

# Konzept zur Entwicklung moderner Bedienformen für Betriebszentralen

Ein gemeinsames Projekt der Institute für Eisenbahn- und Verkehrswesen sowie für Visualisierung und Interaktive Systeme der Universität Stuttgart und dem Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen wird in diesem Beitrag vorgestellt. Zunächst werden Kontrollräume, Vorgänge und Tätigkeiten sowie die damit in Zusammenhang stehenden Belastungen von Disponenten in Betriebszentralen von Verkehrsunternehmen analysiert. Basierend auf den Ergebnissen werden moderne Bedienformen und Benutzungsschnittstellen untersucht.

## 1. EINFÜHRUNG, KONTEXT UND ZIELSTELLUNG DES PROJEKTES

Die Steuerung und Überwachung einer großen Anzahl von komplexen Abläufen in Produktion und Betrieb ist heutzutage dank computergestützter Systeme mit wenigen Bedienern realisierbar. Diese computergestützten Systeme werden durch die immer genauere Überwachung von Produktions- und Betriebsprozessen zunehmend komplex. Des Weiteren ist es durch diese Systeme möglich dem Benutzer immer mehr Informationen zu präsentieren, die nicht nur detailreicher sind, sondern auch von räumlich nicht verknüpften Informationen stammen. Somit werden diese Systeme auf der einen Seite in der Bedienung immer komplexer und anspruchsvoller, auf der anderen Seite unterstützen sie die Bediener bei immer mehr Aufgaben des Regelbetriebs, wodurch die Überwachung von wenigen Personen durchgeführt werden kann. Durch die Übernahme von Regelaufgaben seitens computergestützter Systeme und der daraus folgenden Erweiterung der Überwachungsbezirke steigt für den Bediener die Anzahl der Ausnahmefälle, die nicht automatisiert und standardisiert bearbeitet werden können. Hinzu kommt, dass sich bei Abweichungen vom Regelbetrieb die Aufgaben der Bediener extrem schnell von überwiegend monotonen Überwachungstätigkeiten in teilweise sicherheitsrelevante Aufgaben mit unmittelbarer Entscheidungsfunktion wandeln.

**Schon bei der Anmeldung muss ein Disponent mehrfach Benutzerkennung und Passwort für den Zugang und personenspezifische Aktivierung der Systeme eingeben.**

Besonders in diesen, vom Regelbetrieb abweichenden Situationen, steigt die Menge eintreffender und benötigter Informationen auf ein kaum zu überblickendes Maß an.



**Jun.-Prof. Dr. Niels Henze**  
Leiter der Abteilung Soziokognitive Systeme am Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme der Universität Stuttgart  
niels.henze@vis.uni-stuttgart.de



**Dipl.-Inf. Sven Mayer**  
Akademischer Mitarbeiter in der Abteilung Soziokognitive Systeme am Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme der Universität Stuttgart  
sven.mayer@vis.uni-stuttgart.de



**Prof. Dr.-Ing. Ullrich Martin**  
Direktor des Instituts für Eisenbahn- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart sowie Direktor des Verkehrswissenschaftlichen Instituts an der Universität Stuttgart und Mitglied im ETR-Fachbeirat  
ullrich.martin@ievwwi.uni-stuttgart.de



**Dipl.-Vw. techn. Carlo von Molo**  
Akademischer Mitarbeiter am Institut für Eisenbahn- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart  
carlo.molo@ievwwi.uni-stuttgart.de



**Prof. Dr. med. Monika A. Rieger**  
Ärztliche Direktorin des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen  
monika.rieger@med.uni-tuebingen.de



**Dr. rer. nat. Dipl. Sportwiss. Benjamin Steinhilber**  
Akademischer Mitarbeiter am Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen  
benjamin.steinhilber@med.uni-tuebingen.de



**Dipl.-Inf. Lars Lischke**  
Akademischer Mitarbeiter in der Abteilung Mensch-Computer-Interaktion am Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme der Universität Stuttgart  
lars.lischke@vis.uni-stuttgart.de



**Dipl. Sportwiss., M.Sc. Florestan Wagenblast**  
Akademischer Mitarbeiter am Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen  
florestan.wagenblast@med.uni-tuebingen.de

Derartige Steuerungs- und Überwachungssysteme bestehen in einer Leitstelle i. d. R. aus einem oder mehreren Arbeitsplätzen mit zahlreichen

Eingabe- und Ausgabegeräten. In heutigen Leitstellen ist das Hauptausgabegerät eine Anzahl an Monitoren. Um die Informationen darauf optimal darzustellen und Informatio-

nen eingeben zu können, hat jeder Bediener etliche Eingabegeräte. Dennoch müssen die Bediener auch in Situationen, in denen vom Regelbetrieb abgewichen wird, jederzeit den Überblick behalten und zeitkritische Entscheidungen treffen können, ohne dass dadurch die Betriebssicherheit beeinträchtigt wird.

