

# Nutzerzentrierte Systemgestaltung am Fahrdienstleiterarbeitsplatz

Jan Gripenkoven / Anja Naumann / Bärbel Jäger

Im Themenbereich Rail Human Factors forscht das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) am Thema der nutzerzentrierten Systemgestaltung im Bahnbereich. Einen wesentlichen Fokus stellt dabei der Fahrdienstleiterarbeitsplatz der Zukunft dar. Im Rahmen eines Projektes wurde eine Kollaboration von Wissenschaftlern des DLR mit ausgebildeten Fahrdienstleitern im dualen Studium an der Fachhochschule Erfurt etabliert. Vor dem methodischen Hintergrund des Usability Engineering wurde in dieser Zusammenarbeit eine innovative Interpretation der Bedienoberfläche des Elektronischen Stellwerkes (ESTW) erarbeitet (siehe Kurzbericht in SIGNAL+DRAHT 03/2013). Erste prototypische Gestaltungsentwürfe für ein nutzerfreundlicheres ESTW von morgen wurden in einem iterativen Prozess aus Entwurfs- und Feedbackphasen in enger Zusammenarbeit mit Fahrdienstleitern als Systemexperten erarbeitet. Der Entwurf zeichnet sich durch eine gezielte Reduzierung der zentralen Anzeige- und Bedienebene auf einen einzigen Monitor aus.

## 1 Ausgangslage

Stellwerkstechnik bei der Bahn wurde in ihrer Geschichte von einer Vielzahl an Technologiegenerationen geprägt. Von handgestellten Weichen über das mechanische Stellwerk und den elektrome-

chanischen Spurplan hin zur Generation der elektronischen Stellwerke (ESTW) hat sich die Erscheinung des Arbeitsplatzes im Stellwerk kontinuierlich geändert und weiterentwickelt (Bild 1). Das erste ESTW in Deutschland wurde im Jahr 1986 in Betrieb genommen. Seit dieser Zeit hat sich insbesondere der Bereich der Rechen-technik rasant entwickelt. Die Rechenkapazität von Computern für den Hausgebrauch beispielsweise ist erheblich angestiegen und hat sich im Zeitraum von 1986 bis heute im Durchschnitt alle 18 Monate verdoppelt [1]. Auch die Speicherkapazität von Rechnern und die Leistungsfähigkeit von Anzeigemedien sind kontinuierlich gestiegen. Betrachtet man parallel zu diesen technologischen Sprüngen die Entwicklung der Nutzerfreundlichkeit eines Großteils der Mensch-Maschine-Schnittstellen sowohl im privaten als auch professionellen Kontext, fällt ein erhebliches Ungleichgewicht auf. Während der Entwicklungsfokus oft auf technikzentriertem Fortschritt liegt und der Funktionsumfang elektronischer Arbeitsmittel fortwährend größer wird, wird eine Weiterentwicklung der Gebrauchstauglichkeit der Bedienoberflächen und der Intuitivität der Interaktion häufig vernachlässigt. Die Vielfalt neuer und zusätzlicher Funktionen elektronischer Geräte ist für den Nutzer häufig schwer zu überschauen und zu handhaben. Zwar kam auch der Entwicklung der Stellwerkstechnik die Erhöhung der Rechenkapazität und die Einführung neuer Anzeigemedien seit 1986 zugute, wie zum Beispiel in Form von röhrenlosen Monitoren. Doch auch

hier zeigt sich das Problem, dass es – gerade in Bezug auf die Bedienlogik und Nutzerfreundlichkeit des Systems – keine wesentlichen Weiterentwicklungen gegeben hat. Während ähnliche Defizite in Luftfahrt- und Automobilindustrie schon seit geraumer Zeit ins Bewusstsein gelangt sind und in Neuentwicklungen und Forschung auf dem Feld menschzentrierter Systemgestaltung verstärkt aufgegriffen wurden, verläuft im Bereich Bahn die Sensibilisierung für eine Erhöhung der Gebrauchstauglichkeit der Bediensysteme vergleichsweise zögerlich. Dies ist zum Teil auf lange Produktlebenszyklen und aufwändige Zulassungsprozesse zurückzuführen.

