

Der Leitstand der Zukunft

Kurt Majcen, Rene Kaiser

*JOANNEUM RESEARCH, DIGITAL –
Institut für Informations- und Kommunikationstechnologien*

{kurt.majcen, rene.kaiser}@joanneum.at

Zusammenfassung

Benutzerschnittstellen in Kontrollzentren und Leitständen in der Industrie und zur Betreuung und Überwachung öffentlicher Infrastruktur zeichnen sich oft durch gewachsene Systeme aus, die dem Stand der Technik hinterherhinken und nicht optimal für die dafür vorgesehenen Arbeitsprozesse funktionieren. Durch diesen Bedarf motiviert, wurde ein multimodales Interaktionskonzept entwickelt, das den Operatoren/-innen die Erledigung der Tätigkeiten erleichtern soll. Die kognitive Belastung soll dabei reduziert werden und die Operatoren/-innen sollen nur mit relevanter Information konfrontiert werden, wodurch eine schnellere und richtige Reaktion auf auftretende Alarime und Störmeldungen erfolgen kann. Das Konzept besteht aus Hard- und Softwarekomponenten, die auf Basis einer Bedarfsanalyse in ein ganzheitliches Interaktionskonzept integriert wurden. Es vereint visuelle Elemente, berührungslose Eingabe durch Mikro- und Makrogestik, akustische Schnittstellen, die freies Hören und Sprechen ermöglichen, und eine intelligente Verarbeitung von Sensorinformationen. Für die Verifizierung des Konzeptes wurde ein vierstufiges Evaluationskonzept erarbeitet, das an einem prototypischen Demonstrationsleitstand durchgeführt wird.

1 Einleitung

Kontrollzentren zur zentralen Überwachung und Manipulation externer Vorgänge stellen eine wesentliche Einrichtung in verschiedensten Bereichen der Wirtschaft und Industrie sowie des öffentlichen Infrastruktur- und Dienstleistungssektors dar. Der ständige und rasante technologische Fortschritt in zahlreichen Bereichen der Sensorik, die dadurch zunehmende Möglichkeit der Automatisierung sowie wachsende Anforderungen an die Dokumentation

von Vorgängen und an Tätigkeiten des Personals in Leitständen (den sogenannten Operatoren/-innen) sorgen für einen rapiden Zuwachs an Informationen, die den Operatoren/-innen in Leitständen zur Verfügung gestellt werden. Dabei sollen immer größere Bereiche von einem gleichbleibenden Personalstand betreut werden.

Verglichen mit der sich rasant entwickelnden Technologie entsprechen die in Kontrollzentren eingesetzten (Benutzer-) Schnittstellen, welche die Navigation in und Interaktion mit den Daten sowie die Manipulation und Koordination von Vorgängen ermöglichen, oftmals dem technischen Stand Mitte der 1990er-Jahre. Statusmeldungen der zu überwachenden Systeme werden meist in Form von Ereignislisten angezeigt, die zu bearbeiten sind. Der mit dem technologischen Fortschritt einhergehenden Zunahme an Daten und Ereignissen wird in der Regel mit einer Aufstockung des bestehenden Systems um zusätzliche, unabhängige Teilsysteme begegnet. Daraus ergibt sich zwangsläufig eine behäbige, nicht intuitive Bedienung des Gesamtsystems sowie eine unübersichtliche Datenaufbereitung. Redundante Eingabegeräte für die Teilsysteme tragen dazu bei. Eine zeiteffiziente Parallelisierung von Abläufen ist kaum möglich. Folglich kommt es zu einer kognitiven Überlastung und Überforderung der Operatoren/-innen, was zu langen Reaktionszeiten und Sicherheitsproblemen in Alarmfällen führt.

2 Methode

Das Ziel des hier vorgestellten Projekts ist es, innovative Benutzerschnittstellen für Kontrollzentren zu entwickeln. Bei diesen Benutzerschnittstellen sollte ein menschenzentriertes Design besondere Berücksichtigung finden. So wurden basierend auf neuester Technologie Konzepte erarbeitet und umgesetzt, welche die kognitiven und physiologischen Fähigkeiten des Menschen einbeziehen und so durch eine intuitivere Mensch-System-Interaktion die Belastungen für die Operatoren/-innen verringern und ein effizienteres Arbeiten ermöglichen.