Um diese Bedienabläufe zu erleichtern und insbesondere in den zeitkritischen, vom Regelbetrieb abweichenden Situationen schnelle und präzise Handlungen und

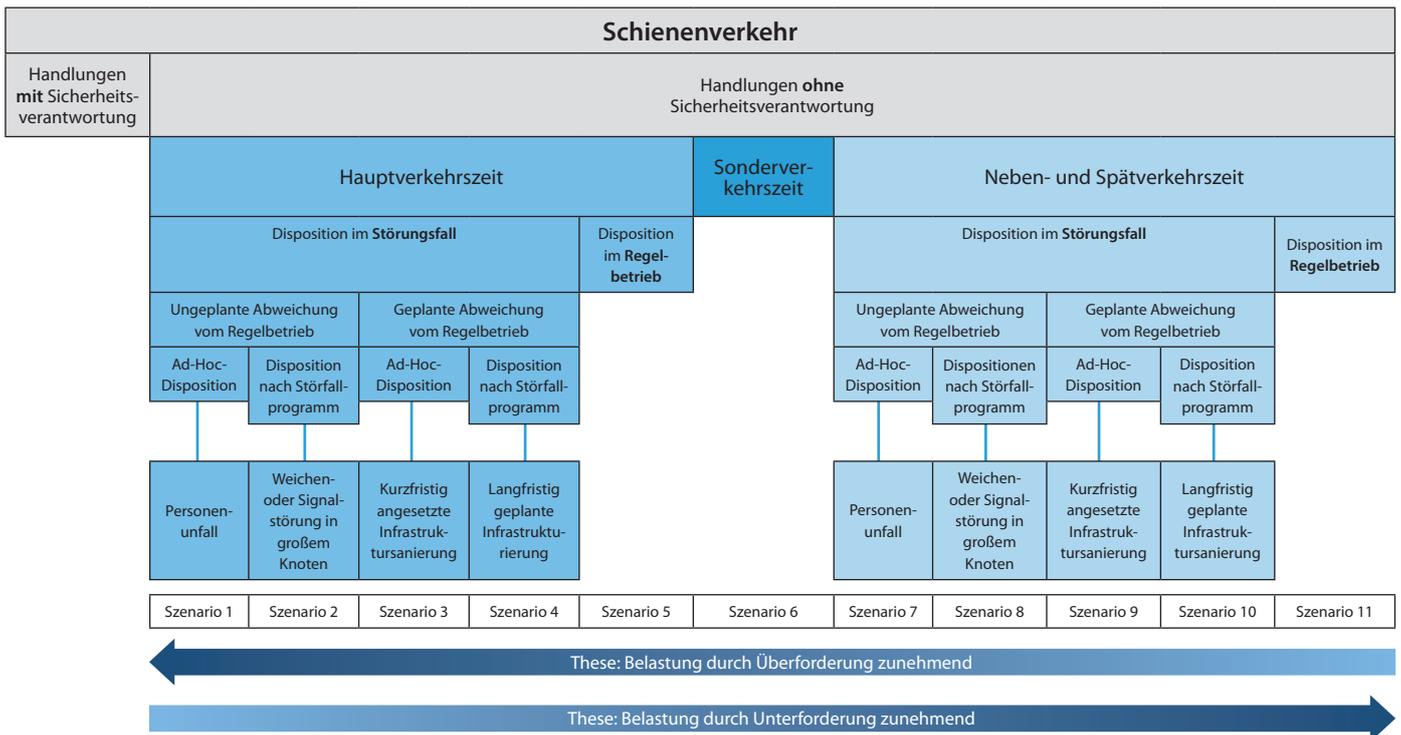


BILD 1: Szenarieneinteilung Schienenverkehr

(Quelle: Institut für Eisenbahn- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart)

Entscheidungen sicherzustellen, sind spezifische Konzepte für Bedienformen und Benutzungsschnittstellen der unterstützenden Computersysteme notwendig.

Im Rahmen eines gemeinsamen Projektes der Universitäten Stuttgart und Tübingen sollen am Beispiel von Betriebszentralen im Bahnbetrieb zunächst für nicht-sicherheitsrelevante Handlungen Lösungsansätze konzipiert werden. Das Ziel besteht darin, die Tätigkeiten zur Bedienung über die Mensch-Maschine-Schnittstelle im optimalen physischen wie psychischen Anforderungsbereich zu gestalten.