Angesichts des fortschreitenden Trends hin zu einer starken Automatisierung seiner Systeme wandeln sich allerdings auch die Anforderungen der Tätigkeiten des Bahnpersonals. Der Anteil der Aufgaben, in denen eine Überwachung des reibungslosen Funktionierens des (automatisierten) Betriebs im Vordergrund steht, nimmt kontinuierlich zu. In diesem Zusammenhang ist es zunehmend wichtig, Informationen, Systemdialoge, Anzeigen und Rückmeldungen zum Status der überwachten Systeme gut verständlich und erfassbar darzustellen. Eine wesentliche Aufgabe ist es, eine Gestaltung des Arbeitsplatzes des Fahrdienstleiters im Sinne der Reduzierung kognitiver Belastung und eines Schutzes vor kognitiver Überlastung vorzunehmen. Der Bediener muss in die Lage versetzt werden, sich im Falle von Störungen oder Alarmen möglichst schnell ein Bild über

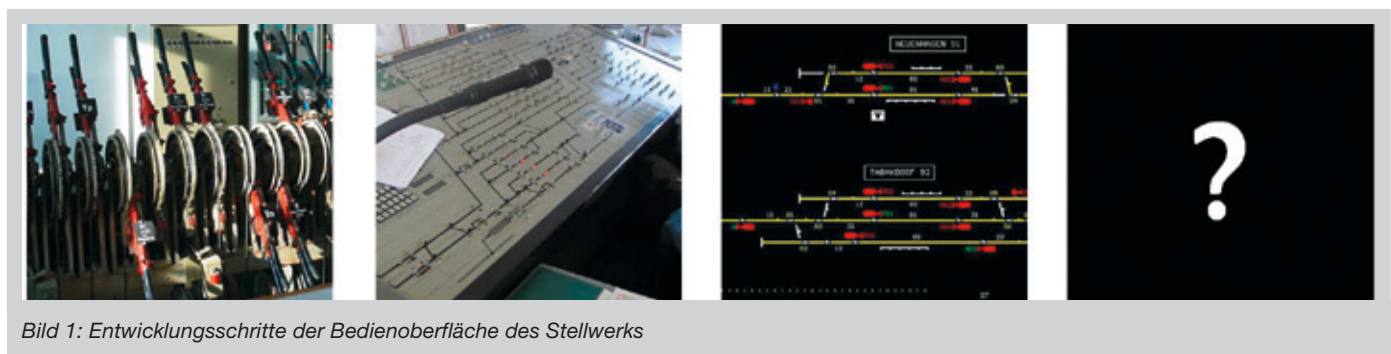


Bild 1: Entwicklungsschritte der Bedienoberfläche des Stellwerks

die gegenwärtige Situation zu machen, um angemessen handeln zu können. Am Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. wird daher an gebrauchstauglichen Mensch-Maschine-Schnittstellen für den Bahnbereich geforscht, die eine weitestgehend intuitive Bedienbarkeit ermöglichen. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen einer Projektarbeit an der FH Erfurt im Wintersemester 2012/2013 das Ziel verfolgt, die Bedienoberfläche des ESTW in einem methodisch strukturierten Rahmen nutzerfreundlicher zu gestalten. Zu diesem Zweck wurde die Expertise des DLR im Bereich des Usability Engineerings mit der Systemkenntnis der sechs aktiv am Projekt beteiligten Fahrdienstleiter (A.-T. Blaas, F. Christoph, T. Luft, M. Maurer, T. Röber & M. Wedemeyer) zusammengeführt, um an der Ausgangsfragestellung zu arbeiten: Wie muss ein zukünftiger Fahrdienstleiterarbeitsplatz gestaltet sein, wenn man nur einen einzigen Monitor zur Anzeige verwenden will?

## 2 Methodisches Vorgehen

Die Aufgabenstellung stellte für alle Beteiligten eine große Herausforderung dar, da in der gegenwärtigen Bedienoberfläche des ESTW in der Regel acht Monitore für die Anzeige zum Einsatz kommen. Diese werden von verschiedenen Systemen mit zum Teil unterschiedlichen Sicherheitsintegritätsstufen gespeist. Neben den Monitoren zur Steuerung des Bahnbetriebs, in denen u. a. schematisch die Infrastruktur des Stellbereichs abgebildet wird, gibt es eine Vielzahl ergänzender Monitore, um weitere Anzeigen aufzuschalten. Um die angestrebte Reduzierung der Anzeigefläche zu erreichen, wurden daher auch Integrationsmöglichkeiten von Subsystemen im Sinne eines gebrauchstauglichen Gesamtsystems berücksichtigt.

