

Autorenversion des Artikels „Blended Interaction - Neue Wege zur Vermischung realer und digitaler Interaktionskonzepte im Kontext von Leitwarten“,  
Erscheinung in Sonderheft 11/2013 „Multimodale Interaktion“  
at Automatisierungstechnik. Oldenbourg Verlag.

# Blended Interaction - Neue Wege zur Vermischung realer und digitaler Interaktionskonzepte im Kontext von Leitwarten

Schwarz Tobias, Butscher Simon, Müller Jens, Reiterer Harald

Arbeitsgruppe Mensch-Computer Interaktion, Universität Konstanz.  
Universitätsstrasse 10, Box D73 78457 Konstanz  
{firstname.lastname}@uni-konstanz.de

## **Zusammenfassung**

In diesem Beitrag wird Blended Interaction als neuartiger Ansatz zur ganzheitlichen Gestaltung von Arbeitsumgebungen für Operateure in Leitwarten vorgestellt. Hintergrund ist die Herausforderung einer stetig ansteigenden Komplexität der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Leitbild bei der Konzeptentwicklung sind die Prinzipien der realitätsbasierten Interaktion, die sowohl den Operateur mit seinen natürlichen Fähigkeiten, als auch den situativen Kontext der Arbeitsumgebung hervorheben. Darüber hinaus werden Ergebnisse einer Evaluation mit Anwendern aus Verkehrsleitzentralen vorgestellt, in welcher ein möglicher Paradigmenwechsel hin zu neuen Interaktionsformen untersucht wird.

**Leitwarte, Blended Interaction, Realitätsbasierte Interaktion, Multifokale Ansicht, Tangible User Interface**

## **Abstract**

Blended Interaction is introduced as a novel approach to a holistic design of the work environment of control room operators. It addresses a continuously growing complexity of human-machine-interfaces in control rooms. The approach bases on the principles of reality-based interaction styles, which emphasize both, the operators with their innate abilities and the work environment's situational context. In addition, results of an evaluation with user from a traffic control room will be presented in which a potential paradigm shift to new forms of interaction is examined.

**Control Room, Blended Interaction, Reality-based Interaction, Multifocus View, Tangible User Interface**

## 1 Einführung und Motivation

Leitwarten sind Einrichtungen, welche die zentrale Steuerung komplexer technischer Prozesse, wie beispielsweise in Kraftwerken, ermöglichen. Im Zuge der voranschreitenden Digitalisierung innerhalb der letzten Jahrzehnte hat sich die Arbeit der Operateure in Leitwarten stark verändert. Mit dem Einzug der Digitalisierung gehen zwei, für die Prozessführung prägende, Begleiterscheinungen einher: Die Automatisierung und die Virtualisierung. Die Automatisierung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Maschine bzw. ein Rechner die Aufgabe des Menschen übernimmt [1]. Im Rahmen der Virtualisierung werden die beteiligten Elemente und deren Zustandsgrößen, d. h. die Prozessvariablen zunehmend in digitaler Form auf Bildschirmen dargestellt. Die Treibkraft für den stetigen Anstieg des Automatisierungs- und Virtualisierungsgrades besteht darin, die Zuverlässigkeit und die Effizienz der technischen Systeme zu erhöhen sowie die Prozesskosten zu senken [2]. Einhergehend mit dieser Entwicklung hat sich der Verantwortungsbereich der Operateure im Gegensatz zu früheren Prozesssteuerungstätigkeiten hin zu beinahe reinen Überwachungs- und Diagnoseaufgaben verlagert [3].

Sheridan [4] nennt die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine in heutigen Leitwarten *supervisory control*. Das Konzept vom *überwachenden Führen* ist dadurch gekennzeichnet, dass der Operateur den automatisierten Prozess mit Hilfe einer virtualisierten Repräsentation des Prozesses auf der Verfahrens- und Zielsetzungsebene überwacht und lediglich in anormalen Betriebssituationen in den Prozessablauf eingreift. Somit werden die Prozesse in Leitwarten nicht mehr direkt am Ort des Geschehens gesteuert, sondern mit Hilfe einer Vielzahl von Bildschirmen zentral überwacht. Dennoch muss der Operateur in der Lage sein, sich ein Bild des realen Prozesses zu machen, um diesen angemessen steuern zu können. Die Erstellung eines vollständigen mentalen Modelles des Prozesses wird durch eine zunehmende Automatisierung und Virtualisierung deutlich erschwert. Die Generierung eines mentalen Modells ist jedoch für die Überwachung des aktuellen Systemstatus essentiell, im Speziellen beim Feststellen von Veränderungen in der Prozessdynamik [5]. Werden Operateure hinsichtlich ihrer natürlichen Fähigkeiten und ihrer Kernaufgaben nicht angemessen bei der Prozessführung unterstützt, erhöht dies die Wahrscheinlichkeit von Bedienfehlern [6]. Daher ist für eine effiziente und vor allem sichere Prozessführung das nahtlose Ineinandergreifen menschlicher und maschineller Fähigkeiten von entscheidender Bedeutung.

Während die Arbeitsumgebung des Operateurs folglich stets komplexer geworden ist, ist die Benutzungsschnittstelle noch immer in der Tradition des Desktop

Computers und den damit verbundenen Ein- und Ausgabegeräten verhaftet. Auf Basis von Maus, Tastatur und einer Vielzahl von Bildschirmen muss sich der Operateur ein Bild vom Zustand des Gesamtprozesses bilden. Der Mensch ist es jedoch gewohnt, seine Umwelt über alle seine Sinne wahrzunehmen und sich daraus ein ganzheitliches Bild abzuleiten [1]. Die Betrachtung der früher vorherrschenden analogen Paradigmen der Prozessführung verdeutlicht, dass physische Artefakte wie Drehregler zusätzliche Sinne einbeziehen, die heute auf Grund der Virtualisierung vielfach ungenutzt bleiben.

Die Interaktionsformen im Kontext der manuellen Prozessführung hatten neben den Vorteilen einer expliziten Bedienhandlung über spürbare Widerstände, den Vorzug einer impliziten, nonverbalen Kommunikation zwischen den Operateuren. Durch die statische Positionierung von Bedienelementen im Raum war sich der Operateur stets darüber bewusst, an welcher Stelle des Prozesses sein Kollege aktuell beschäftigt ist. Jedoch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass der Einzug mächtiger Computertechnologie gerade im Bereich der Prozessvisualisierung enorme Vorteile mit sich brachte. So können dem Operateur komplexe Prozesszusammenhänge unter Nutzung der heute zur Verfügung stehenden Medien und deren spezifischen Eigenschaften vermittelt werden [7].

Im Hinblick auf zukünftige Szenarien zeigt dies einen grundsätzlichen Bedarf an angemessenen Visualisierungs- und Interaktionskonzepten für die Arbeitsumgebung von Operateuren auf. Der vorliegende Beitrag schlägt ein neues Interaktionsparadigma jenseits des Desktop Computers vor, welches reale und digitale Konzepte nahtlos vermischt. Hierfür werden neue Formen der Interaktion im Kontext der Verkehrsüberwachung entworfen, welche im Sinne einer nutzerzentrierten Gestaltung die Fähigkeiten und das Vorwissen des Menschen berücksichtigen. Diese Konzepte werden gemeinsam mit Operateuren als Domänenexperten untersucht.