Die Entwicklung neuer Bedienformen und Benutzungsschnittstellen orientiert sich im weiteren Projektverlauf am Vier-Säulen-Modell der erfolgreichen Benutzungsschnittstellenentwicklung nach Shneiderman und Plaisant [1]. Dabei wird im ersten Schritt eine ethnographische Analyse zur Ermittlung der Anforderungen der Bediener an die Benutzungsschnittstellen durchgeführt. Eine ethnographische Analyse ist eine teilnehmende Beobachtung, bei der Kenntnisse über das Handeln, Verhalten oder die Auswirkungen des Verhaltens von einzelnen Personen oder einer Personengruppe gewonnen werden sollen. Nach der Ableitung von Modellansätzen und deren methodischer Algorithmenentwicklung werden Softwarewerkzeuge zur Entwicklung neuer Bedienformen und Benutzungsschnittstellen konzipiert. Abschließend werden die neuen Entwicklungen in einer Testumgebung von Experten bzw. Anwendern systematisch geprüft und beurteilt.

## 2. ARBEITSUMFELD EINER BETRIEBSLEITZENTRALE IM ÖPNV

### 2.1. ARBEITSUMGEBUNG

Um den Ablauf des Betriebes zu steuern und zu überwachen, ist i. d. R. ab einer bestimmten Netzgröße von z. B. mehreren Bahnhöfen oder Betriebsstellen eine übergeordnete Zentrale notwendig. Eisenbahninfrastrukturunternehmen verfügen daher über Betriebs- oder Betriebsleitzentralen, in denen häufig nicht nur die Arbeitsplätze der Disponenten, der Bediener mit der Aufgabe der Zugüberwachung, sondern auch die Arbeitsplätze der Fahrdienstleiter, den Bedienern mit sicherheitsrelevanten Aufgaben, untergebracht sind. Diese Zentralen haben sich in den letzten Jahren erheblich weiterentwickelt und verändert. Waren vor einigen Jahren noch kaum individuell anpassbare Arbeitsplätze Standard, so verfügen moderne Zentralen bereits über nach neuesten ergonomischen Erkenntnissen gestaltete Arbeitsplätze, welche sich flexibel für stehende oder sitzende Bedienung konfigurieren lassen. Nicht nur ältere, sondern auch moderne Zentralen gleichen sich aber in der Bedienform und Arbeitsplatzgestaltung: Der Disponent sitzt oder steht in der Mitte einer großen Anzahl von Monitoren in gebräuchlicher Standardgröße und benutzt zur Eingabe Maus und Tastatur bzw. zur Kommunikation Telefon und Funk.

### 2.2. ETHNOGRAPHISCHE ANALYSE

Um ein umfassendes Bild über den aktuellen Stand in Kontrollräumen zu erfassen, wurde eine ethnographische Analyse durchgeführt. Hierfür wurde ein Kontrollraum eines Nahverkehrsunternehmens analysiert, in dem sowohl rund 200 Stadtbahnfahrzeuge als auch ca. 250 Busse überwacht und koordiniert werden. Dabei zeigt sich, dass trotz umfangreichen Erneuerungen der Einrichtung und Technik in den letzten Jahren, das Bedienkonzept im Vergleich zu weniger modernen Zentralen, kaum verändert wurde. Neuerungen haben sich vor allem bezüglich Anordnung und Ergonomie der Arbeitsplätze ergeben. Darüber hinaus wurde die Bedienung so überarbeitet, dass die Steuerung aller benötigten Systeme durch eine Maus und Tastatur möglich ist und der Disponent nicht mehr zwischen mehreren Mäusen und Tastaturen wechseln muss. Bedingt durch die vergrößerte digitale Darstellungsfläche am Arbeitsplatz muss der Mauszeiger über größere Entfernungen hinweg bewegt werden. Um diese Belastung zu minimieren, ist bereits heute ein „Springen“ zwischen den Bildschirmen möglich. Allerdings ist dem Disponenten die Position, an welcher der Mauszeiger wieder erscheint, häufig unklar. Dennoch würden sich die Disponenten, aufgrund der Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungen, eine Erweiterung der digitalen Darstellungsfläche wünschen. Dies bedarf allerdings einer tiefergehenden Integration der eingesetzten Systeme. Schon bei der Anmeldung muss »