Technologien aus verschiedenen Bereichen der Mensch-Maschine-Interaktion (Audio, Video, Web, semantische Informationsvorverarbeitung) wurden in Betracht gezogen, da Prozesse in Kontrollzentren sowohl akustische als auch visuelle Interaktionen zwischen den Operatoren/-innen in den Leitständen einerseits, sowie zwischen den Operatoren/-innen und anderen Gruppen (z. B. Einsatzkräften) außerhalb des Leitstandes andererseits, umfassen.

Im Fokus der ersten Projektphase standen die konzeptuelle Entwicklung eines Gesamtsystems sowie die Auswahl potenzieller Technologien für die zu integrierenden Schnittstellen.

Für die konzeptuelle Entwicklung des Gesamtsystems wurden aus einer breiten Palette von verschiedenen Anwendungsbereichen einige (Verkehrsüberwachungszentralen, IT Unterstützung in einem Industriebetrieb sowie Steuerung einer industriellen Produktion) ausgewählt und erste spezifische Szenarien für diese Bereiche skizziert. Für exemplarische Detaillierungen der Abläufe in diesen Szenarien konnten Kooperationen mit entsprechenden Unternehmen gefunden werden. Besprechungen und Workshops bei diesen Unternehmen lieferten Einblicke in die bestehenden Leitstände. Die wichtigsten Arbeitsabläufe der Operatoren/-innen konnten analysiert und damit die einzelnen Szenarien verfeinert werden.

Bei den Besichtigungen der Leitstände konnten auch die recht unterschiedlichen Rahmenbedingungen erhoben werden. Es zeigte sich, dass die ursprünglich definierten Anwendungsbereiche eine Fülle verschiedener Anforderungen bedeuten. Für die Entwicklung eines Demonstrationsleitstandes wurden daher einige konkrete Szenarien aus der Verkehrsüberwachung ausgewählt.

Für den ausgewählten Anwendungsfall Verkehrsleitzentralen wurden Ansätze zu möglichen Verbesserungen sowie Konzepte zur Neugestaltung der Benutzerschnittstellen skizziert und mit relevanten Stakeholdern in einem Workshop diskutiert. Darauf aufbauend wurde ein Anforderungskatalog entwickelt, der Grundlage für ein Interaktionskonzept mit ausgewählten modernen Schnittstellen war.

Wesentliche Punkte, die in der Analysephase herausgefunden wurden und in das Konzept eingeflossen sind, betreffen Verbesserungen bei den Audio-Schnittstellen, die Möglichkeit, Gestensteuerung für die Interaktion zwischen den Operatoren/-innen und mit dem System einzusetzen, sowie die Verringerung der angebotenen Information auf das Notwendige, um auch hier eine Überlastung zu verhindern.

Bei der Auswahl der Technologien für den Leitstand der Zukunft wurden als potenzielle Technologien (Hard- und Software) akustische und visuelle Schnittstellen sowie Sensorik zur Gestendetektion in Betracht gezogen. Da mit dem Demonstrationsleitstand umfangreiche Evaluationen durchgeführt werden sollen, war ein Augenmerk bei der Auswahl der Technologien darauf gerichtet, dass die gewählten Technologien bereits ausgereift verfügbar sind.

So können die Interaktionskonzepte mit weniger Abhängigkeiten von einer korrekten Funktionsweise der Technologien evaluiert werden.

Im Sinne der Machbarkeit wurden anhand von definierten Szenarien und Einsatzbereichen die einzelnen dafür vorgesehenen Technologien (Audio für Ein- und Ausgabe, Sensorik zur Gestendetektion, visuelle Darstellung) auf ihre Anwendbarkeit und Tauglichkeit untersucht.

In der Konzeption für die Audio-Schnittstellen wurde besonderes Augenmerk darauf gelegt, freies Hören und Sprechen zu ermöglichen. Da die Arbeit der Operatoren/-innen durchaus in Schichten von acht bis zwölf Stunden erfolgt, soll vermieden werden, dass Ein- und Ausgabegeräte direkt am Körper getragen werden müssen. Eine Konsequenz davon ist das Ersetzen von Head-Sets durch gerichtete Schallquellen und der Einsatz von Mikrofon-Arrays zum Einsprechen in besserer Sprachqualität.