## 2 Blended Interaction als Designframework

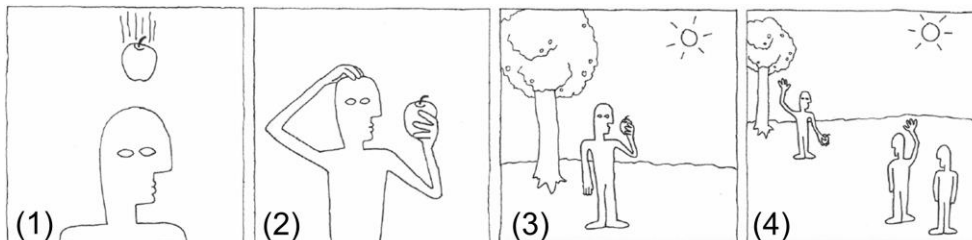
Die Gestaltung neuartiger Formen der Interaktion erfordert im Kontext von sicherheitskritischen Mensch-Maschine-Systemen, wie der Leitwarte, eine systematische und sorgfältige Vorgehensweise, da sie den domänentypischen Anforderungen gerecht werden muss. Mit Hilfe des *Blended Interaction* Designframeworks können neue Wege für die Interaktion im Kontext der Leitwarte geschaffen werden. Ziel des Frameworks ist die Förderung einer nutzerzentrierten Gestaltung natürlicher Interaktionsformen in interaktiven Szenarien. Diese neue Entwicklungsstufe in der Evolution der Mensch-Computer-Interaktion ist von dem Ziel geprägt, die Interaktion mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Endgeräten im Sinne des *Ubiquitous Computing* an den Prinzipien der *Reality-based Interaction*

und des *Conceptual Blending* zu orientieren [8, 9]. Das Framework nimmt somit Bezug auf aktuelle Trends jenseits des WIMP (Windows-Icon-Menu-Pointers) Paradigmas. Essentiell für die Gestaltung interaktiver Systeme ist dabei die ganzheitliche Betrachtungsweise. Diese Theorien in Verbindung mit den vier *Domains of Design* des *Blended Interaction* Frameworks zeigen neue Wege zur Vermischung realer und digitaler Interaktionskonzepte auf.

## 2.1 Nutzung von Vorwissen und natürlichen Fähigkeiten des Menschen

Ziel der *Reality-based Interaction* ist es, die Interaktion zwischen Mensch und Maschine an der realen Welt auszurichten. Jacob et al. [10] stellen in diesem Zusammenhang ein Framework vor, welches das Vorwissen und die natürlichen Fähigkeiten des Menschen bei der Interaktion mit der Benutzungsschnittstelle berücksichtigt. Damit können gelernte und evolutionsbedingte Charakteristiken des Menschen genutzt werden, um den Dialog zwischen Mensch und technischem System begreifbarer zu gestalten. Begreifbar ist hierbei im doppelten Sinn des Wortes zu verstehen: im Sinne von *ergreifen* und im Sinne von *verstehen*.

Jacob et al. [10] definieren vier *Themes of Reality*, um die ganzheitlichen Fähigkeiten des Menschen bei der Gestaltung von interaktiven Benutzungsschnittstellen zu berücksichtigen (siehe Bild 1):



**Bild 1:** Die vier *Themes of Reality* zur Gestaltung von realitätsbasierten Interaktionsformen zwischen Mensch und Maschine [10].

(1) *Naïve Physics* - Beachte das Alltagsverständnis der Menschen über physikalische Gegebenheiten. (2) *Body Awareness & Skills* - Berücksichtige das Körperbewusstsein und die körperlichen Fähigkeiten der Menschen. (3) *Environment Awareness & Skills* - Beachte das räumliche Bewusstsein und die räumlichen Fähigkeiten der Menschen. (4) *Social Awareness & Skills* - Berücksichtige das soziale Verhalten und die sozialen Fähigkeiten des Menschen bei der Interaktion.

Innerhalb der *Reality-based Interaction* wird zwischen zwei grundsätzlichen Interaktionsformen unterschieden: Die Interaktion, welche die reale Welt nachahmt (like the real world) und die Interaktion in der realen Welt (in the real world). Die erste Interaktionsform basiert auf dem Transfer von Wissen aus der realen Welt in die virtuelle Welt, d. h. die reale Welt wird in digitaler Form nachgeahmt. Die zweite Interaktionsform konzentriert sich auf computergestützte physische Artefakte, wie beispielsweise Tangible User Interfaces (TUIs). Um das Potenzial von TUIs voll auszuschöpfen, schlagen Ishii und Ullmer [11] vor, physische Objekte mit virtuellen Funktionen anzureichern. Diese Form der Interaktion adressiert somit auch die Vision des *Ubiquitous Computing*, welche die Integration von Rechenleistung in die physische Welt fordert [12]. Gleichzeitig können TUIs in gewissem Rahmen dem Ansatz der *Multimodalen Interaktion* gerecht werden. Mit TUIs sowie dem *Ubiquitous Computing* entstand ein zur Virtualisierung gegenläufiger Trend.

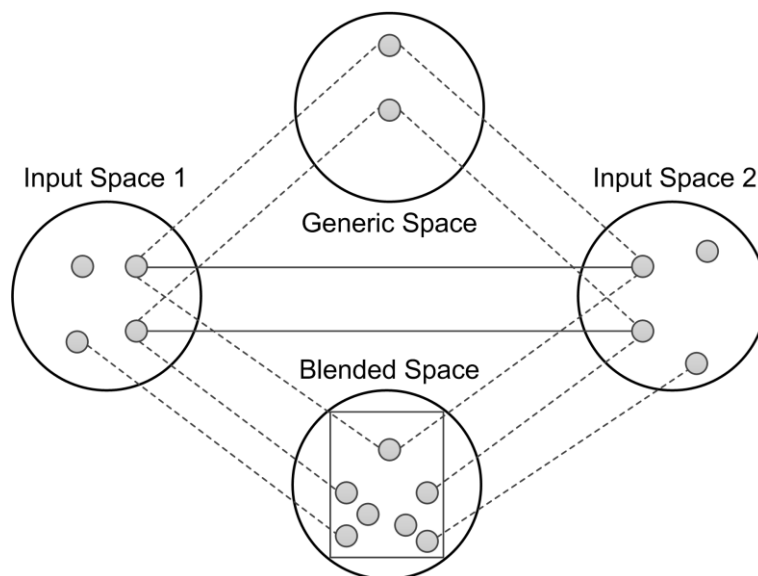
In der realen und der digitalen Welt sehen Jacob et al. [13] zwei Dimensionen mit jeweils eigenen Vorzügen. Während die reale Welt durch natürliche Formen der Interaktion geprägt ist, steht die digitale Welt für eine hohe Verarbeitungskapazität von Informationen. Der Widerspruch zwischen diesen beiden Dimensionen wird als *Power vs. Reality Tradeoff* bezeichnet [10, 13]. Die Auflösung des Konflikts besteht in der Nutzung der Möglichkeiten der digitalen Welt bei gleichzeitigem Erhalt der Vorteile der realen Welt. In der digitalen Welt können beispielsweise die Prinzipien der *Naïve Physics* bewusst außer Kraft gesetzt oder verändert werden. Die dadurch entstehenden unrealistischen Bedieneigenschaften und Verhaltensweisen können unter bestimmten Umständen zu einem *multiplier effect* führen und eine verbesserte Interaktion ermöglichen [10, 13]. Der Effekt setzt jedoch die wohlbedachte Vermischung beider Welten voraus, um die Vorteile der realweltlichen Interaktion nur bei echten Mehrwerten (*multiplier effect*) aufzugeben, allerdings immer unter der Prämisse, ein möglichst natürliches Verständnis der Interaktion aufrechtzuerhalten.

## 2.2 Vermischung von Eigenschaften der realen und digitalen Welt

Bei der Gestaltung von interaktiven Benutzungsschnittstellen werden häufig Metaphern eingesetzt, um so die Vorerfahrung des Menschen bei der Interaktion mit einzubeziehen und die schnelle Bildung eines mentalen Modells zu unterstützen. Hierbei kann es aber durch einen zu simplen Einsatz von Metaphern seitens des Designers zu falschen Schlüssen beim Nutzer kommen [14]. Hauptfehlerquelle ist ein direktes 1:1 projizieren der Strukturen einer vertrauten Domäne sowie derer Eigenschaften auf eine neue Domäne (z. B. realistische 1:1 Abbildung eines Formulars auf ein digitales System). Die rasche Vertrautheit wird mit einer

Vernachlässigung von *multiplier effects* erkaufte. Dies führt besonders bei regelmäßiger Nutzung zu einer Verschwendung kognitiver Ressourcen. Neuere Erkenntnisse der Kognitionspsychologie und Linguistik zeigen, dass das menschliche Gehirn mit seiner *Denkstruktur* sehr gut mit indirekten Projektionsformen, welche als *Conceptual Blending* bezeichnet werden, umgehen kann.