Die auf den ersten Blick radikal erscheinende Forderung nach der erheblichen Reduzierung des Bediensystems auf einen Monitor wurde in erster Linie gewählt, um in der Bearbeitung der Aufgabenstellung einen gewissen Zwang zu erzeugen, mit Darstellungskonventionen zu brechen. Auf diese Weise sollte über die Rückbesinnung auf die wesentlichen Aufgaben eines Fahrdienstleiters das Erarbeiten kreativer Gestaltungskonzepte angeregt werden.

Die methodische Herangehensweise, die im Bereich Rail Human Factors am DLR in Untersuchungen zur „Usability“ (Gebrauchstauglichkeit) im Rahmen des Usability Engineering [2] zum Tragen kommt, besteht aus aufeinander aufbau-

enden Phasen. Am Anfang steht die Analyse der Aufgaben und des Nutzungskontextes in Zusammenhang mit einem bestimmten Bediensystem. Dem folgt die Entwicklung erster Konzepte und Ideen, die wiederum im prototypischen Entwurf wesentlicher Funktionsabläufe mündet (Bild 2). Geprägt wird diese schrittweise Herangehensweise durch mehrfache Iterationen der Konzeptüberarbeitung sowie das konsequente Einbeziehen von Systemexperten und deren Feedback in sämtlichen Entwicklungsphasen.

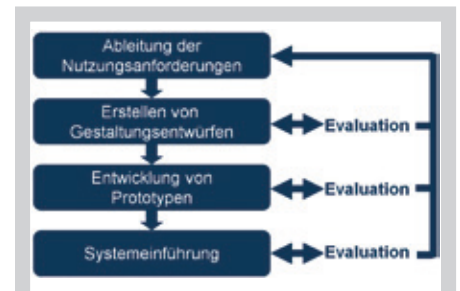


Bild 2: Iterative Herangehensweise des DLR im Bereich Usability-Engineering

## 3 Anwendungsfall ESTW

Im ersten Schritt stand in den Arbeiten am ESTW-Bedienplatz der Zukunft die Ableitung von Nutzungsanforderungen im Vordergrund. Neben einer Aufgabenanalyse der Tätigkeit am Bediensystem wurden in dieser Phase Beobachtungen und Interviews durchgeführt. Zunächst wurde eine strukturierte Aufgabenanalyse zu sämtlichen Tätigkeiten eines Fahrdienstleiters erstellt. Diese Tätigkeiten (sowohl aktive Handlungen als auch Überwachungsaufgaben) wurden mithilfe eines Matrixsystems anhand der Dimensionen der „möglichlichen Kritikalität“ sowie der „Häufigkeit des Auftretens“ einer Aufgabe kategorisiert, um auf diese Weise besonders wichtige Teiltätigkeiten zu identifizieren, die auch in der Systemumgestaltung priorisiert berücksichtigt werden mussten (Bild 3).

Im Folgenden wurden typische Nutzergruppen des ESTW identifiziert mit der Absicht, deren Eigenarten und Bedürfnisse in die Entwicklung des neuen Systembildes gezielt einfließen lassen zu können. In dieser Phase stellte sich vor allem heraus, dass in der Gestaltung eines zukünftigen ESTW-Bediensystems der Spagat zwischen einer älter werdenden Belegschaft auf der einen Seite und der nach-

folgenden Fahrdienstleitergeneration der „digital natives“ mit einer umfangreichen Kompetenz und Affinität in Bezug auf Informations- und Kommunikationstechnologie auf der anderen Seite gelingen muss.