ein Disponent mehrfach Benutzerkennung und Passwort für den Zugang und die personenspezifische Aktivierung der Systeme eingeben. Weitere wichtige und öfter im Sichtverlauf vorkommende Tätigkeiten der Disponenten liegen in der Dokumentation von Handlungen und Vorgängen; einerseits werden diese automatisch durch Systeme protokolliert, andererseits werden gewisse Handlungen manuell auf Papier dokumentiert. Eine zusätzliche Handlung, die in den Tätigkeitsbereich des Disponenten fällt, ist die Kommunikation mit anderen Disponenten auf den benachbarten Arbeitsplätzen sowie mit externen Stellen und Fahrern, die sich im Einsatz befinden. Hierbei wird häufig nur der Ist-Zustand zwischen den verschiedenen Stellen weitergegeben. Eine automatische, digitale Datenübermittlung des Ist-Zustandes ist nicht vorhanden. Für diese exemplarisch herausgearbeiteten Tätigkeiten würde der Disponent durch Automatisierung entlastet werden.

### 2.3. SPANNUNGSFELD REGELBETRIEB VS. STÖRUNGSFALL, UNTER- VS. ÜBERFORDERUNG

Neben diesen generellen Bedienhandlungen zeigt eine ethnographische Analyse die große Diskrepanz zwischen Unter- bzw. Überforderung der Disponenten in verschiedenen Betriebssituationen auf. Insbesondere außerhalb der Hauptverkehrszeiten ist ein relativ monotoner Betrieb zu beobachten, in den der Disponent im Regelfall kaum eingreifen muss. Ein solches Szenario kann sich bei einer auftretenden Störung jedoch sehr schnell ändern, so dass es zu einem schnellen Wechsel

**Im weiteren Fortgang dieses gemeinsamen Projektes werden komplexe Systeme bei der Betriebsüberwachung im Schienenverkehr besonders beleuchtet.**

von Unter- zu Überforderung kommen kann. Bereits eine Störung in der Hauptverkehrszeit erhöht die Anforderungen an die Disponenten dermaßen, dass es zu einer erhöhten Anzahl an Fehlhandlungen kommen kann. Zudem ist durch den zunehmenden Einsatz von computergestützten Systemen für den Betriebsablauf und der daraus folgenden Vergrößerung der Überwachungsbezirke die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Störung deutlich erhöht mit dem besonderen Risiko eines sich zeitlich überschneidenden Auftretens mehrerer unabhängiger Störungen an unterschiedlichen Orten des Überwachungsbezirkes.

### 2.4. ZWISCHENFAZIT ZUM ARBEITSUMFELD

Nach einer umfassenden ethnographischen Analyse einer Leitstelle offenbart sich Forschungsbedarf. Neue technische Konzepte müssen besser als bisher üblich an die Disponenten angepasst werden, um in den Situationen erhöhter Anforderungen eine Überforderung zu vermeiden, einen effizienten Betriebsablauf zu gewährleisten und eine kundengerechte Betriebsqualität zu erreichen. Zudem scheint im Bereich der Benutzerschnittstellen Optimierungspotential vorzuliegen. Neue Technologien können zur anforderungsgerechten Gestaltung der Benutzungsschnittstellen unter Beachtung sowohl physischer als auch psychischer Anforderungen beitragen und somit Arbeitsprozesse verbessern.

## 3. SZENARIEN

Um geeignete Ansätze und Methoden zur Belastungsanalyse wählen zu können, wird zunächst eine situations- und tätigkeitsbezogene Einteilung möglicher Betriebszustände in den Szenarien (siehe Bild 1) durchgeführt.

### 3.1. SZENARIO SCHIENENVERKEHR

Komplexe Systeme zur Überwachung des Betriebes kommen in der Industrie und im Verkehr zum Einsatz. Im weiteren Fortgang dieses gemeinsamen Projektes werden komplexe Systeme bei der Betriebsüberwachung im Schienenverkehr besonders beleuchtet.

Dazu werden zunächst Szenarien abgeleitet, um unterschiedliche Betriebssituationen und Betriebszustände systematisch eingrenzen zu können, die wiederum für weitere Analysen herangezogen werden. Grundsätzlich müssen bei der Steuerung bzw. Überwachung des Schienenverkehrs zwei Szenarien unterschieden werden: Handlungen mit und Handlungen ohne Sicherheitsverantwortung.

#### **Szenario Schienenverkehr – mit Sicherheitsverantwortung**

Sicherheitsverantwortung trägt der Fahrdienstleiter z.B. bei der Bedienung eines Ersatzsignals. Derartige sicherheitsrelevante Handlungen sind in stärker belasteten Bereichen des Netzes im Regelbetrieb grundsätzlich technisch abgesichert, können jedoch

vom Fahrdienstleiter durch Ersatzhandlungen außer Kraft gesetzt werden. Dies geschah beispielsweise bei der Kollision zweier Züge in Bad Aibling im Frühjahr 2016. Hierfür ist der Fahrdienstleiter dann auch persönlich strafrechtlich haftbar. In schwach belasteten Netzbereichen wird mitunter auf eine technische Unterstützung bzw. Überwachung sicherheitsrelevanter Handlungen ganz oder teilweise verzichtet, so dass die Betriebssicherheit allein vom menschlichen Handeln abhängig ist.