Der von Fauconnier und Turner [15] geprägte Begriff des *Conceptual Blending* ist ein theoretischer Ansatz, mit welchem sich die Probleme der zu simplen methaphernbasierten Gestaltungsansätze überwinden lassen. *Conceptual Blending* beschreibt einen unbewussten, jedoch allgegenwärtigen Prozess, welcher tief in unserem alltäglichen Denken und im Sprachgebrauch verankert ist. Menschliches Denken basiert auf Projektionen zwischen *Input Spaces*, *Generic Space* und *Blended Space* (siehe Bild 2).



*Bild 2: Schematische Darstellung des Conceptual Blending [15].*

Als Basis für die Projektionen dient ein generischer Bereich (*Generic Space*). Dieser besteht aus grundlegenden, abstrakten Strukturen die wir Menschen im Laufe unseres Lebens erlernt bzw. geerbt haben. Der *Generic Space* stellt damit gewissermaßen unser Alltagsverständnis dar (z. B. dass Dinge in anderen Dingen enthalten sein können, dass Dinge einem Pfad folgen, dass Dinge zueinander in Beziehung stehen können). Nur wenn beide *Input Spaces* eine ausreichende Überschneidung hinsichtlich der grundlegenden Eigenschaften, d.h. des *Generic Space* aufweisen (z. B. Image Schemas, siehe dazu Hurlienne und Israel [16]), kann durch die Projektion der einzelnen Strukturen und Eigenschaften der beiden *Input*

*Spaces* ein neuer hypothetischer Bereich, der sog. *Blended Space*, entstehen. Dabei können sich neue Konzepte mit emergenten Eigenschaften innerhalb des *Blended Spaces* entwickeln, welche auf diese Art und Weise nicht in den Ursprungsdomänen zu finden sind. Der *Blended Space* erscheint für den Menschen als eine neue künstlich gestaltete Welt. Dort kann der Mensch auf seine Erfahrungen und Fähigkeiten zurückgreifen und neue Strukturen und Funktionalitäten anwenden. Für die Gestaltung von interaktiven Benutzungsschnittstellen können *Blends* als konzeptionelles Werkzeug genutzt werden. Nach Imaz und Benyon [14] führen *Blends* zu neuen Ideen und Sichtweisen, um gerade den Anforderungen der zuvor beschriebenen *Reality-based Interaction* gerecht zu werden.

### 2.3 Das Designframework und die Domains of Design

Ähnlich wie bei der *Reality-based Interaction* spielen wohlbedachte *Design Tradeoffs* zwischen den Dimensionen der vertrauten *realen Welt* (siehe Bild 3, links *Reality*) und der *digitalen Informationsverarbeitung* (siehe Bild 3, rechts *Power*) bei der *Blended Interaction* eine entscheidende Rolle. Die *Power* der digitalen Informationsverarbeitung basiert beispielsweise auf hochauflösenden Displays, Massenspeichern oder Sensoren. Im Gegensatz zur *Reality-based Interaction* wird innerhalb der *Blended Interaction* die Realität als dynamisch angesehen. So wenden Menschen nicht nur gelernte Konzepte aus der realen, nicht-digitalen Welt an, sondern auch Konzepte, welche sie bei der Nutzung vertrauter digitaler Technologien erlernt haben und integrieren diese Konzepte in ihren *mental Space* (z. B. dass Bildschirme auf Touch reagieren; dass Pinching Gesten zum Zoomen genutzt werden). Menschen interagieren alleine oder in Teams und wechseln dabei nahtlos zwischen realweltlicher und computergestützter Interaktion und Kommunikation. Als konzeptionelles Werkzeug für die nutzerzentrierte Gestaltung von *Design Tradeoffs* wird das *Conceptual Blending* [15] genutzt (siehe Bild 3, Mitte). Es hilft dabei, das Vorwissen und die natürlichen Fähigkeiten des Menschen zu berücksichtigen.

Ausgehend von den *Design Tradeoffs* lässt sich für die Gestaltung von interaktiven Benutzungsschnittstellen folgende Fragestellung formulieren: *Wie lassen sich alltägliche Konzepte mit den Konzepten und Möglichkeiten der digitalen Welt sinnvoll kombinieren?* Die Beantwortung dieser Frage adressiert dabei gleichermaßen auch den von Jacob et al. [10] erwähnten *multiplier effect*, durch welchen eine Benutzungsschnittstelle eine unrealistische, jedoch performante Bedienung zulässt.

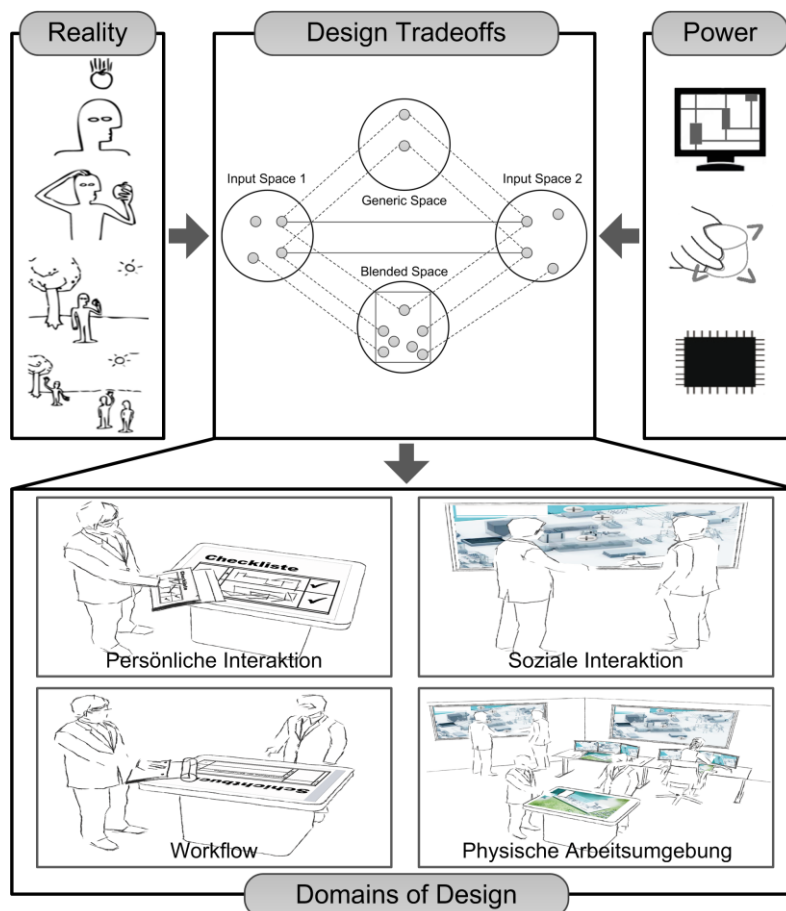


Bild 3: Das Blended Interaction Framework und seine vier Komponenten zur holistischen Gestaltung natürlicher Formen der Interaktion modifiziert nach Jetter et al. [8, 9].

Im Hinblick auf die Ganzheitlichkeit werden die Interaktionsformen aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet und in vier sog. *Domains of Design* (Gestaltungsebenen) gegliedert. Im Folgenden werden die vier Gestaltungsebenen beschrieben. In Anbetracht einer holistischen Gestaltung der Arbeitsumgebung von Operateuren im Leitwartenkontext sind alle Domains gleichermaßen bedeutsam.

**Persönliche Interaktion.** Im Bereich der *persönlichen Interaktion* soll eine möglichst intuitive Bedienung dadurch erreicht werden, dass die Menschen an ihre Alltagserfahrungen bezüglich der Interaktion mit realen Objekten anknüpfen können. Hierbei kommen die Erkenntnisse aus der zuvor beschriebenen *Reality-based Interaction* zum Tragen. Die Leitprinzipien der *Reality-based Interaction* (*Naive Physics, Body Awareness & Skills* und *Environmental Awareness & Skills*)



werden bei der Gestaltung von interaktiven Benutzungsschnittstellen, welche die *persönliche Interaktion* unterstützen, mit einbezogen. Dies impliziert, dass Benutzungsschnittstellen in Leitwarten sowohl die körperliche als auch die sinnliche Wahrnehmbarkeit durch eine kohärent *multimodale Interaktion* fördern müssen, wie es in früheren Anlagen Leitwarten mit ihren manuellen Stellteilen der Fall war.