Zur visuellen Darstellung der Informationen soll teils auf bestehende Ansichten (z. B. Darstellung von Videos und Autobahnnetz) zurückgegriffen werden, teils soll durch den Einsatz spezieller Technologien Unterstützung gegeben werden, z. B. ein *Unusual Scene Detector* für die automatische visuelle Erkennung ungewöhnlicher Ereignisse, oder einfachere Analysen von Problemsituation durch eine verbesserte Video-Navigation mit Streifenbildern (vgl. Saathoff et al. 2011). Web-Technologien sollen die Übertragung auf verschiedene Darstellungsmedien erlauben.

Die Interaktion mit der für die Operatoren/-innen gemeinsamen Übersichtsdarstellung (siehe Abb. 1, BW) soll über Gestensteuerung erfolgen. Zu bearbeitende Teilbereiche können mit Makrogestik auf den lokalen Arbeitsplatz (Bildschirm und mobile Tablets) übertragen werden, auf denen berührungslose Mikrogesten (siehe Abschn. 3.1) bzw. Touch-Interaktionen möglich sind.

Eine Umsetzung in Form eines Demonstrationsleitstands erfolgte in der zweiten Projektphase. Dadurch wird es möglich, die entwickelten Konzepte hinsichtlich ihrer Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit mit Anwendern zu evaluieren. Multimodale Interaktion soll so in neu konzipierten Kontrollräumen möglich werden. Dabei soll auch der Komfort für das Personal in Leitständen als Hebel für eine effiziente Durchführung der Aufgaben berücksichtigt werden.

3 Ergebnisse

Die Gesamtübersicht eines zukünftigen Kontrollraumes mit zwei Arbeitsplätzen ist in Abbildung 1 skizziert und zeigt die wesentlichen Komponenten (Sensoren und User Interfaces). Operatoren/-innen können ihre Routineaufgaben, die etwa einen Anteil von 95% haben, mithilfe von berührungslosen Sensoren erledigen. Die große Übersichtsdarstellung (BW) erlaubt den Operatoren/-innen, den gesamten Bereich bzw. alle Prozesse im Überblick zu beobachten. Mehrere Tiefensensoren verfolgen die Positionen der Operatoren/-innen (TL) oder erlauben Gesteninteraktion mit dem System (TW und TS). Das adaptive Akustik-Interface verwendet die Position der Operatoren/-innen und ermöglicht diesen Kommunikation mit anderen involvierten Personen (z. B. Einsatzkräften, Straßendienst, Fahrzeuglenkern etc.) von jedem Punkt im Raum, ohne dafür Geräte bei sich haben zu müssen. Der Einsatz von Tablet-Computern (T) erlaubt, Prozessparameter zu regeln und detailliertere Informationen zur Analyse der Situation zu erhalten – am Arbeitsplatz (BL), im Leitstand, aber auch außerhalb des Leitstandes.