Erst nachdem durch die Vorarbeiten aus Aufgabenanalyse und Nutzeridentifikation der Problemraum klar abgesteckt waren, wurde auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse mit der Erarbeitung von Ideen, Konzepten und Skizzen möglicher Systemverbesserungsmaßnahmen begonnen. Diese zeichnerisch dokumentierten Überlegungen wurden mit potentiellen Anwendern des Systems diskutiert, um festzustellen, welche weiteren Anpassungen erforderlich sind. Dieser Schritt aus Feedback und nachfolgender Überarbeitung wurde im Sinne einer kontinuierlichen Weiterentwicklung des Bedienplatzkonzeptes mehrfach durchlaufen (Bild 4). Anhand eines digitalisierten Bedienkonzeptes wurden abschließend nochmals leitfadenbasierte Interviews mit Experten aus den Bereichen des Bahnbetriebs, des Usability Engineering sowie einer Industriedesignerin geführt. Die zuvor erarbeiteten Konzepte wurden in Form eines Prototyps umgesetzt, der wesentliche Bedienhandlungen abbilden kann und sie demonstrierbar macht.

Häufigkeit \ Wichtigkeit	Häufigkeit		
	Oft	Mittel	Selten
Enorm	Einstellen von Zugstraßen (...)	Bedienung Zusatzsignale (...)	Sperrumgehung (...)
Mittel	Löschen Dispohalt (...)	Umfahrung Zugstraße (...)	Gleiswechsel bekanntgeben (...)
Niedrig	Verspätungsbegründung (...)	EDP öffnen (...)	Weichenauflage anzeigen (...)

Bild 3: Auszug aus der Aufgabenanalyse zu den Tätigkeiten des Fahrdienstleiters

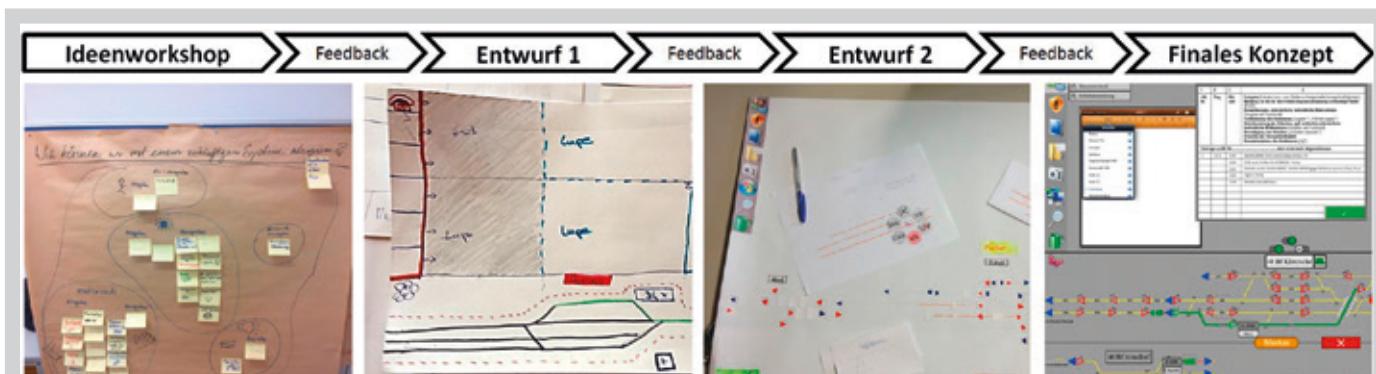


Bild 4: Schrittweise Weiterentwicklung des Bedienplatzkonzeptes durch Entwurfs- und Feedbackphasen

#### 4 Ergebnis und Ausblick

Eine Auswahl der vielfältigen Ideen, die in Zusammenarbeit mit Fahrdienstleitern zu möglichen Optimierungen der Bedienoberfläche des ESTW erarbeitet wurden, wird im folgenden Abschnitt auszugswise vorgestellt.