**Soziale Interaktion.** In dieser Gestaltungsebene wird der soziale Kontext der Interaktion betrachtet. Demnach sollte sich die Gestaltung der Benutzungsschnittstelle nicht auf das persönliche Erleben des Menschen mit dem interaktiven System beschränken, sondern auch *soziale Interaktionen* zwischen den am System beteiligten Akteuren gefördert werden. In diesem Zusammenhang soll vor allem das vierte Leitprinzip der *Reality-based Interaction (Social Awareness & Skills)* berücksichtigt werden. Die Interaktionsformen im Zuge der manuellen Prozessführung hatten neben den Vorteilen einer expliziten Bedienhandlung über spürbare Widerstände, den Vorteil einer impliziten, nonverbalen Kommunikation zwischen den Operateuren. Durch die statische Positionierung von Bedienelementen im Raum war sich der Operateur stets darüber bewusst, an welcher Stelle des Prozesses sein Kollege aktuell beschäftigt ist. Zwar hat die Anzahl der für die Führung eines Prozesses notwendigen Operateure aufgrund des zunehmenden Automatisierungs- und Virtualisierungsgrades abgenommen, dafür ist das Arbeitsumfeld komplexer geworden. Vor allem hinsichtlich von impliziten und expliziten Absprachen ist die Beachtung der *sozialen Interaktion* essenziell, da sie die selbstgesteuerte Koordination der Arbeitsteilung ermöglicht. Wird der Aspekt der impliziten und expliziten Kommunikation unterstützt, ist von einer positiven Auswirkung auf die individuellen Aufmerksamkeitsressourcen auszugehen, was wiederum eine Entlastung der einzelnen Operateure bewirken kann.

**Reale und computergestützte Abläufe (Workflow).** Im Rahmen der computergestützten Abläufe werden die organisatorischen Abläufe in Prozesse integriert sowie durch Informationstechnologie unterstützt. In modernen Organisationsstrukturen sind die unterschiedlichen Arbeitsprozesse eng miteinander verbunden (z. B. Wechsel von Einzel- und Teamarbeit). Die Arbeitsstrukturen in der Leitwarte sind davon gekennzeichnet, dass unterschiedliche Arbeitsprozesse nahtlos aneinander anknüpfen. Dabei findet die Interaktion meist nicht isoliert von anderen Aufgaben, sondern im Zuge angegliederter Arbeitsschritte statt. Dementsprechend fordert die Betrachtung von Workflows die konzeptionelle Integration der Handlungsschritte im Leitwartenkontext. Die drei Primäraufgaben Überwachung, Diagnose und das Manipulieren bei Eingriffen [17] in den technischen Prozess sind in der Leitwarte mit Navigations- und Selektionsaufgaben verbunden. Ein Wechsel zwischen den Arbeitsschritten, wie beispielsweise der Wechsel zwischen der Überwachung des Prozesses und der Suche nach einer Problemursache im Rahmen der Diagnostikaktivitäten, muss daher nahtlos erfolgen, um eine effiziente Arbeitsweise zu ermöglichen.

**Physische Arbeitsumgebung.** Die Gestaltung der physischen Umgebung umfasst im weitesten Sinne die Anpassung der Architektur an die Aufgaben. Für die Umsetzung von interaktiven Szenarien muss diese Gestaltungsebene mit eingebunden werden, da diese bereits mit unterschiedlichen sozialen und funktionalen Routinen belegt ist. Dabei werden unterschiedlichste Artefakte wie Tische und Wände in die Gestaltung der Interaktion miteinbezogen. Die physische Umgebung spielt vor allem in Bezug auf die historische Entwicklung der Prozessführung eine bedeutende Rolle. So war die Erfüllung der Primäraufgaben eine ortsgebundene Handlung und dadurch fest in der physischen Umgebung des Operators verankert. Folglich waren die Kontrollmöglichkeiten der manuellen Prozessführung an einen physischen Ort gebunden, während sie heute den dynamischen und daher auch komplexen Strukturen der virtuellen Welt unterliegen.

Für die Gestaltung der Arbeitsumgebung von Operateuren lassen sich zusammenfassend drei wesentliche Punkte identifizieren: (1) Die Beachtung menschlicher Fähigkeiten und menschlichen Vorwissens, (2) die Beachtung der spezifischen Designanforderungen und (3) die daraus resultierenden *Design Tradeoffs*, welche durch die wohlbedachte Vermischung realer und digitaler Merkmale gestaltet werden.

### 3 Blended Interaction als Designframework für die Leitwarte

Das im vorherigen Abschnitt vorgestellte Gestaltungsparadigma kann einen entscheidenden Beitrag dazu leisten, zukünftige Leitwarten ganzheitlich an den Bedürfnissen und Fähigkeiten der Operateure auszurichten. Anhand eines Szenarios in der Verkehrsleitzentrale wird die Anwendbarkeit und der potenzielle Nutzen der *Blended Interaction* hinsichtlich der Gestaltung der Arbeitsumgebung von Leitwarten erläutert. Dabei sollen die drei Primäraufgaben [17] der Operateure, welche die Überwachung, die Diagnose sowie Prozesseingriffe umfassen, unterstützt werden.

#### 3.4 Anforderungen in der Arbeitsumgebung einer Verkehrsleitzentrale

Als Grundlage für die Anforderungen aus dem Verkehrsüberwachungskontext dient eine vierstündige Nutzungskontextanalyse, welche in drei Verkehrsleitzentralen durchgeführt wurde. Dadurch konnte ein tieferes Verständnis für die Anforderungen und die Aufgaben sowie die organisatorische und die physische Umgebung der Operateure entwickelt werden.

Zur Überwachung und Steuerung der Prozesse werden aktuell zwei unterschiedliche Displayebenen (siehe Bild 4) eingesetzt: zum einen große gemeinsam genutzte Wanddisplays (Public Space), welche eine Übersicht über den Prozess bereitstellen und zum anderen kleinere Displays direkt am Arbeitsplatz der Operateure (Private Space), welche für Visualisierungen zum Abrufen von Detailinformationen zu einem Prozessabschnitt genutzt werden.



Bild 4: (links) Arbeitsplatz eines Operateurs; (rechts) Netzausschnitte auf dem Wanddisplay.

Eines, der in dieser Arbeitsumgebung identifizierten Probleme, lässt sich als *Übersichts-Detail-Paradoxon* beschreiben. Das *Übersichts-Detail-Paradoxon* tritt dadurch auf, dass Operateure für ihre Arbeit sowohl eine Übersicht über den gesamten Überwachungsraum (Public Space) als auch Detailinformationen zu einzelnen Prozessabschnitten benötigen (Private Space). Dabei sind Detailinformationen besonders für den Arbeitsschritt der Diagnose erforderlich. Für die Überwachung eines Prozesses ist es zunächst notwendig, einen Überblick über den gesamten Prozess zu erlangen, um somit Änderungen in der Prozessdynamik unmittelbar wahrnehmen zu können. Wird eine Änderung oder eine Störung im Prozess identifiziert, so muss diese diagnostiziert, d. h. die Ursache der Störung ermittelt werden. Für die Diagnose der Problemursache werden zusätzliche kontextsensitive Prozessvariablen zum betroffenen Objekt sowie zu benachbarten Objekten benötigt, welche häufig in einem erneuten Arbeitsschritt auf dem Private Display sequentiell abgerufen werden müssen. Hierbei muss der Operateur durch vertikales/horizontales Scrollen die Ursache der Störung ermitteln, wodurch der Navigationsprozess in künstliche Teilschritte zerlegt wird. Eine Synchronisation der Displayebenen Public Space und Private Space 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 [18]. Wurde die Ursache der Veränderung in der Prozessdynamik diagnostiziert, versucht der Operateur den Normalzustand des Prozesses durch einen Prozesseingriff direkt am Arbeitsplatz (Public Space) wieder herzustellen.

Im folgenden Abschnitt wird ein Lösungsansatz für das *Übersichts-Detail-Paradoxon* innerhalb der Mehrbenutzerumgebung am Beispiel der Verkehrsleitzentrale beschrieben.