#### **Szenario Schienenverkehr – ohne Sicherheitsverantwortung**

Die Tätigkeit der Disponenten in den Betriebszentralen sowie die betriebssteuernde und dispositive Tätigkeit der Fahrdienstleiter sind i.d.R. durch Handlungen ohne Sicherheitsverantwortung gekennzeichnet. Bei der Zugüberwachung wird auf einen pünktlichen, störungsfreien und effizienten Betrieb geachtet. Eine falsche oder unterlassene Handlung eines Disponenten kann z. B. dazu führen, dass ein schneller Zug auf einen langsameren „aufläuft“, d.h. am Blocksinal außerplanmäßig zum Stehen kommt und Verspätung aufgebaut, jedoch die Sicherheit des Betriebsablaufs nicht gefährdet wird. Im ersten Projektansatz stehen zunächst Handlungen ohne Sicherheitsrelevanz im Fokus.

### 3.2. SITUATIONSBEZOGENE BETRACHTUNG – REGELBETRIEB VS. STÖRUNGSFALL

In einer weitergehenden, situationsbezogenen Betrachtung erscheint eine Einteilung in die zwei grundlegenden Szenarien „Disposition im Regelbetrieb“ und „Disposition im Störfall“ sinnvoll. Im Regelbetrieb beschränkt sich die Disposition weitgehend auf die möglichst vorausschauende Überwachung der Betriebssituation im Hinblick auf die Einhaltung des fahrplanmäßigen Betriebsablaufs; es sind dennoch strecken- und situationsabhängig Entscheidungen zu treffen, z. B. wenn ein Fahrdienstleiter einen Güterzug, der von einer Nebenstrecke auf eine Hauptstrecke einfahren möchte, absprachegemäß meldet und die Erlaubnis für diese Fahrt beim Disponenten einholen muss. Dagegen beschreibt ein Szenario „Störfall“ eine Betriebssituation, in der aufgrund betrieblicher, technischer oder externer Einflüsse, erheblich vom Fahrplan abgewichen wird.

### 3.3. UNTERTEILUNG NACH ART DER ABWEICHUNG VOM REGELBETRIEB

Beim Szenario „Störfall“ lässt sich die

Vorhersagbarkeit der Situation durch eine weitere Untergliederung in „geplante Abweichung vom Regelbetrieb“ und „ungeplante Abweichung vom Regelbetrieb“ berücksichtigen. Eine geplante Abweichung vom Regelbetrieb liegt bei einer längerfristig vorab geplanten Maßnahme wie z.B. Infrastruktureingriffen oder dem Verkehren von außergewöhnlichen Transporten [2] vor, wohingegen eine kurzfristig auftretende Abweichung vom Fahrplan als ungeplante Abweichung vom Regelbetrieb bezeichnet wird. Die Ursache kann beispielsweise eine fahrzeug- oder infrastruktureitig verursachte Störung oder auch ein Unfall sein. Bei diesen geplanten oder ungeplanten Abweichungen vom Regelbetrieb müssen Disponenten Ad-hoc-Entscheidungen treffen. Für größere Knoten und Streckenabschnitte mit besonderer Bedeutung liegen gewöhnlich vorab definierte Störfallkonzepte vor, da viele Zugfahrten sowie mehrere Disponenten und Fahrdienstleiter betroffen sein können und ein schnelles Ad-hoc-Handeln durch die Abstimmung der beteiligten Personen untereinander verlangsamt werden würde.

### 3.4. UNTERTEILUNG NACH DISPOSITIONSMETHODE

Die tätigkeitsbezogenen Einflussgrößen werden in „Ad-hoc-Disposition“ und „Disposition nach Störfallprogramm“ unterteilt. Dies gilt nicht nur für das Szenario „geplante Abweichung vom Regelbetrieb“ sondern auch für das Szenario „ungeplante Abweichung vom Regelbetrieb“. Ein vorhandenes Störfallprogramm könnte sich in einer solchen Ausnahmesituation als sehr stressmindernd erweisen, setzt jedoch voraus, dass dessen Aktivierung und Handhabung belastungsmindernd und zeiteffizient wirkt.