Ein Vorschlag, der sich regelmäßig im Austausch mit Bedienern wiederfindet, ist die Berücksichtigung der Touch-Interaktion als neue Bedienform des ESTW, alternativ zur Maussteuerung. Die Bedienung sollte idealerweise auf einem einzelnen, multitouchfähigen und hochauflösenden Bildschirm stattfinden. Die Steuerung per Touchscreen kann als Rückbesinnung auf die Vorteile des Drucktastenstellwerks betrachtet werden, in dem Bedienungen direkt über die Interaktion mit dem betreffenden Objekt in der Gleisdarstellung umgesetzt wurden. Dies entspricht einem natürlichen Mapping (Beziehung zwischen Bedienelementen, deren Bewegungen und den Ergebnissen in der Welt) nach Usability-Richtlinien [3]. Für die Einstellung von Fahrstraßen wurden im vorliegenden Entwurf unterschiedliche Bedienmöglichkeiten entworfen. Es soll die Möglichkeit bestehen, eine Start-Ziel-Bedienung auszuführen, indem man auf dem Touchscreen zunächst das Startsignal auswählt, dann das Zielsignal berührt und den Vorgang anschließend mit dem

Druck eines optisch hervorgehobenen Verarbeitungs-Buttons bestätigt. Eine Alternative, die vor allem für den Rangierbetrieb mit zahlreichen Weichenüberfahrten und Gleiswechseln Vorteile bieten könnte, ist die Möglichkeit, eine komplexe Rangierstraße in der Darstellung mit dem Finger auf der Gleisdarstellung nachzufahren, woraufhin eine Vorschau eingeblendet wird, die dann verarbeitet wird (Bild 5).

Eine wesentliche Neuerung des Systems besteht im Verzicht auf die systematische Zweiteilung zwischen den Darstellungsformen Bereichsübersicht und Lupenansicht. Zwischen der zweiten und dritten Entwurfsphase des Bedienkonzeptes entstand zunehmend Konsens in der Bestrebung, zukünftig alle Anzeige- und Bedienvorgänge in einer einzigen topologischen Repräsentation des Stellbereichs vorzunehmen. Dieses „Streckenband“ dient als wesentliches Anzeigeelement, muss permanent sichtbar sein und sich über den gesamten Zuständigkeitsbereich eines Fahrdienstleiters erstrecken. Gleisbelegungen im Streckenband sollen zukünftig nicht mehr alleine durch eine Ausleuchtung des Blocks samt Zugnummer stattfinden, sondern der Zug, der den Block belegt, soll deutlicher als Objekt im Block hervorgehoben werden und so noch besser zu erkennen sein.

Ein weiterer neuer Ansatz besteht in der Verringerung der Anzahl erforderlicher Kommunikationsmittel des Fahrdienstleiters. Während gegenwärtig vielfältige Endgeräte zur Kommunikation zur Verfügung stehen, wie unter anderem analoger Zugfunk, Ortsfunk und GSM-R, soll der Fahrdienstleiter zukünftig nur über ein Headset verfügen, über das jede Art von Sprechverbindung herstellbar ist. Die im gegenwärtigen ESTW etwas sperrig erscheinende Telekommunikationsanzeige sollte durch ein handhabbareres System ersetzt werden. Um beispielsweise einen Triebfahrzeugführer zu kontaktieren, soll in der Bereichsübersicht der entsprechende Zug angetippt werden, wodurch sich ein Kontextmenü öffnet, das die Auswahlmöglichkeit „Anrufen“ enthält (Bild 6). Somit soll aus dem Bediensystem heraus der Ruf aufgebaut werden. Dies ist nur ein Beispiel für die Möglichkeit, über eine direkte Touch-Interaktion mit den Elementen in der Darstellungsfläche die bislang verwendeten verschachtelten Menüs mit mehr oder weniger tiefen Unterebenen entweder ganz abzuschaffen oder zumindest übersichtlicher und verständlicher zu gestalten. Ziel ist es, so die Effizienz der Bedienung zu erhöhen.

Grundlegende Überlegungen sind bezüglich der intuitiven Bedienung in der Menüführung eines zukünftigen Systems anzustellen. Gerade in der Bestrebung, Bediensysteme aus anderen betrieblichen Bereichen in den Verantwortungsbereich des Fahrdienstleiters einzubinden, ist eine Harmonisierung der Bedienlogik der Teilsysteme unerlässlich. Eine Mischung aus Kontextmenüs, baumstrukturartigen Explorermenüs und aufschaltbaren Fenstern führt zu einer Inkonsistenz in der Bedienung und sollte vermieden werden. Inkonsistenzen schränken die Erwartungskonformität des Systems für den Nutzer ein und führen zu einer verringerten Gebrauchstauglichkeit (vgl. DIN EN ISO 9241-110, Grund-