### 3.5 Realitätsbasierte Überwachung und Steuerung der Prozesse

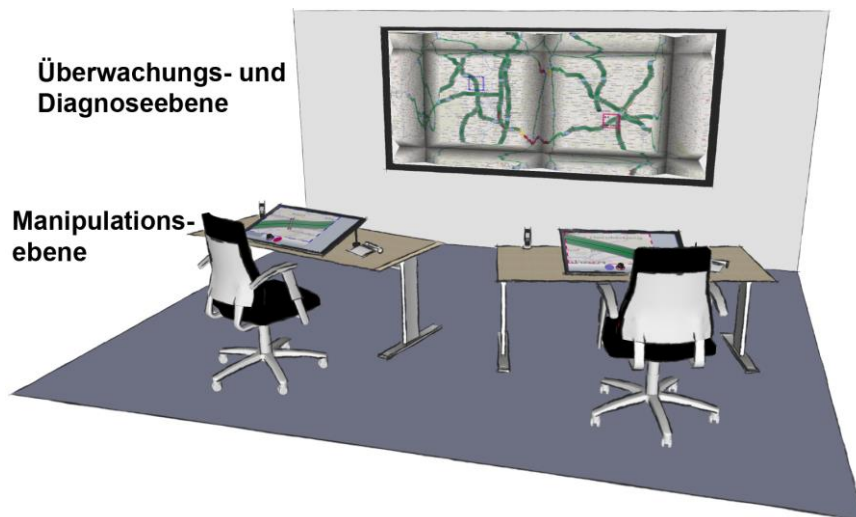
Ein Ansatz zur Auflösung des Paradoxons stellt ein Visualisierungs- und Interaktionskonzept dar, welches jedem Operateur innerhalb der Mehrbenutzerumgebung einer Verkehrsleitzentrale die Möglichkeit gibt, lokale Details abzurufen, ohne dabei den Kontext zu verlieren. Zugleich soll das Konzept die stillschweigende Koordination zwischen den Operateuren fördern. Durch die zunehmende Komplexität der zu überwachenden Prozesse ist die ständige Koordination der Operateure unerlässlich. So muss beispielsweise eine Abstimmung darüber erfolgen, welcher Operateur im Team auf ein eintretendes Ereignis, wie beispielsweise stockender Verkehr aufgrund eines Pannenfahrzeuges, reagiert.

Leitbild bei der Konzeptentwicklung im Sinne der *Blended Interaction* sind die vier Gestaltungsebenen. Demzufolge ist es notwendig, den Operateuren sowohl in der *persönlichen Interaktion* als auch in der zur Erfüllung der Aufgabe nötigen *sozialen Interaktion* bestmöglich zu unterstützen. Des Weiteren müssen die *physische Arbeitsumgebung* sowie die *Arbeitsabläufe* auf die Primäraufgaben abgestimmt werden.

**Physische Arbeitsumgebung.** Ausgehend von den Primäraufgaben der Operateure wurden Displays eingesetzt, welche diese Aufgaben bestmöglich unterstützen. Dabei standen vor allem die Ausrichtung (horizontal/vertikal), die Position im Raum sowie die Größe der Displays im Fokus. Durch eine genauere Betrachtung der Primäraufgaben eines Operateurs lässt sich ein grundlegender Unterschied erkennen: Während es sich bei der Überwachung um eine passive, beobachtende Tätigkeit handelt, ist die Manipulation von Prozessvariablen eine auf die Interaktion bezogen wesentlich aktivere Tätigkeit. Die Diagnose einer Problemursache kann dabei als Kombination dieser beiden Extrema angesehen werden, wobei sich die Interaktion im Rahmen der Diagnose auf das Abrufen der entsprechenden Detailinformationen beschränkt, die dann vom Operateur interpretiert werden müssen. Zur Erfüllung dieser Aufgaben wurden innerhalb des erarbeiteten Konzepts zwei Displays eingesetzt. Neben einem vertikal orientierten Wanddisplay (Public Space) für die Überwachung und Diagnose, welches zugleich die stillschweigende Koordination unterstützen soll, wird ein horizontaler Interactive Tabletop (Private Space) für die Manipulation eingesetzt (siehe Bild 5).

Die gewählte Ausrichtung und Positionierung der beiden Displays ermöglicht eine optimale Unterstützung bei der Erfüllung der Aufgaben. So wird für die hauptsächlich beobachtenden Tätigkeiten ein vertikales Wanddisplay eingesetzt, welches zum einen aus ergonomischen Gründen für diese Aufgabe geeignet ist und

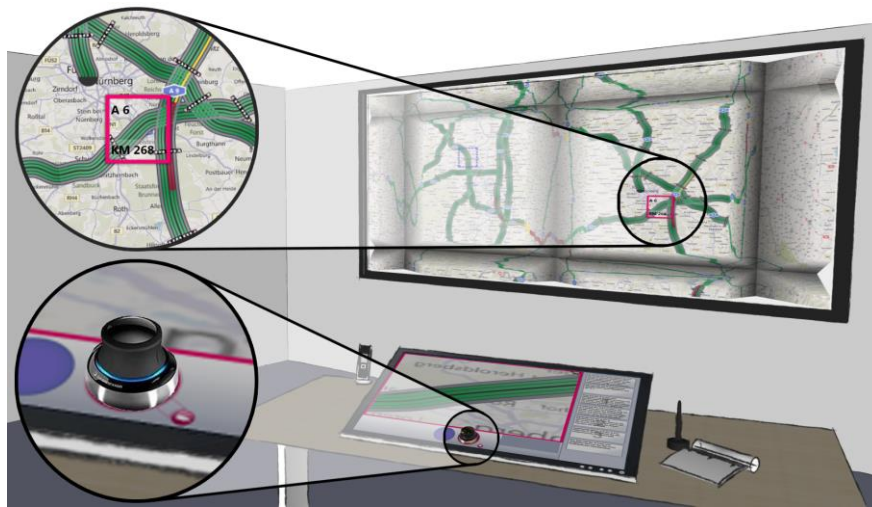
zum anderen auch von allen Operateuren innerhalb einer Leitzentrale gut eingesehen werden kann. Das Wanddisplay stellt somit die Basis für eine nonverbale Koordination der Operateure bereit. Hingegen wird für die Erfüllung der Aufgabe des tatsächlichen Eingreifens in den Prozess ein horizontaler Interactive Tabletop eingesetzt, welcher neue Formen der Interaktion bietet und dabei in Bezug auf die Touch-Interaktion eine komfortablere Armhaltung ermöglicht, als es bei einer vertikalen Ausrichtung der Fall ist [19]. Aus Gründen der Ergonomie wird jedoch keine vollständig horizontale Ausrichtung gewählt, sondern ein Anstellwinkel von 16°. Diese Neigung wird nach einer Studie von Bützler et al. [20] bei der eingesetzten Displaygröße als besonders ergonomisch angesehen. Aufgrund des Problems einer geteilten Aufmerksamkeit ist es bei der Kombination eines horizontal und eines vertikal ausgerichteten Displays wichtig, den Fokus des Nutzers auf das entsprechende Display zu lenken [21]. Innerhalb des entwickelten Konzeptes wurde aus diesem Grund eine starke Trennung der Displays, in Bezug auf die mit diesen zu erfüllenden Aufgaben, vorgenommen.



*Bild 5: Konzept der physischen Arbeitsumgebung einer Leitwarte: Zwei Operateurarbeitsplätze mit jeweils einem Interactive Tabletop als Manipulationsebene und einem gemeinsam genutzten Wanddisplay als Überwachungs- und Diagnoseebene.*

**Persönliche Interaktion.** Im Rahmen der Gestaltungsebene der *persönlichen Interaktion* wurde ein besonderes Augenmerk auf die Interaktion mit dem großen entfernten Display der *Überwachungs- und Diagnoseebene* gelegt. Die zentralen Elemente der *Überwachungs- und Diagnoseebene* sind die Fokuspunkte (siehe Bild 6), welche von den Operateuren auf einer Übersicht über den gesamten zu überwachenden Raum (in diesem Fall ein Straßennetz) platziert und verschoben werden können. Mit Hilfe der Fokuspunkte legt der Operateur fest, zu welchem

Bereich des zu überwachenden Raums er weitere Detailinformationen benötigt. Das Wanddisplay wird von mehreren Operateuren gleichzeitig genutzt. Aus diesem Grund 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 *inhaltssensitiven Navigation* [22]. Die *inhaltssensitive Navigation* basiert auf einer Art Vector-Scrolling. Als Eingabegerät wird bei dieser Form der Navigation ein joystickähnliches Eingabegerät (3D connexion; SpaceNavigator) eingesetzt (siehe Bild 6). Der Operateur kann durch Kippen des Eingabegeräts den Fokuspunkt entsprechend der Kipprichtung bewegen, wobei der Fokuspunkt dabei als Fadenkreuz fungiert.