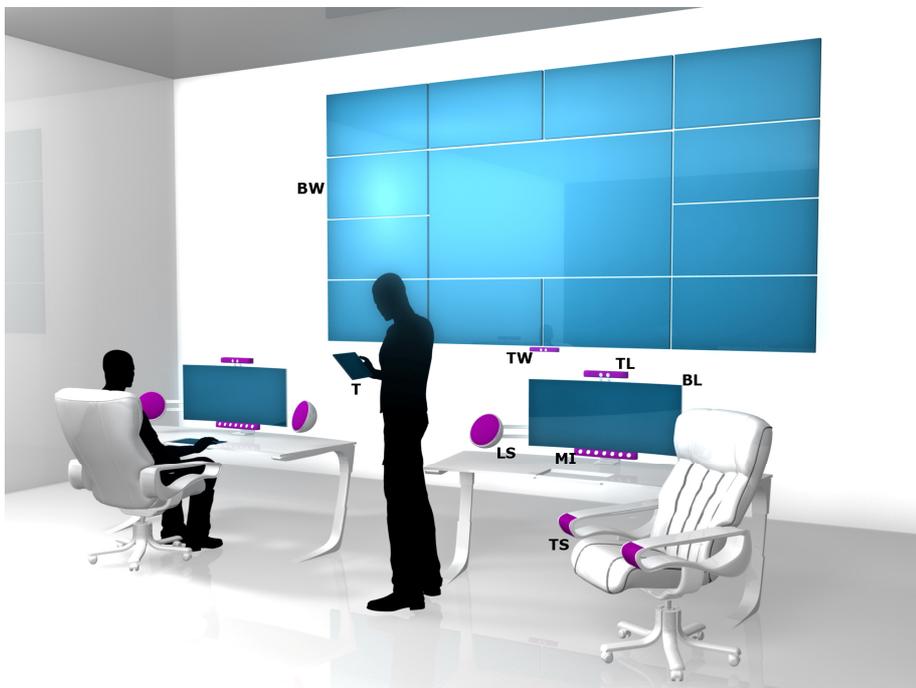


Abb. 1 Zukünftiger Kontrollraum mit zwei Arbeitsplätzen

3.1 Interaktion durch Gestensteuerung

In Abbildung 2 ist links das Interaktionskonzept des Leitstandes der Zukunft dargestellt. Die Visualisierung erfolgt auf drei Ebenen: auf einer gemeinsamen Gesamtübersicht für alle Operatoren/-innen, auf fix montierten Breitbildschirmen für jeden einzelnen Arbeitsplatz und auf jeweils einem mobilen Bildschirm (z. B. in Form eines Tablet PC). Tiefensensoren ermöglichen eine Navigation am lokalen Arbeitsplatz und Interaktion mit der gemeinsamen Übersichtsdarstellung. Unterschieden wird zwischen der Detektion von Makro- und Mikrogesten.



Abb. 2 Interaktion zwischen mehreren Benutzern/-innen mithilfe von Gestensteuerung (links); Operatorsessel mit Sensoren zur Gestenerkennung in der Armlehne und Vibrationselement in der Rückenlehne (rechts).

Makrogesten werden durch Kinect-v2-Sensoren, die das gesamte menschliche Skelett erfassen können, detektiert. Genauigkeit und Grenzen dieses Sensors wurden in Fürntratt & Neuschmied (2014) untersucht. Durch einfache Handgesten können die Anwender Teile der Übersicht verändern (z. B. Auswahl aufzuschaltender Kameras) bzw. Teilbereiche durch Drag-and-Drop für eine weitere Analyse der Situation und Bearbeitung von Ereignissen auf ihre lokalen Arbeitsplätze übertragen.

Mikro- oder auch Fingergesten werden mit hochauflösenden Leap-Motion-Sensoren, die aus Gründen der Ergonomie direkt an die Armlehnen des Operator-Sessels montiert sind, detektiert (Abb. 2, rechts). Die Einsetzbarkeit dieser Technologie wurde in Fürntratt (2014) untersucht.

Für die Bestimmung der Ausrichtung des Sessels wird ein Gyrosensor verwendet und für die Bestimmung der Absolut-Position ist ein Wegsensor angedacht. Durch die Verbindung von Absolut-Position und Zeigerichtung

können „virtuelle Gegenstände“ oder Bereiche in einem Modell des Raums selektiert werden.

Für taktiles Feedback auf Aktionen mit der Gestensteuerung, die kein visuelles oder akustisches Feedback auslösen können, wurden Vibrationselemente (in unserem Fall Mobiltelefone) in den Operatorsessel integriert.

3.2 Visualisierung

Für die Übersichtsdarstellung wird ein 65"-Ultra-HD-Monitor eingesetzt. Die lokalen Arbeitsplätze werden mit 29"-Bildschirmen (Seitenverhältnis 21:9) ausgestattet, damit mehrere Ansichten (Ereignislisten, Teilbereiche der Übersicht, Kamerabilder etc.) gemeinsam betrachtet werden können. Als Mobilgeräte wurden 12"-Tablet-PCs gewählt. Größe und Gewicht der Geräte wurden hierbei nicht als bedeutende Faktoren gesehen. Die Möglichkeit, die Geräte sowohl im Leitstand als auch mobil (z. B. am Einsatzort) verwenden zu können, ist entsprechend der Anforderungsanalyse von großem Vorteil. Eine entsprechend hohe Auflösung der Tablets ermöglicht eine detaillierte Darstellung der notwendigen Informationen und zu analysierenden Medien. Wesentlich ist auch eine ansprechende Genauigkeit bei der Bedienung durch Touch-Gesten.