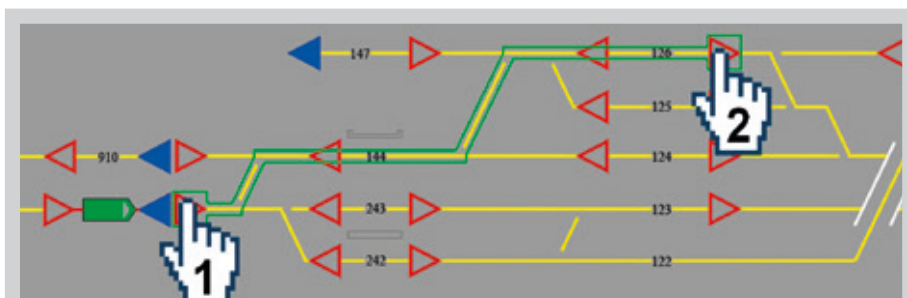


Bild 5: Zugfahrstraße im Streckenband einstellen durch Anwahl eines Start- und Zielsignals. Nach der Bestätigung läuft die Zugfahrstraße in Form einer durchgängigen grünen Linie ein.

sätze der Dialoggestaltung [4]). Aus diesem Grund fiel die Entscheidung in der Gestaltung der Menüformen des neuen Bediensystems auf eine Desktop-/Fensterlösung, die konsequent auf alle Teilsysteme übertragen wird. Definiert man intuitive Interaktion als „eine effektive Interaktion, die mit der unbewussten Anwendung von Vorwissen durch den Benutzer einhergeht“ [5], sollte man gerade in der Planung einer zukünftigen Mensch-Maschine-Schnittstelle des ESTW versuchen, sich domänenübergreifendes Vorwissen der Bediener zunutze zu machen. Vorteilhaft ist hier die Anwendung der Desktop-/Schreibtischmetapher, die sie sich in einem Großteil privat genutzter Betriebssysteme wiederfindet und aufgrund einer hohen Vertrautheit gut auf den neuen Bedienkontext übertragbar ist. In einem Hauptmenü sollten die wesentlichen Funktionen und Systeme zu finden sein, die angewählt werden können und in Form von Fenstern auf dem Bildschirm erscheinen. Diese Fenster können sowohl durch Touch-Gesten, als auch über bekannte Symbole am Fensterrand vergrößert, verkleinert oder geschlossen werden. Zusätzlich sollte als Übersicht der aufgeschalteten Teilsysteme eine Taskleiste am Bildschirmrand eingeführt werden, in der in Form einzelner Felder oder Symbole eine Übersicht aller aktiven Sys-

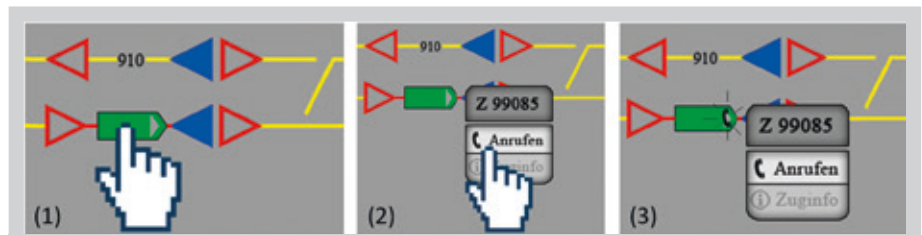


Bild 6: Anruffunktion; (1) Zug auf dem Touchscreen berühren; (2) Im Kontextmenü „Anrufen“ auswählen; (3) Über blinkende Telefonhörerdarstellung wird der Rufaufbau dargestellt

teme geboten wird, die über die Taskleiste, wenn gewünscht, schnell angewählt werden können.