**Bild 6:** Steuerung der Fokuspunkte auf der Überwachungs- und Diagnoseebene mit Hilfe der *inhaltssensitiven Navigation* und eines joystickähnlichen Eingabegerätes.

Bei der Betrachtung dieser Art des Vector-Scrollings unter der Theorie des *Conceptual Blending* zeigt sich, dass es sich dabei um eine Kombination zweier wohlbekannter Konzepte handelt. Der *Input Space 1* besteht aus den bekannten physikalischen Gesetzen, welche gelten, wenn z. B. eine Kugel auf eine Platte gelegt wird. Ein Kippen dieser Platte führt zu einer Bewegung der Kugel in die entsprechende Richtung. Den *Input Space 2* bildet das Konzept des digitalen Fokuspunktes auf einer Karte. Eine Kombination dieser Konzepte, d. h. der resultierende *Blend* beschreibt eine Art der Navigation, welche durch den klaren Bezug zu bekannten Naturgesetzen für den Nutzer intuitiv zu verstehen ist. D. h., der Operateur muss sich keine Gedanken um die korrekte Kipprichtung des Eingabegeräts machen, um eine antizipierte Navigation durchzuführen.

Das Besondere an der *inhaltssensitiven Navigation* ist, dass der Inhalt - in diesem Fall das Straßennetz - für die Navigation genutzt werden kann. Dabei handelt es sich

im Sinne des *Conceptual Blendings* um eine Kombination aus dem Konzept des Folgens eines Straßenverlaufs, d. h. des Fahrens auf einer Straße (*Input Space 1*) mit dem zuvor beschriebenen *Blend* des Vector-Scrollings, welcher in diesem Fall als *Input Space 2* genutzt wird. So handelt es sich bei der *inhaltssensitiven Navigation* um eine Hierarchie aus zwei aufeinander aufbauenden *Blends*. Mit Hilfe des daraus resultierenden *Blends*, also der *inhaltssensitiven Navigation* können sich Operateure je nach Bedarf an eine Straße andocken. Bei einer bestehenden Verbindung zu einer Straße kann der Operateur mit Hilfe des Eingabegeräts dem Straßenverlauf folgen. Hierfür wird das Eingabegerät in die antizipierte Navigationsrichtung gekippt.

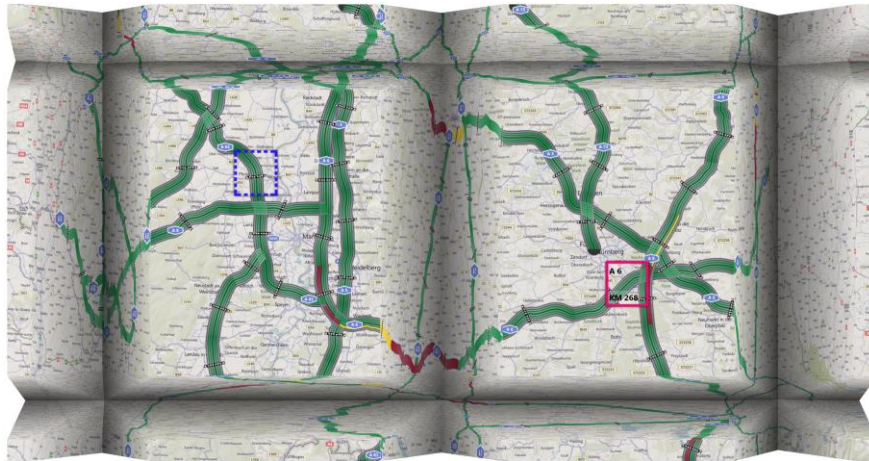
Durch die *inhaltssensitive Navigation* in Kombination mit dem Eingabegerät wird eine Interaktion mit der *Überwachungs- und Diagnoseebene* ermöglicht, welche an die Bedürfnisse der Operateure angepasst wurde. Anders als bei aktuellen Systemen ist dabei keine genaue Positionierung eines Zeigegerätes wie der Maus erforderlich, sondern es wird ein sich selbst zentrierendes isometrisches Eingabegerät eingesetzt, welches sich blind bedienen lässt.

**Soziale Interaktion.** Für die Darstellung von Detailinformationen abhängig von der Position der Fokuspunkte wurde eine Visualisierung basierend auf einer Focus+Context-Technik geschaffen. Die entwickelte Visualisierung ermöglicht es jedem Operateur auf einem großen gemeinsam genutzten Wanddisplay lokale Details zu betrachten ohne dabei den Kontext zu verlieren (siehe Bild 6). Der Entwurf dieser Visualisierungstechnik erfolgte mit Hilfe der Prinzipien des *Conceptual Blendings*. Die sog. *FoldingView* basiert auf einer Verschmelzung eines realen, physischen Konzeptes mit digitalen Möglichkeiten. D. h. eine klassische Prozessvisualisierung in Form einer Karte wurde mit den Eigenschaften eines gefalteten Blatt Papiers kombiniert. Das Konzept der Faltung oder um es in der Notation des *Conceptual Blendings* zu beschreiben, der *Input Space 1*, enthält zahlreiche Eigenschaften, die zum einen leicht zu verstehen sind, und zum anderen dabei helfen, eine multifokale Ansicht zu erstellen. So kann die Ausdehnung eines Blatt Papiers mit Hilfe von Falten stark verringert werden, wobei einzelne Bereiche des Blatts weiterhin gut sichtbar sind. Der *Input Space 2*, also das Konzept einer Prozessvisualisierung liefert Eigenschaften, wie das dynamische Ein- und Ausblenden von Informationen, bzw. die Navigation innerhalb der Prozessvisualisierung z. B. über Panning und Zooming.

Durch den resultierenden *Blend*, also die als *FoldingView* bezeichnete Visualisierungstechnik, wird die Prozessvisualisierung abhängig von der Position der Fokuspunkte gefaltet. Durch das realweltliche Konzept eines gefalteten Papierblatts wird dabei ein leichteres Verständnis für die Verzerrung des Informationsraums ermöglicht [23]. 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 Bild 7). 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 dem Anwender durch das Konzept der Faltungen ein Gefühl für die Distanzen zwischen den Fokuspunkten vermittelt. 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.



*Bild 7: Visualisierung des Prozesses auf der Überwachungs- und Diagnoseebene mittels der FoldingView.*

Durch diese Technik wird eine gemeinsame Nutzung der Prozessvisualisierung ermöglicht, wodurch über alle Operateure hinweg ein einheitliches Verständnis über den Zustand des Prozesses erreicht werden kann. Die Sichtbarkeit der Fokuspunkte innerhalb der eingesetzten Multifocus-View macht eine implizite Kommunikation möglich, welche die Operateure dabei unterstützt, sich zu koordinieren. D. h. es wird wie in früheren analogen Leitwarten sichtbar, welcher Operateur an welcher Stelle im Prozess tätig ist. Somit können Aufgaben der Person überlassen werden, welche aktuell in der entsprechenden Region beschäftigt ist.