In diesem Projekt sind sowohl die Szenarien „Disposition im Regelbetrieb“ während der Neben- und Spätverkehrszeit, als auch „Disposition im Störfall“, „Ungeplante Abweichung vom Regelbetrieb“ und „Ad-Hoc-Disposition“ gleichermaßen von Interesse. Die Diskrepanz zwischen monotoner Tätigkeit (Beanspruchung durch Unterforderung) und hochkomplexer Tätigkeit (Beanspruchung durch Überforderung) zeigt sich in diesen Szenarien besonders deutlich. Computergestützte Systeme können nur dann zur Verbesserung der Arbeitsplatzsituation und der Betriebsqualität beitragen, wenn diese auf die Disponenten und ihre Tätigkeiten abgestimmt sind.

## 4. POTENTIALE FÜR DIE WEITERENTWICKLUNG VON BETRIEBSZENTRALEN AUS SICHT DER MENSCH-COMPUTER-INTERAKTION

In der Mensch-Computer-Interaktion werden verschiedene Konzepte zur Weiterentwicklung der Benutzungsschnittstellen von interaktiven Karten und Leitwarten diskutiert. Karten lassen sich beispielsweise durch Hinweise auf Informationen, die außerhalb des dargestellten Kartenausschnitts liegen, durch sogenannte Off-Screen Visualisierungen [10, 11] oder durch auditive Darstellungen anreichern [12]. Dabei wird beispielsweise die Verwendung sogenannter begreifbarer Benutzungsschnittstellen (eng. Tangible User Interfaces [3]) vorgeschlagen. Schwarz et al. entwickeln Bedienungskonzepte für die Leitwarte von Kraftwerken und diskutieren die Verwendung von physikalischen Eingabekomponenten wie physikalischen Schiebe- und Drehreglern zur Eingabe [13]. Motiviert durch die zunehmende Verbreitung multimodaler Benutzungsschnittstellen in mobilen und ubiquitären Systemen schlagen Heimonen et al. die Verwendung von solchen Schnittstellen auch in Kontrollräumen vor [14].

Neben der Untersuchung von multimodalen Benutzungsschnittstellen, hat die Entwicklung neuer Interaktionskonzepte für wandgroße Bildschirme eine besondere Bedeutung für die Weiterentwicklung von Kontrollräumen. Dabei ist bemerkenswert, dass höhere Bildschirmauflösungen, besonders bei textbezogenen Aufgaben von Benutzern, bevorzugt werden [15]. Ebenfalls bemerkenswert ist, dass Bediener auch auf wandgroßen Bildschirmen spezifische Informationen schnell und ohne größere Arbeitsbelastung finden können [16]. Somit ist anzunehmen, dass eine weitere Vergrößerung der digitalen und physikalischen Bildschirmfläche in Leitstellen zur Verbesserung der Arbeitsleistung führen wird. Jedoch gelangen klassische Eingabetechniken mit Maus und Tastatur bei bereits heute in Kontrollräumen üblichen Bildschirmkonfigurationen an ihre Grenzen. Eine zurzeit untersuchte Erweiterungsmöglichkeit der Eingabetechnik stellt Eye-Tracking dar. Hierbei kann der Bediener klassische Eingabegeräte wie gewohnt nutzen, jedoch können größere Mauszeigerbewegungen durch Blickgesten ersetzt werden [17].

Eine aktuelle Entwicklung innerhalb der Mensch-Computer-Interaktion ist die Ver-

wendung von physiologischen Sensoren, die physiologische Parameter messen, um den kognitiven Zustand des Benutzers während der Interaktion zu verstehen und die Interaktion entsprechend zu adaptieren. Beispielsweise wird in ersten Arbeiten mittels preiswerter Brain-Computer-Interfaces versucht, das Situationsbewusstsein des Nutzers zu erkennen [4]. Hierauf aufsetzend könnte das Computersystem in

**Dabei ist bemerkenswert, dass höhere Bildschirmauflösungen, besonders bei textbezogenen Aufgaben von Benutzern bevorzugt werden.**

Kontrollräumen automatisiert erkennen, ob der Bediener sich der aktuellen Situation bewusst ist und Maßnahmen ergreifen, wenn

dies nicht der Fall ist. So könnte das System dem Bediener im ersten Schritt Hinweise bei Aufmerksamkeitsdefiziten geben und bei anhaltendem Nachlassen der Aufmerksamkeit Pausen vorschlagen.