Die Benutzerschnittstelle wurde in HTML 5 implementiert, um eine Verwendung mit verschiedenen Geräten zu ermöglichen. Die einzelnen Komponenten dieser Schnittstelle können auch separat verwendet werden.

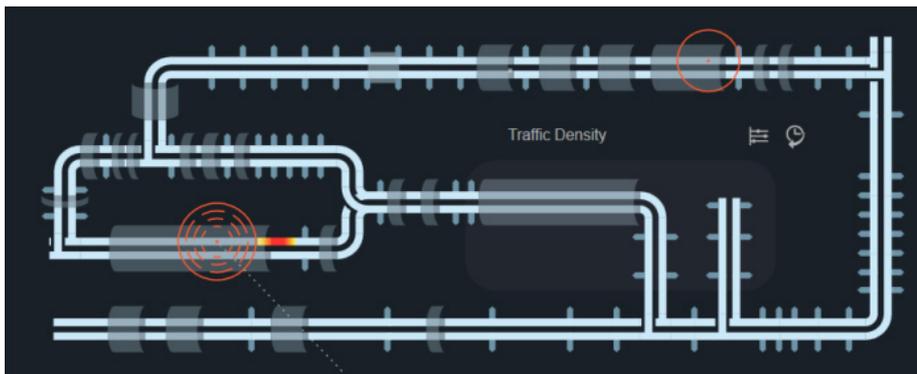


Abb. 3 Übersichtsgrafik

Abbildung 3 zeigt die Übersichtsgrafik über das Straßennetz. Eine Zeit-
leiste mit aktuellen Ereignissen ist in Abbildung 4 zu sehen. Dazu können
noch einzelne Kamerabilder aufgeschaltet werden.

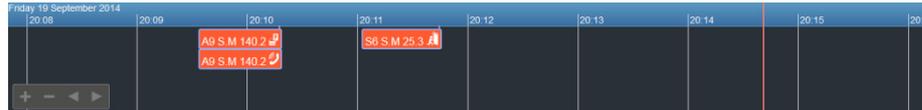


Abb. 4 Zeitleiste mit Ereignissen

Weitere Komponenten für die Visualisierung sind das sogenannte Funk-
tionsrad sowie ein Bereich für die Darstellung von Videoanalyse-Ergebnis-
sen. Das Funktionsrad, als Overlay der Übersichtsgrafik ausgeführt, liefert
kontextabhängig genau nur jene Informationen und Steuermöglichkeiten, die
dem/der Operator/in in der jeweiligen Situation zur Verfügung stehen. In Ab-
bildung 5 ist das Funktionsrad exemplarisch in einem Tunnelüberwachungs-
szenario (Geschwindigkeit, Lüfter, Kamera, Telefon und Ampel) dargestellt.