**Reale und computergestützte Abläufe (Workflow).** Da die Manipulation von Prozessvariablen nur einen relativ kleinen Teil der täglichen Arbeit eines Operateurs 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 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 Operateur die Ursache eines Problems mit Hilfe der *Überwachungs- und Diagnoseebene* diagnostiziert, wechselt dieser auf die *Manipulationsebene*, um so manuell in den Prozess eingreifen zu können. Auf der *Manipulationsebene* ist dabei durch die Synchronisation keine erneute Auswahl des Kontextes nötig. In manchen Situationen, wie beispielsweise der Seitenstreifenfreigabe, ist es jedoch erforderlich, 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 Interactive Tabletop das Verschieben des sichtbaren Ausschnitts über ein Panning ermöglicht. Dabei wurde das Konzept der *inhaltssensitiven Navigation* beibehalten. Die Pan-Bewegung muss nur grob in Richtung des Straßenverlaufes erfolgen. Sowohl die *Überwachung* des Prozesses als auch die Diagnose der Problemursache ist dabei mit der alleinigen Nutzung der *Überwachungs- und Diagnoseebene* möglich. Das Abrufen von Detailinformationen, welche für die Diagnose erforderlich sind, erfolgt automatisch bei der Navigation durch die Prozessvisualisierung mit Hilfe der *inhaltssensitiven Navigation*. So kann z. B. bei der Freigabe eines Standstreifens mit Hilfe der *inhaltssensitiven Navigation* eine Straße abgefahren werden. Dabei werden alle verfügbaren Kamerabilder der Reihe nach dargestellt, ohne dass eine weitere Interaktion des Operateurs erforderlich ist. Lediglich für die Manipulation von Prozessvariablen wechselt der Operateur auf die *Manipulationsebene*. Durch die beschriebene strikte Lenkung des Fokus der Operateure, abhängig von der aktuell zu erfüllenden Primäraufgabe, wird das Problem einer geteilten Aufmerksamkeit, wie es bei Overview+Detail-Interfaces bekannt ist, vermieden.

### 3.6 Evaluation

Ziel der Evaluation war es, zu untersuchen, ob und in welchem Umfang die auf Basis der *Blended Interaction* entwickelten Konzepte die Anforderungen eines Operateurs an eine Mehrbenutzerumgebung für die Verkehrsüberwachung erfüllen. Hierbei galt es im Speziellen zu prüfen, inwiefern die Konzepte für die *Überwachungs- und Diagnoseebene* die Arbeit der Operateure unterstützten. Des Weiteren wurde überprüft, ob die Verlinkung der beiden Displayebenen (*Überwachungs- und Diagnoseebene* und *Manipulationsebene*) einen Mehrwert

gegenüber den im Augenblick vorherrschenden getrennten Displayebenen bietet. Darüber hinaus wurde die *Manipulationsebene* in Verbindung mit dem Interactive Tabletop 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“ Interactive Tabletop in einer Höhe von 80 cm als *Manipulationsebene* positioniert. Zu Beginn wurde vom Versuchsleiter eine kurze Einführung in das Zusammenspiel der *Überwachungs- und Diagnoseebene* mit der *Manipulationsebene* gegeben. Im Anschluss wurde zunächst die Prozessvisualisierung erklärt, gefolgt von einer Explorationsphase durch die Probanden. Im Rahmen der Evaluation bearbeiteten die Probanden in Zweierteams acht operatorspezifische Aufgaben. Für die Erfüllung der Aufgaben mussten Arbeitsschritte der Überwachung, Diagnose und Manipulation durchgeführt werden: Innerhalb des Arbeitsschrittes 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 beispielsweise 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 beispielsweise ein Stauende identifiziert werden. Im Anschluss an die Diagnose mussten die Probanden auf simulierte Ereignisse reagieren. Die hierfür nötige Manipulation reichte von einem einfachen Verändern einzelner Verkehrszeichen, bis hin zur Freigabe eines Seitenstreifens über einen längeren Streckenabschnitt hinweg. Abschließend wurde innerhalb eines Experteninterviews die Möglichkeit zur Diskussion geboten.

An der Studie nahmen  $N = 11$  Probanden teil. Die 6 Operateure und 5 Teilnehmer mit leitenden Tätigkeiten im Verkehrsleitzentrenkontext wiesen ein durchschnittliches Alter von 38 Jahren ( $SD = 10.33$ ) auf. Bei den vorgestellten Konzepten sahen die Probanden großes Potential, um die Arbeit in der Verkehrsleitzentrale besser zu unterstützen.

Die Experten äußerten sich positiv zur semantischen Anreicherung der *Überwachungs- und Diagnoseebene* (Zitat: *Sehr gut, ich kann mir jetzt Detailinformationen im Kontext anzeigen lassen*). Wobei herausgestellt wurde, dass trotz der zusätzlichen Detailinformationen eine gute Übersicht geboten wird, ohne dabei Informationen zu verdecken (Zitat: *Sehr gute Visualisierungsmöglichkeit, ich habe so immer noch die ganze Karte im Überblick*). Dabei wird durch die Integration der Detailinformationen in ihren Kontext die mentale Verknüpfung der Informationen erleichtert. Die Möglichkeit der Darstellung des gesamten Straßennetzes bei gleichzeitiger Betrachtung von Details, wie sie durch die *FoldingView* ermöglicht wird, kann dem Problem des *Übersichts-Detail-Paradoxons* in Leitwarten entgegenwirken. Nach Meinung der Experten ist einer der

größten Vorteile gegenüber der jetzigen Lösung in Leitzentralen der von den Probanden subjektiv als geringer wahrgenommene Blickwechsel bei der Aufgabenbearbeitung. Die Experten gaben an, dass der Blick im Gegensatz zu heutigen Systemen nur für das Einstellen von Prozessvariablen auf die *Manipulationsebene* wechselte. Sonst ist der Blick während der Überwachung und Diagnose auf die *Überwachungs- und Diagnoseebene* gerichtet (Zitat: *Ich muss jetzt viel weniger nach unten schauen, da kontextbezogene Informationen in der Übersicht angezeigt werden*). Des Weiteren wurden die Falten als sehr hilfreich für die Orientierung eingeschätzt (Zitat: *Die Falten schaffen ein gutes Verständnis für die Verzerrung*).

Weiterhin wurde im Vergleich zu heute vorherrschenden Interaktionsformen in der Leitzentrale, sowohl die Navigation mit Hilfe des joystickähnlichen Eingabegeräts (*Überwachungs- und Diagnoseebene*) als auch die Navigation über die Touch-Interaktion (*Manipulationsebene*) positiv von den Probanden aufgenommen. Die Interaktion auf der *Überwachungs- und Diagnoseebene* wurde von den Experten mit  $M = 1.18$  ( $SD = 0.57$ ; von -2 „sehr verwirrend“ bis 2 „sehr intuitiv“) als intuitiv bewertet. Die Experten stimmten der Aussage, dass die Touch-Interaktion im Kontext der Leitzentrale ein sinnvolles Eingabemedium darstellt mit  $M = 1.64$  ( $SD = 0.48$ ; von -2 „stimme überhaupt nicht zu“ bis 2 „stimme völlig zu“) zu. 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 dem Joystick auf Public Space schnell zur entsprechenden Stelle und dann mit Pannen fein justieren, funktioniert sehr gut.*).

In Bezug auf die Nutzung von Multifocus-Views in Leitzentralen stimmten die Probanden darin überein, dass diese einen entscheidenden Mehrwert gegenüber heutigen Systemen bieten. Besonders wurde dabei hervorgehoben, dass diese Art der Visualisierung zum einen die stillschweigende Koordination zwischen den Operateuren und zum anderen das Situationsbewusstsein fördere, was im Rahmen einer experimentellen Studie substantiiert werden muss. So erkannten die Operateure 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.*). Durch die *FoldingView* konnte somit eine Stärke früherer Leitwarten, nämlich das Bewusstsein über die aktuellen Tätigkeiten der anderen Operateure, aufgegriffen werden.

## 4 Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wurde anhand eines Szenarios aus dem Verkehrsüberwachungskontext gezeigt, wie durch den Einsatz des *Blended Interaction* Frameworks auf die Bedürfnisse der Operateure abgestimmte Visualisierungs- und Interaktionskonzepte geschaffen werden können. Die Prozessführung ist heute durch einen hohen Automatisierungs- und Virtualisierungsgrad gekennzeichnet. Die Interaktion zur Steuerung des Prozesses findet mittels Desktop Systemen statt. Mensch-Maschine Schnittstellen dieser Art beschränken sich auf wenige Sinneskanäle, vernachlässigen die kognitiven Fähigkeiten der Operateure und machen sich das Vorwissen der Operateure über die reale Welt nicht zunutze.