Eine besondere Herausforderung besteht in der Einführung von Vernetzungen eines neuen Systems mit bisher nicht integrierten externen Systemen, beispielsweise einer Schnittstelle zur zuständigen Stelle zur Entstörungsveranlassung (EVZS). Im zukünftigen Bediensystem sollte der Dialogablauf, vor allem im Falle von Störungen, deutlich gestrafft werden. Handlungsabläufe, die für gewöhnlich aufeinander folgen, rücken im erarbeiteten Entwurf in Form automatisch nacheinander geschalteter Dialogfenster, die bearbeitet werden müssen, „näher zusammen“. Dieser Gedanke folgt dem aus der Ingenieurspsychologie stammenden Ansatz des Nähe-Kompatibilitäts-Prinzips [6]. Dieses besagt, dass bei einer Aufgabe, die eine hohe „Prozessnähe“ erfordert (also Teilaufgaben nacheinander bearbeitet werden müssen), auch die „Anzeigennähe“ hoch sein sollte, das heißt die zur Aufgabenbearbeitung erforderlichen Teilsysteme räumlich und zeitlich nah beieinander erscheinen sollten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in zukünftigen Gestaltungsmaßnahmen am ESTW, gerade durch die sich wandelnden Anforderungen an die Aufgaben des Fahrdienstleiters, einer gebrauchstauglichen Gestaltung des Systems eine zunehmende Bedeutung zukommen muss. Gerade im Zuge der wachsenden Automatisierung des Bahnbetriebs kommen auf den Fahrdienstleiter auch zunehmend neue und mehr Steuerungs-, Informations- und Verantwortungsprozesse zu. Es ist daher nachdrücklich zu empfehlen, Wissen über menschliche Wahrnehmungsprozesse und -grenzen bei der Systemgestaltung zu berücksichtigen, ebenso wie Prinzipien des Usability Engineering, wie sie im vorliegenden Artikel in Auszügen vorgestellt wurden. Auf diese Weise kann zukünftig ein wichtiger Beitrag zum nutzerfreundlichen, sicheren und reibungslosen Bahnbetrieb der Zukunft geleistet werden.

**LITERATUR**

[1] Hilbert, M.; López, P.: The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information. Science, April 2011.  
 [2] Mayhew, D. J.: The Usability Engineering Lifecycle. Morgan Kaufmann, 1999.  
 [3] Norman, D.: Design of Everyday Things. Books, 2002, New York: Basic  
 [4] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Ergonomische Anforderungen der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO/DIS 9241 – 110:2004), 2004.  
 [5] Naumann, A. B.; Pohlmeier, A. E.; Hußlein, S.; Kindsmüller, M. C.; Mohs, C.; Israel, J. H.: Design for Intuitive Use: Beyond Usability. Proc. CHI 2008, April 5 – 10, Florence, Italy, pp. 2375–2378. ACM Press.  
 [6] Wickens, C. D.; Hollands, J. G.: Engineering Psychology and Human Performance, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1999.

■ **SUMMARY**

**User-centered system design for rail traffic controllers workplaces**

In the research group Rail Human Factors, the German Aerospace Centre (DLR) focusses on the topic of user-centred design within the railway sector. A key subject is the usability of the human-machine interface of the future rail traffic controller's workplace. As a complementary work parallel to current projects in this field, a collaboration between DLR - scientists and trained rail traffic controllers studying in a sandwich course at the University of Erfurt took place. Based on the methodological background of usability engineering, an innovative interpretation of the user interface of the German electronic interlocking system (ESTW) was developed (see Newsflash in SIGNAL+DRAHT 03/2013). First prototypical propositions for the design of a future interlocking system were developed in an iterative process of design and feedback phases, making use of the advantages of the usability expert's and rail traffic controller's expertise. The design is characterized by a decluttered central display / control panel on a single monitor.

**Der Autor**

Jan Grippenkoven, M. Sc.  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Gruppe Rail Human Factors  
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),  
 Institut für Verkehrssystemtechnik  
 Anschrift: Lilienthalplatz 7,  
 D-38108 Braunschweig,  
 E-Mail: Jan.Grippenkoven@dlr.de

Dr. Anja Naumann  
 Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Leiterin der Gruppe Rail Human Factors  
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),  
 Institut für Verkehrssystemtechnik  
 Anschrift: Lilienthalplatz 7,  
 D-38108 Braunschweig  
 E-Mail: Anja.Naumann@dlr.de

Dr.-Ing. Bärbel Jäger  
 Leiterin der Abteilung Bahnsysteme  
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),  
 Institut für Verkehrssystemtechnik  
 Anschrift: Lilienthalplatz 7,  
 D-38108 Braunschweig  
 E-Mail: Baerbel.Jaeger@dlr.de