

Die Anwendung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien in Leitwarten

Peter JESCHKE, Bettina LAFRENZ, Anna CONRAD, Sascha WISCHNIEWSKI

*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,
Gruppe „Human Factors, Ergonomie“
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: Die Entwicklungstrends in der Spieleindustrie haben unter anderem zum Ziel, die Interaktion zwischen Mensch und Spiel so realitätsnah wie möglich zu gestalten. Gleichzeitig zielen die Entwicklungen im Bereich der assistiven Technologien auf eine den individuellen Anforderungen der Nutzenden gerecht werdenden Interaktion. Als Folge sind die modernen Informations- und Kommunikationstechnologien an der Schnittstelle zwischen Mensch und Computer bzw. Prozess nicht nur vielzählig, sondern ebenso vielfältig. Gleiches gilt auch für die potenziellen Einsatzmöglichkeiten. Somit stellt sich für diesen Beitrag folgende Frage: Gibt es auch moderne Interaktionsformen, welche den Operateuren in Leitwarten potenziell eine aufgabenadäquate Unterstützung bei der Wahrnehmung von Überwachungs- und Steuerungsaufgaben bieten können?

Schlüsselwörter: Leitwarte, Informations- und Kommunikationstechnologien, Hersteller, Betreiber, Aufgabenangemessenheit

1. Überlegungen zum Anwendungskontext

In der Zeit komplexer werdender Arbeitswelten steigen auch die Ansprüche an die Informationsdarstellung. Die Ansprüche betreffen insbesondere die wirklichkeits- und detailgetreue bildliche Darstellung und Übertragung in Echtzeit sowie Koordinierung und Priorisierung von Daten bzw. Informationen durch rechnergestützte moderne Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT). Der verbesserte Informationsaustausch leistet einen wichtigen Beitrag zum Situationsbewusstsein der Entscheidungsträger und ausführenden Personen ebenso wie zur Koordinierung von Maßnahmen in innerbetrieblichen und interorganisationalen komplexen Produktions- und Handlungsprozessen (Andersen und Mostue 2011).

Die Operateure in Leitwarten nehmen durch ihre Überwachungs- und Steuerungsaufgaben in der Sicherheit von Systemen sowie in der Koordination von Informationen und Einleitung von Maßnahmen eine zentrale Rolle ein. Deshalb gilt es umso mehr, eine aufgabengerechte leistungsfähige IKT bereitzustellen, um die Operateure in ihrer verantwortungsvollen Schlüsselrolle zu unterstützen.

Ansätze zur Neugestaltung der rechnergestützten Kommunikation (In- und Output-Geräte) kommen derzeit insbesondere aus Anwendungen zur Spiel- und Freizeitgestaltung sowie zur Unterstützung von Menschen mit Behinderung. Einige Geräte hierzu befinden sich bereits im Verkauf, andere Geräte werden noch im Labormaßstab erprobt. Diese Geräte sollen dahingehend untersucht werden, inwieweit sie Innovationen zu neuen Informationserfassungs- und Darstellungsmöglichkeiten zukünftig bieten können, um einen Leitwartenoperateur in seinen Aufgaben zu unterstützen. Dazu erfolgt die Betrachtung der neuen Technologien und

deren Anforderungen, die an sie für den späteren Einsatz in Leitwarten zu stellen sind. Zu diesem Zeitpunkt wird keine Bewertung dieser Geräte zu Vor- und Nachteilen gegenüber herkömmlichen Rechner-Ein- und Ausgabe- (bzw. In- und Output-) Geräten (Tastatur, Maus, 2D-Monitore etc.) vorgenommen. Auf dem Markt befinden sich ebenso rechnergestützte Geräte, die den Zustand des Nutzers eines Steuerungssystems, z. B. Fahrzeugsteuerung, aufnehmen, um korrigierend auf den Steuerungsprozess einzuwirken. Diese Geräte und deren Anwendung sollen nicht Gegenstand der hier dargestellten Untersuchungen sein.

