrung.“). Weiterhin wurde sowohl die Navigation mit Hilfe des SpaceNavigators (*Überwachungs- und Diagnoseebene*) als auch die Navigation über die Touch-Interaktion (*Manipulationsebene*) positiv von den Probanden aufgenommen. Im Rahmen der teilnehmenden Beobachtung ließ sich ein klares Muster erkennen. Die Navigation auf der *Überwachungs- und Diagnoseebene* wurde genutzt, um große Strecken zu überbrücken, während für das Folgen eines Straßenverlaufs bei gleichzeitiger *Manipulation* von Prozessvariablen die Navigation mit Hilfe des Pannings durchgeführt wurde (Zitat: „Mit SpaceNavigator auf Public Space schnell zur entsprechenden Stelle und dann mit Panen fein justieren funktioniert sehr gut.“). Die Interaktion mit dem SpaceNavigator auf der *Überwachungs- und Diagnoseebene* wurde von den Probanden mit $M = 1.18$ ($SD = 0.57$; von -2 „sehr verwirrend“ bis 2 „sehr intuitiv“) als intuitiv bewertet. Auch das Touch-Display wurde als sinnvolles Eingabemedium auf der *Manipulationsebene* gesehen. Dies zeigte sich zum einen während der Interviews (Zitat: „Die Aktion findet direkt auf der Oberfläche am Straßenschild statt.“) und zum anderen bei der Beantwortung der Fragebögen. Die Probanden stimmten der Aussage, dass die Touch-Interaktion im Kontext von Leitwarten ein sinnvolles Eingabemedium darstellt mit $M = 1.64$ ($SD = 0.48$; von -2 „stimme überhaupt nicht zu“ bis 2 „stimme völlig zu“) zu. Die Aussage, dass die Synchronisation der *Manipulationsebene* mit der *Überwachungs- und Diagnoseebene* sehr hilfreich ist, wurde mit $M = 1.55$ ($SD = 0.5$) ebenfalls bestätigt.

In Bezug auf die Nutzung von Multi-Focus-Views in Leitzentralen stimmten die Probanden darin überein, dass diese einen entscheidenden Mehrwert gegenüber heutigen Systemen bieten. Besonders wurde dabei hervorgehoben, dass diese Art von Visualisierung zum einen die stillschweigende Koordination zwischen den Operatoren und zum anderen das Situationsbewusstsein fördere. So sahen die Operatoren während der Aufgabenbearbeitung einen großen Vorteil darin, zu sehen, an welcher Stelle des Prozesses der Kollege gerade arbeitet (Zitat: „Es ist immer eindeutig, wo sich mein Kollege befindet, das ist für die Abstimmung untereinander sehr gut.“). Darüber hinaus wurde die Integration des SpaceNavigators in die *Manipulationsebene* nicht nur aus Sicht der Interaktion positiv bewertet; die Probanden waren auch der Meinung, dass der Einsatz von einem tokenartigen Eingabegerät einen Mehrwert bei der täglichen Arbeit bietet (Zitat: „Durch das Gerät bekomme ich schon ein visuelles Feedback. Ich sehe, da steht was.“).

5 Diskussion und Ausblick

Bei den im Beitrag vorgestellten Konzepten sahen die Probanden großes Potential, um die Arbeit in der Verkehrsleitzentrale zu unterstützen. Dennoch erwies sich die *Folding-View* für das im Beitrag beschriebene Einsatzszenario nicht als optimale Lösung. Es zeigte sich aber, dass Operatoren, welche sich im Straßennetz besser auskannten, weniger Probleme mit dieser Darstellungsform hatten. Darüber hinaus wurden von den Probanden einige alternative Einsatzmöglichkeiten genannt. Diese zielen auf eine statischere Darstellung zur Beobachtung von mehreren neuralgischen Punkten ab. (Zitat: „Ich kann mir auch gut vorstellen, mehrere Fokuspunkte in einen Kontext, wo viel passiert, zu legen. Das wäre eine große Hilfe.“). Ein