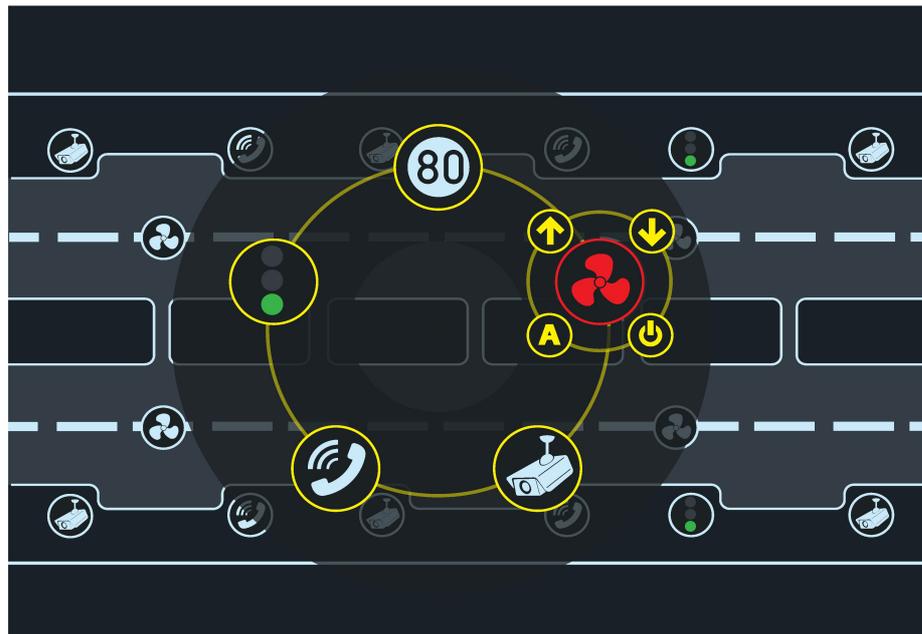


Abb. 5 Detailansicht mit Funktionsrad

Die Aufschaltung einer Kamera in einem bestimmten Straßenabschnitt
und die Videoanalyse sowie Navigation in aufgezeichneten Medien mithilfe

von Streifenbildern (Abb. 6) erleichtern die Analyse von (gefährlichen) Situationen und verringern somit die Zeitspanne, bis notwendige Maßnahmen durch den/die Operator/in initiiert werden können. In der Verkehrsüberwachung und speziell bei der Aufsicht von Tunnels ist eine möglichst genaue Einschätzung der Situation und frühzeitige Einleitung der richtigen Maßnahmen eine wesentliche Voraussetzung zur Erhöhung der Sicherheit.

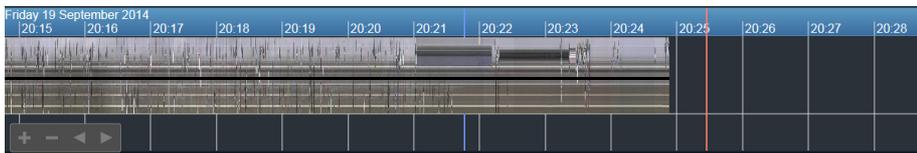


Abb. 6 Navigation mithilfe von Streifenbildern

3.3 Akustisches Interface

In der Abbildung 7 sind links die wesentlichen Komponenten der akustischen Schnittstelle zur Erfassung und zum Abspielen von Audiosignalen dargestellt.



Abb. 7 Arbeitsplatz mit Tiefensensor und akustischem Interface (links); Lautsprecher mit Richtungssteuerung (rechts)

Zwei parametrische Lautsprecher-Arrays liefern stark gebündelten gerichteten Schall. Nach einer technischen Evaluation (vgl. Pokorny & Graf 2014) wurden Acouspade-Ultrasonic¹-Lautsprecher verwendet. Die Lautsprecher

¹ <http://www.ultrasonic-audio.com/products/acouspade.html> <26.09.2014>

sind links und rechts neben den Arbeitsplatz-Bildschirmen aufgestellt und ihre Ausrichtung wird mit einer automatischen Steuerung dem Kopf des Anwenders nachgeführt. Der Prototyp mit Motoren zur Einstellung von Azimut- und Elevations-Winkel ist in Abbildung 7 rechts dargestellt. Position und Richtung werden von einem über dem Bildschirm montierten Kinect-v2-Sensor bestimmt. Die technische Evaluation dazu wurde in Amon & Fuhrmann (2014) beschrieben. So können einerseits Audiosignale an eine Person übermittelt werden, ohne weitere Personen im Raum dadurch zu stören und andererseits Phantom-Audioquellen eingeführt werden, die aus beinahe beliebigen Richtungen abstrahlen. Akustische Signale können so mit Positionen auf der Übersicht verknüpft oder verschiedene gleichzeitig auftretende akustische Signale für den Anwender leichter zuordenbar gemacht werden (z. B. Anruf der Feuerwehr immer aus derselben Richtung). Qualitative und quantitative Aspekte zu diesen Möglichkeiten sind in Fuhrmann (2014) beschrieben.

Die zweite Audio-Komponente, ein adaptierbares Mikrofonarray (acht Mikrofone), verändert seine Empfindlichkeit mit einem Beam-Forming-Algorithmus ebenfalls anhand der Position der sprechenden Person und bietet eine effektive Bandbreite bis zu 10 kHz (ausreichend für Sprache und akustische Benachrichtigungen). Dadurch kann die Aufnahme von Sprache einer Person verstärkt und die von anderen Personen sowie von Umgebungsgeräuschen unterdrückt werden. Durch dieses Konzept können Operatoren/-innen im Kontrollraum frei sprechen und hören (Telefon oder Funk), ohne ein Gerät berühren zu müssen. Operatoren/-innen haben somit beide Hände für weitere Aufgaben zur Verfügung.