2. Ein Überblick über technische Konzepte

Der technologische Fortschritt in der Spielbranche an der Schnittstelle zwischen Mensch und Computer besitzt eine hohe Dynamik. Das Ableiten wissenschaftlicher Erkenntnisse, um diese Technologien belastungsoptimiert an Arbeitsplätzen einsetzen zu können, kann damit nicht Schritt halten. Um ggf. innovative Technologien in der Arbeitswelt einsetzen zu können, ist es erforderlich, diese branchenübergreifend zu betrachten und zueinander in Kontext zu setzen. Im Folgenden wird ein Überblick aus einer Literatur- und Internetrecherche über neuartige Möglichkeiten zur Gestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und Computer gegeben.

Die recherchierten Technologien wurden in zwei Gruppen kategorisiert: die Input-Konzepte und die Output-Konzepte.

2.1 Input-Konzepte

Eingabemittel der Inputkonzepte sind benutzergesteuerte Einrichtung, die Informationen zu einem System übertragen (ISO 9241-400, 410, 420). Diese Übertragung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen und lässt sich nach Art der Weiterleitung – orientiert an den Sinnesorganen des Menschen – kategorisieren. So werden im Bereich der Input-Konzepte visuelle, auditive und haptische Konzepte sowie Konzepte zur Nutzung von Biosignalen unterschieden (vgl. Abbildung 1).

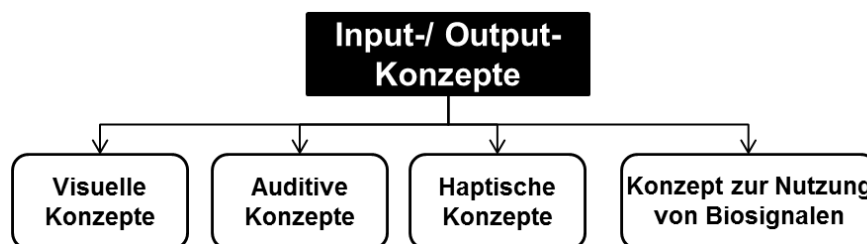


Abbildung 1: Einteilung der In- und Output-Konzepte

Die Eingabe von Informationen mittels eines auf visueller Informationsweiterleitung beruhenden Konzeptes kann bspw. durch Mimik- und/oder Gestensteuerung durchgeführt werden. Die Ausführung bestimmter Bewegungen ist einem festgelegten Befehl zugeordnet. Die Bandbreite der Bewegungen ist vielfältig. Zum Beispiel kann ein Augenzwinkern als „Mausklick“ oder zum Zoomen von Darstellungen fungieren. Die visuellen Konzepte insbesondere im Bereich der Mimik- und Gestensteuerung lassen sowohl zweidimensionale als auch dreidimensionale

Interaktionen zu und halten ein großes Repertoire an Programmierungs- und Einstellungsmöglichkeiten vor (z. B. Strickland et al. 2013). Eine weitere stark wachsende visuelle Befehlseingabe stellt das Eye-Tracking dar (z. B. Chin 2008). Mittels Augensteuerung, d.h. durch Blickbewegung (Bewegung des Mauszeigers) und Blickfixation (Auslösen eines „Mausklicks“), kann mit der grafischen Benutzungsoberfläche interagiert werden. Diese Eingabemethode erlaubt es dem Benutzer die Hände eingabemittelfrei zu halten und ggf. andere Aufgaben mit diesen wahrzunehmen.

Im Gegensatz zu den visuellen Eingabemitteln, die derzeit noch nicht flächendeckend in Anwendungen implementiert sind, weisen die auditiven Konzepte bereits ein breites Anwendungsspektrum auf. Insbesondere Spracheingaben gehören in jedes neue Smartphone und sind zum Teil auch in Kraftfahrzeugen Standardausstattung. Durch Sprachbefehle lassen sich so nicht nur Anrufe durchführen und Kurznachrichten schreiben, sondern auch Navigationsgeräte bedienen.