Die im Szenario beschriebenen und mit Hilfe der *Blended Interaktion* entworfenen Konzepte zeigen auf, wie Operateure bei der Erfüllung der drei typischen Primäraufgaben, nämlich der Überwachung, der Diagnose und der Manipulation, besser unterstützt werden können. Für die Arbeitsschritte der Überwachung und Diagnose wurde unter anderem ein Visualisierungskonzept entwickelt, welches die Qualitäten früherer Leitwarten zurückbringt und somit die nonverbale Koordination fördert. Im Bereich der Manipulation wurden Mechanismen geschaffen, welche eine synchronisierte Detailansicht bereitstellen. Über diese ist ein direkter und schneller Zugriff auf die zu manipulierenden Prozessvariablen möglich, wodurch eine optimale Unterstützung des Workflows gewährleistet wird.

Durch die umfassende Berücksichtigung der menschlichen Fähigkeiten kann bei der Interaktion zwischen Mensch und Maschine eine neue Qualität erreicht werden. Die *Reality-based Interaction* liefert hierfür wertvolle Hinweise, welche aufzeigen, warum die kognitiven, sozialen und physischen Fähigkeiten des Menschen bei der Interaktion mit Benutzungsschnittstellen in gleichem Maße von Bedeutung sind. Um diese umfassenden Anforderungen beim Systemdesign zu berücksichtigen, wird das *Conceptual Blending* vorgeschlagen. Gerade für sicherheitskritische Systeme wie Leitwarten ist eine ganzheitliche Betrachtung der Arbeitsumgebung von Operateuren zwingend erforderlich. *Blended Interaction* trägt dazu bei, die Leitwarte ganzheitlich als Arbeitsumgebung zu betrachten und alle Bereiche dieser Umgebung bereits in frühen Phasen der Konzeptentwicklung zu berücksichtigen. Somit können die Arbeitsabläufe von Operateuren erleichtert werden, was wiederum zu einer Reduzierung von Fehlentscheidungen und Kosten führt.

Auf Basis des Frameworks der *Blended Interaction* wurde exemplarisch ein erstes ganzheitliches Konzept umgesetzt. Den Operateuren wurde eine Arbeitsumgebung geschaffen, welche es ermöglicht, die kognitiven aber vor allem die physischen und sozialen Fähigkeiten sowie die Erfahrung aus der alltäglichen realen Welt in die Interaktion mit einzubringen. Die besondere Herausforderung und der vom

Standpunkt des Operateurs entscheidende Vorteil kann insbesondere durch ein sinnvolles Ineinandergreifen der erprobten Möglichkeiten der realen Welt mit denen der digitalen Welt erreicht werden. In Anbetracht dessen ist es notwendig, einen aufeinander abgestimmten, ganzheitlichen Ansatz für einen Operateurarbeitsplatz zu gestalten.

Auf Basis der ersten Erkenntnisse aus der Evaluation ist eine experimentelle Studie mit Operateuren geplant, um so die Validität der Konzeptbewertungen zu verstärken. Ferner muss der Frage nachgegangen werden, inwiefern die entwickelten Konzepte auf weitere Domänen, wie beispielsweise der Energieverteilung oder der Bahnüberwachung übertragen werden können. Auch diese Domänen zählen auf Grund des komplexen Überwachungsraumes zu den sicherheitskritischen Systemen und weisen zahlreiche Überschneidungen mit der hier betrachteten Domänen auf.

### **Danksagung**

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Projektes Holistic Workspace vom Fachzentrum für User Interface Design der Siemens AG Corporate Technology gefördert.

### **Literaturverzeichnis**

- [1] *Wickens, C., Gordon, S. & Liu, Y. (2004). An Introduction to Human Factors Engineering. Pearson Prentice Hall.*
- [2] *Endsley, M. R. (1996). Automation and situation awareness. In Automation and human performance. Theory and applications. Mahwah, Lawrence Erlbaum, S. 163-181.*
- [3] *Ziegeler, D. & Zühlke, D. (2004). Applications of Humanoid Avatars in Industrial Environments. In IFAC/IFIP/IFORS/ IEA Symposium Analysis. New York, IEEE Press, S. 1-6.*
- [4] *Sheridan, T. B. (1996). Speculations on future relations between humans and automation. In Automation and human performance. Theory and applications. Mahwah, Lawrence Erlbaum, S. 449-460.*
- [5] *Wickens, C. D. & Holland, J. G. (2000). Engineering psychology and human performance. New Jersey, Prentice Hall.*
- [6] *Grams, T. (1998). Bedienfehler und ihre Ursachen (Teil 1). In atp 40 (3). München, Oldenbourg Verlag, S. 53-56.*
- [7] *Schwarz, T., Müller, J., Butscher, S. & Reiterer, H. (2012). Holistic Workspace-Neue Interaktionsformen für die Leit-warte der Zukunft. In Useware 2012. Düsseldorf, VDI Wissensforum Verlag, S.183-195.*
- [8] *Jetter, H. C., Geyer, F., Schwarz, T. & Reiterer, H. (2012). Blended Interaction - Toward a Framework for the Design of Interactive Spaces. In AVI '12. New York, ACM Press.*
- [9] *Jetter H.C., Reiterer, H., & Geyer F. (2013). Blended Interaction: Understanding Natural Interaction in Post-WIMP Interactive Spaces. In Journal of Personal and Ubiquitous Computing, Springer Verlag.*

- [10] *Jacob, R. J. K., Girouard, A., Hirshfield, L. M., Horn, M. S., Shaer, O., Treacy, E. S. & Zigelbaum, J.* (2008). Reality-based Interaction: a framework for post-WIMP Interfaces. In CHI'08. New York, ACM Press, S. 201–210.
- [11] *Ishii, H. & Ullmer, B.* (1997). Tangible Bits: Towards Seam-less Interfaces between People, Bits and Atoms. In CHI '07, New York, ACM Press, S. 234–241.
- [12] *Weiser, M.* (1991). The Computer for the Twenty-First Century. In Scientific American 265, Nr. 3, S. 94–100.
- [13] *Jacob, R., Girouard, A., Hirshfield, L., Horn, M., Shaer, O., Solovey E. & Zigelbaum, J.* (2007). Reality-based interaction: unifying the new generation of interaction styles. In CHI'07, New York, ACM Press, S. 2465–2470.
- [14] *Imaz, M. & Benyon, D.* (2007). Designing with Blends - Conceptual Foundations of Human-Computer Interaction and Software Engineering. Cambridge, MIT Press.
- [15] *Fauconnier, G. & Turner M.* (2002). The Way We Think: Conceptual Blending and the Mind's Hidden Complexities. New York, Basic Books.
- [16] *Hurtienne, J. & Israel, J. H.* (2007). Image Schemas and Their Metaphorical Extensions: Intuitive Patterns for Tangible Interaction. In TEI '07. Baton Rouge, LA, ACM Press, S. 127 - 134.
- [17] *Johannsen, G.* (2008). Überwachung, Entscheidung und Supervisory Control in Mensch-Maschine-Systemen. In Ergonomie und Mensch-Maschine-Systeme. Berlin, Springer Verlag, S. 51–66.
- [18] *Cockburn, A., Karlson, A. & Bederson, B. B.* (2008). A review of overview+detail, zooming, and focus+context interfaces. In ACM Computing Surveys 41 Nr. 1, S. 1–31.
- [19] *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 Horizontal Interactive Human-Computer Systems. IEEE Computer Society, S. 79–86.
- [20] *Bützler, J., Vetter, S., Jochems, N. & Schlick, C. M.* (2010). Ergonomische Bewertung von Körperhaltung, Greifräumen und Komfort bei der Arbeit mit großflächigen berührungssensitiven Bildschirmen. In Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten. GfA-Press, S. 823–826.
- [21] *Morris, M. R., Brush, A. J. B. & Meyers, B. R.* (2008). A field study of knowledge workers' use of interactive horizontal displays. In Horizontal Interactive Human-Computer Systems. IEEE Computer Society, S. 105–112.
- [22] *Schwarz, T., Butscher, S., Mueller, J., & Reiterer, H.* (2012). Content-aware navigation for large displays in context of traffic control rooms. In AVI '12. New York, ACM Press, S. 249-252.
- [23] *Elmqvist, N., Henry, N., Riche, Y. & Fekete, J. D.* (2008). Melange: space folding for multi-focus interaction. In CHI'08. New York, ACM Press, S. 1333–1342.