Eine andere aktuelle Entwicklung, die in Kontrollsituationen zum Einsatz kommen könnte, ist die Nutzung der Blickverfolgung während der Benutzung. Aktuelle mobile und stationäre Geräte zur Blickverfolgung sind mittlerweile sehr preiswert und erlauben zu ermitteln, auf welchen Punkt oder Teil des Bildschirms der Benutzer blickt. Während kommerzielle Geräte noch eine Kalibrierung erfordern, die einen dauerhaften Einsatz in vielen Fällen ausschließt, können Forschungsprototypen bereits eine automatische Kalibrierung vornehmen [5]. Wenn der Blick des Nutzers zwischen verschiedenen Bildschirmen wandert oder sich auf Objekte außerhalb der Bildschirme fokussiert, kann der Benutzer durch visuelle Reize dabei unterstützt werden, zuletzt betrachtete Inhalte wiederzufinden [6].

Ebenfalls durch Eye-Tracking lässt sich abschätzen, welche Bildschirmhalte der Benutzer wahrgenommen hat und welche nicht. Die Annahme ist, dass Inhalte, die der Benutzer nie visuell fokussiert hat, auch nicht bewusst wahrgenommen worden sind. Obwohl das Auge eines Benutzers einen Bildschirmbereich fixiert, kann allerdings nicht garantiert werden, dass der Inhalt auch bewusst wahrgenommen wird [7]. Trotzdem kann die Verfolgung der Augenbewegung einen Hinweis geben, welche Inhalte dem Benutzer bewusst sind. Hierdurch kann der Benutzer durch visuelle oder auditive Reize gezielt auf möglicherweise übersehene Inhalte hingewiesen werden.

Ein Bestreben innerhalb der Mensch-Computer-Interaktion ist, dass ein besseres Verständnis des kognitiven Zustands des Benutzers die Entwicklung von Systemen »

erlaubt, welche die Aufmerksamkeit des Benutzers gezielt auf intelligente Weise steuern. Während sich aktuelle Entwicklungen auf mobile [8] und ubiquitäre [9] Systeme konzentrieren, ist anzunehmen, dass die Anwendung einer Aufmerksamkeitssteuerung in kontrollierten Umgebungen wie Kontrollräumen deutlich früher zu verwendbaren Ergebnissen führen wird.

## 5. BELASTUNG UND PSYCHISCHE BEANSPRUCHUNG IN BETRIEBSZENTRALEN

Aus den vorangegangenen Kapiteln wird deutlich, dass die Arbeit in Betriebszentralen des Schienenverkehrs eine spezifische Belastung für Disponenten und Fahrdienstleiter

**Generell gilt, dass Störungen bei der Regulation des Arbeitshandelns durch bestimmte Kontextfaktoren die psychische Beanspruchung zunehmen lassen.**

bedeutet. Belastung kann grob in physisch und psychisch unterteilt werden, wobei die psychische Belastung alle Einflüsse mit psychischer Wirkung einschließt. Diese Einflüsse gehen von unterschiedlichen arbeitsorganisatorischen, aufgabenbezogenen, sozialinteraktiven und umgebungsbezogenen Kontextfaktoren aus. Die Auswirkung einer psychischen Belastung führt dazu, dass Disponenten und Fahrdienstleiter unmittelbar psychisch beansprucht werden. Generell gilt, dass Störungen bei der Regulation des Arbeitshandelns durch bestimmte Kontextfaktoren die psychische Beanspruchung zunehmen lassen. So können beispielsweise die Häufigkeit und Komplexität von Bildschirminformationen sowie zeit- und sicherheitskritische Arbeitshandlungen als psychische Belastung verstanden werden, die eine psychische Beanspruchung im Sinne einer Überforderung begünstigen kann. Zudem ist es möglich, dass Unterforderung, während monoton ablaufenden Arbeitshandlungen, ebenfalls zu psychischer Fehlbeanspruchung führt.

Forschungsbedarf besteht insbesondere bei der Beurteilung, wie sich spezifische und zeitlich kumulative Kombinationen psychisch belastender (arbeitsbedingter) Kontextfaktoren, im Sinne einer psychischen Beanspruchung des Disponenten oder Fahrdienstleiters, äußern. Bei häufiger und längerfristiger Exposition können zum Teil gravierende gesundheitliche Schäden entstehen. Zudem ist es möglich, dass in Bezug auf die Verantwortung der Tätigkeit in einer Betriebsleitzentrale, die Sicherheit des Schienenverkehrs durch Fehlhandlungen beeinträchtigt wird.