weiterer Vorteil, welchen die Probanden in der *Folding-View* erkannt haben, war die sehr hoch aufgelöste Fokusregion (Zitat: „*Man hat mehr Informationen auf den ersten Blick, das gefällt mir gut*“.) Die Einschätzung der Probanden in Bezug auf die *HML-View*, bzw. auf das Zusammenspiel von *Überwachungs- und Diagnoseebene* mit der *Manipulationsebene* war hingegen gerade für den hier untersuchten Anwendungsfall sehr positiv. Die Möglichkeit der Darstellung des gesamten Straßennetzes bei gleichzeitiger Betrachtung von Details, wie sie durch die *HML-View* ermöglicht wird, kann dem Problem des Übersichts-Detail-Paradoxons in Leitwarten entgegenwirken. Dabei wird durch die Integration der Detailinformationen in ihren Kontext die mentale Verknüpfung der Informationen erleichtert. Des Weiteren kann nach Ansicht der Probanden die stillschweigende Koordination der Operatoren durch den Einsatz mehrerer *Hybrider-Magic-Lenses* auf der *Überwachungs- und Diagnoseebene* verbessert werden. Durch die Synchronisation der *Überwachungs- und Diagnoseebene* mit der *Manipulationsebene* kann der Arbeitsablauf der Operatoren besser unterstützt werden, d. h. die erneute Auswahl des Kontextes zur *Manipulation* von Prozessvariablen, entfällt. Allgemein wurden die eingesetzten Interaktionstechniken von den Probanden sehr positiv beurteilt. Sowohl die Navigation auf der *Überwachungs- und Diagnoseebene* mit Hilfe des SpaceNavigators als auch das Panning auf der *Manipulationsebene* wurden dabei von den Probanden entsprechend der Stärken der jeweiligen Navigationstechnik eingesetzt. In einem nächsten Schritt wird die Nutzung der *Folding-View* als eine Ansicht zur Betrachtung mehrerer neuralgischer Punkte eines zu überwachenden Raums untersucht. Des Weiteren wird geprüft, inwiefern die entwickelten Konzepte auch in anderen Domänen, wie bspw. der Stromverteilung oder der Bahnüberwachung eingesetzt werden können. Auch in diesen Domänen müssen Informationsräume mit netzwerkartiger Struktur überwacht werden.

Literaturverzeichnis

- Baudisch, P., Good, N. & Stewart, P. (2001). *Focus plus context screens: combining display technology with visualization techniques*. In Proc. of UIST'01, S. 431-440.
- Cockburn, A., Karlson, A. & Bederson, B. B. (2008). *A review of overview+detail, zooming, and focus+context interfaces*. In ACM Computing Surveys, 41, S. 1-31.
- Elmqvist, N., Henry, N., Y. Riche Y. & Fekete, J. D. (2008). *Mélange: Space Folding for Multi-Focus Interaction*. In Proc. of CHI'08, S. 1333-1342.
- Hagemann, V., Kluge, A. & Badur, B. (2011). *The impact of a largescreen projection of the entire technical process on shared mental model congruency and team performance in a furnace control room*. Poster session HFSE'11.
- Johannsen, G. (1993). *Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin, Springer-Verlag.
- Morris, M. R., Brush, A. J. B. & Meyers, B. R. (2007). *Reading Revisited: Evaluating the Usability of Digital Display Surfaces for Active Reading Tasks*. In Proc. of TABLETOP'07, S. 79-86.
- Morris, M. R., Fisher, D. & Wigdor, D. (2010). *Search on surfaces: Exploring the potential of interactive tabletops for collaborative search task*. In Proc. of Inf. Processing & Management, S. 703-717.
- Schwarz, T., Butscher, S., Müller, J. & Reiterer, H. (2011) *Inhaltssensitive Navigation in der Verkehrsleitzentrale*. In Proc. of Mensch und Computer 2011, S. 45-58.

Kontaktinformation

Tobias Schwarz (Universität Konstanz), E-Mail: tobias.schwarz@uni-konstanz.de