Weitere Untersuchungen wurden zum Einsatz von Signalverarbeitung zur Erhöhung der Verständlichkeit von ausgehenden Audiosignalen (vgl. Fuhrmann et al. 2014) und zur Reduktion der kognitiven Belastung des/der Operators/-in durch eingehende Audiosignale (vgl. Leitner 2014) gemacht.

3.4 Semantische Informationsvorverarbeitung von Sensordaten

Ein weiterer wesentlicher Punkt bei der Gestaltung von neuen Benutzerschnittstellen für Kontrollräume ist der Umfang und die kontextabhängige Relevanz der verfügbaren Information. Die zu überwachenden Bereiche wachsen ständig und werden mit immer mehr Sensoren ausgestattet. Für Operatoren/-innen wird der gesamte Umfang daher immer schwerer be-

herrschar. Das tatsächlich benötigte Angebot an Informationen kann dabei üblicherweise deutlich geringer ausfallen.

Daher wurde die Vorverarbeitung von Sensordaten und Ereignissen ebenfalls als ein wesentliches Thema für weitere Forschung und Entwicklungen gesehen. So sollen dem/der Operator/in nur noch wirklich benötigte Information oder Funktionalität zur Verfügung gestellt werden. Irrelevante Informationen können vorab gefiltert werden. Dieses sogenannte *Semantic Lifting* – auch in anderen Domänen bereits eingesetzt (vgl. Kaiser & Weiss 2014: 209–259) – kann daher als wertvolle Ergänzung zum gesamten multimodalen Interaktionskonzept gesehen werden.

Einige Mechanismen erlauben die Vorverarbeitung zur Reduktion der Datenflut: Kombination mehrerer Sensorströme (z. B. aufgrund von Hintergrundwissen zu Meta-Ereignissen oder bei örtlicher Nähe) oder Filterung von Ereignissen (z. B. anhand von Prioritäten oder bei zyklisch mit höherer Frequenz wiederkehrenden Alarmen). Ebenso kann eine intelligente Pufferung von unwesentlichen Ereignissen die Operatoren/-innen entlasten.

Neben der Verringerung der kognitiven Belastung ist aber auch das schnellere Erkennen von sich abzeichnenden Alarmen sowie das Unterdrücken von eventuellen Fehlalarmen (z. B. Ausreißer durch Messfehler) eine Unterstützung für die Operatoren/-innen. Die Anzahl an aufschaltbaren Kameras, die von einer Person auch überblickt werden können, ist begrenzt. Daher wird schnelleres Erkennen beispielsweise auch durch automatische Kameraaufschaltung als Ergebnis der Detektion von ungewöhnlichen Ereignissen erreicht. Der Einsatz von sogenannten Streifenbildern erlaubt es zudem auch, einen längeren Zeitbereich in einem Videostrom rasch überblicksmäßig zu erfassen und so an die gewünschte Position in einer Aufzeichnung zu gelangen, was die Analyse der Situation erleichtert.

4 Diskussion

Bislang konnten nur einzelne Komponenten (Audio, Visualisierung, Gestensteuerung) und deren Tauglichkeit evaluiert werden. Zur Evaluation des Zusammenspiels und der dadurch ermöglichten Interaktionen wurden die Komponenten in einen Leitstand mit einem Übersichtsbereich und zwei lokalen Arbeitsplätzen integriert. Neben der Evaluation wird dieser Leitstand auch für Demonstrationszwecke Verwendung finden.

Im Demonstrationsleitstand sind aus dem Anwendungsbereich Verkehrsleitzentrale für die verschiedenen Überwachungszustände exemplarisch einige Szenarien verfügbar: Normalbetrieb mit den Grundfunktionen des Leitstandes, Warnung („erhöhtes Verkehrsaufkommen“, „defekte Glühbirne im Tunnel“ und „Wackelkontakt bei Sensor einer Sicherheitstür“), Störung („voller Videospeicher“) und Alarmzustand („Reifenpanne“ und „zu hoher LKW bei Einfahrt in Tunnel“). Für diese Szenarien wurde ein Simulator entwickelt, der die entsprechenden Ereignisse (Verkehrsströme, Sensordaten etc.) in Echtzeit generieren kann.