## 6. WEITERES VORGEHEN

Nach dieser ersten Bestandsaufnahme sollen im weiteren Projektverlauf die Mensch-Maschine-Interaktionen analysiert, Wahrscheinlichkeiten für Fehlhandlungen ermittelt sowie die psychische Beanspruchung der Disponenten in den verschiedenen Szenarien unter Beachtung des Belastungs-Beanspruchungskonzeptes [18] untersucht werden. Aus den Erkenntnissen werden spezifisch optimierte Konzepte für interaktive Bedienformen abgeleitet und Grundlagen für die Entwicklung neuer, multi-sensitiver und situativer Benutzungsschnittstellen für komplexe Steuerungen geschaffen, um den

Disponentenarbeitsplatz unter Berücksichtigung künftiger Anforderungen durch dichtere Verkehre und größere Bedienbezirke sowie

tendenziell monotoner Arbeit an Bildschirmarbeitsplätzen weiterzuentwickeln. ◀

### Literatur

- [1] Shneiderman, B.; Pleasant, C.: Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, Addison-Wesley, 2010.
- [2] DB Netz AG: Richtlinie 810.0501 Technischer Netzzugang für Fahrzeuge, gültig ab: 15.04.2014.
- [3] Shaer, O.; Hornecker, E.: Tangible user interfaces: past, present, and future directions, in: Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, 2010.
- [4] Shirazi, A. S.; Hassib, M.; Henze, N.; Schmidt, A.; Kunze, K.: What's on your mind?: mental task awareness using single electrode brain computer interfaces, in: Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference, ACM, 2014.
- [5] Huang, M. X.; Kwok, T. C.; Ngai, G.; Chan, S. C.; Leong, H. V.: Building a Personalized, Auto-Calibrating Eye Tracker from User Interactions, in: Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM, 2016.
- [6] Kern, D.; Marshall, P.; Schmidt, A.: Gazemarks: gaze-based visual placeholders to ease attention switching, in: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 2093 – 2102), ACM, 2010.
- [7] Simons, D. J.; Chabris, C. F.: Gorillas in our midst: Sustained inattention blindness for dynamic events. Perception, 1999.
- [8] Poppinga, B.; Pielot, M.; Henze, N.; Oliver, N.; Church, K.; Shirazi, A. S.: Smartattention, Please! Intelligent Attention Management on Mobile Devices, in: Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct, ACM, 2015.
- [9] Voit, A.; Poppinga B.; Weber, D.; Böhmer, M.; Henze, N.; Gehring, S.; Okoshi, T.; Pejovic, V.: UbiTention: Smart & Ambient Notification and Attention Management, in: Proceedings of the ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, ACM, 2016.
- [10] Henze, N.; Boll, S.: Evaluation of an off-screen visualization for magic lens and dynamic peephole interfaces, in: Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, ACM, 2010.
- [11] Henze, N., & Boll, S.: Push the study to the app store: Evaluating off-screen visualizations for maps in the android market. In Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, ACM, 2010.

- [12] Heuten, W.; Henze, N.; Boll, S.: Interactive exploration of city maps with auditory torches, in: CHI'07 extended abstracts on Human factors in computing systems, ACM, 2007.
- [13] Schwarz, T.; Butscher, S.; Müller, J.; Reiterer, H.: Die Wiederentdeckung analoger Interaktionsqualitäten in der digitalen Leitwarte /The return of physical interaction in future control rooms, I-Com, 2013.
- [14] Heimonen, T.; Hakulinen, J.; Sharma, S.; Turunen, M.; Lehtikunnas, L.; Paunonen, H.: Multimodal interaction in process control rooms: are we there yet?, in Proceedings of the 5th ACM International Symposium on Pervasive Displays, ACM, 2016.
- [15] Lischke, L.; Mayer, S.; Wolf, K. et al: Subjective and Objective Effects of Tablet's Pixel Density, in: Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems – CHI '15, ACM, 2015.
- [16] Lischke, L.; Mayer, S.; Wolf, K. et al: Using Space: Effect of Display Size on Users' Search Performance, in: Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems – CHI EA '15, ACM, 2015.
- [17] Lischke, L.; Schwind, V.; Friedrich, K.; Schmidt, A.; Henze, N.: MAGIC-Pointing on Large High-Resolution Displays. Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems – CHI EA '16, ACM, 2016.
- [18] DIN 33405. Psychische Belastung und Beanspruchung: Allgemeines, Begriffe. Berlin, 1987.

## ► SUMMARY

Concept for developing modern ways of running operations centres

The authors present a project that begins by analysing control rooms, the processes and activities that go on there and, related to that, the stresses faced by traffic controllers in the operations centres of transport undertakings. These results are used as inputs for investigating modern forms of operation and application interfaces, with a view to developing them further in such a way as to avoid harmful stress situations. These may be the result of expecting too little of people faced with monotonous tasks to perform or by expecting too much of them in situations that are exceptionally demanding compared with normal operations. A further aim is to ensure that time-critical decisions are taken efficiently.