Die erwähnten Szenarien sind auch Teil eines vierstufigen Evaluationskonzepts:

1. Evaluation auf technischer Ebene (quantitativ)
2. Evaluation der Interaktionsmechanismen (quantitativ + qualitativ)
3. Evaluation des Interaktionssystems (quantitativ + qualitativ)
4. Analyse mit uneingeschränktem System (qualitativ).

Umfangreiche Evaluationen (mit Operatoren/-innen, aber auch mit nicht mit Leitständen befassten Benutzern/-innen) werden Informationen über die Anwendbarkeit neuer Interaktionsparadigmen und moderner Benutzerschnittstellen in Kontrollräumen liefern. Aspekte wie Angemessenheit, Ergonomie, Effizienz und kognitive Belastung bezüglich der zu erledigenden Aufgaben werden durchleuchtet.

Danksagung

Das Projekt *Future User Interfaces for Control Centers (fusInC)* wird durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) gefördert. Neben den Autoren sind im Projekt Clemens Amon, Harald Csaszar, Ferdinand Fuhrmann, Hermann Fürntratt, Franz Graf, Andras Horti, Christina Leitner, Helmut Neuschmied und Bernhard Rettenbacher mit der Erarbeitung der Interaktionskonzepte und den technischen Implementierungen befasst.

Literatur

Amon, C. & Fuhrmann, F. (2014): Evaluation of the spatial resolution accuracy of the face tracking system for kinect for windows v1 and v2. In: *Proceedings of the 6th Congress of the Alps Adria Acoustics Association*.

- Fuhrmann, F. (2014): Evaluation of a transaural audio system using parametric loudspeaker arrays. In: *Proceedings of the 6th Congress of the Alps Adria Acoustics Association*.
- Fuhrmann, F. & Kaiser, R. (2014): Towards Multimodal Interaction in Control Centers – An Interactive Demonstrator. In: *International Workshop on Roadmapping the Future of Multimodal Research (RFMIR'14) in conjunction with the 16th ACM International Conference on Multimodal Interaction (ICMI'14)*, Istanbul [im Erscheinen].
- Fuhrmann, F.; Dobbler, K.; Pokorny, F. & Graf F. (2014): A modular system for improving speech intelligibility under extreme acoustic conditions: subjective evaluation of parameter influence. In: *Forum Acusticum*, Krakow.
- Fürntratt, H. (2014): Finger pointing accuracy on leap motion sensor. In: *Interfaces and Human Computer Interaction (IHCI)*, 2014. pp. 233–237.
- Fürntratt, H. & Neuschmied, H. (2014): Evaluating pointing accuracy of kinect v2 sensor. In: *International Conference on Multimedia and Human-Computer Interaction (MHCI)*.
- Kaiser, R. & Fuhrmann, F. (2014): Multimodal Interaction for Future Control Centers – Interaction Concept and Implementation. In: *International Workshop on Roadmapping the Future of Multimodal Research (RFMIR'14) in conjunction with the 16th ACM International Conference on Multimodal Interaction (ICMI'14)*, Istanbul [im Erscheinen].
- Kaiser, R. & Weiss, W. (2014): *Media Production, Delivery and Interaction for Platform Independent Systems : Format-Agnostic Media*. Chichester: Wiley.
- Leitner, C. (2014): Comparison of voice activity detection methods in realistic noise scenarios. In: *Proceedings of the 6th Congress of the Alps Adria Acoustics Association*.
- Pokorny, F. & Graf, F. (2014): Akustische Vermessung parametrischer Lautsprecherarrays im Kontext der Transauraltechnik. In: *Fortschritte der Akustik – DAGA 2014*, Oldenburg. S. 618–619.
- Saathoff, C.; Chandramouli, K.; Bailer, W.; Schallauer, P. & Troncy, R. (2011): Multimedia Annotation Tools. In: Troncy, R.; Huet, B. & Schenk, S. (Hrsg.): *Multimedia Semantics : Metadata, Analysis and Interaction*. New York: Wiley, S. 223–239.