Die größte Anwendungserfahrung innerhalb der Input-Konzepte haben die Benutzenden in der Regel mit haptischen Konzepten. Unter haptische Eingabemittel fallen nicht nur die klassischen Computermäuse, sondern auch andere Zeigergeräte. Die Eingabemittel können sowohl zweidimensional als auch dreidimensional sein und reichen von Touch-Displays bis hin zu ergonomisch geformten und anwendungsorientierten stationären Tischgeräten. Insbesondere im Bereich der haptischen Konzepte ist eine aufgabenangemessene Auswahl des Eingabemittels erforderlich um negative Belastungen und Beanspruchung des Benutzers zu vermeiden.

Eine weitgehend aus dem Laborkontext und assistiven Technologien bekannte Art der Informationsvermittlung stellen das Brain-Computer-Interface (BCI) und das EMG-Interface dar. Hierbei werden durch Registrierung von Gehirn- bzw. Muskelaktivitäten Aktionen ausgelöst und in Steuerungsbefehle umgesetzt. Die Nutzung von solchen Biosignalen kann auf verschiedene Weise erfolgen. Eine Variante ist die Aufzeichnung der elektrischen Aktivität innerhalb der Hirnrinde mittels Elektroden. Eine andere Art stellt die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) dar. Mit Hilfe der Mustererkennung nach Analyse der erfassten Daten erfolgt die Umwandlung in bestimmte Steuersignale.

2.2 Output-Konzepte

Die Output-Konzepte umfassen Technologien, die Informationen von einem System an einen Nutzenden übertragen. Die Output-Konzepte lassen sich, vergleichbar zu den Input-Konzepten, nach Art der Wahrnehmung einteilen (siehe Abbildung 1).

Visuelle Ausgabemittel sind bspw. Projektionen oder Hologramme, die zweidimensionale oder dreidimensional aufbereitet sein können. Insbesondere die Ausgabe von Informationen durch Projektionen ist vielen Benutzern vertraut.

Eine vergleichbare Aussage lässt sich für einen großen Teil der auditiven Konzepte treffen. Die Informationsausgabe in Form von Tonsignalen oder einem sprachlichen Feedback ist eine verbreitete Technologie um bspw. Benutzende auf Veränderungen von Betriebszuständen aufmerksam zu machen oder Betriebsstörungen zu melden.

Die Ausgabe von Informationen in haptischer Form ist jedem Benutzenden aus dem alltäglichen Gebrauch seines vibrierenden Smartphones bekannt. Haptische Konzepte im Sinne der Informationsausgabe gehen mittlerweile weit über die reine Vibration hinaus. Die Krafrückkopplung (Force Feedback) erzeugt eine fühlbare Information für die Benutzenden und wird derzeit zur digitalen Steuerung von

Fahrzeugen jeglicher Art oder Robotern eingesetzt (z. B. Mönnich 2012).

Im Gegensatz zu den genannten Konzepten lässt sich die Informationsvermittlung durch die Übertragung von Biosignalen eher als ein Forschungsgegenstand und nicht als praxisbewährte Technologie beschreiben. Es hat in vereinzelt Studien Versuche gegeben in denen Biosignale (bspw. Ausführung einer bestimmten Bewegung) von einer Versuchsperson auf eine weitere Versuchsperson übertragen wurden (Rao und Stocco 2014).

Die aufgeführten Technologien geben einen Überblick von Informations- und Kommunikationsprinzipien, mit denen sich die Informationsvermittlung zwischen Benutzenden und Computer, je nach Aufgabenbezug, kurz- aber auch mittelfristig potentiell erweitern lassen.

Diese Technologien werden in einer noch durchzuführenden Umfrage in Kombination mit einer Delphi-Studie mit künftigen Anwendern, Betreibern, Herstellern und Wissenschaftlern hinsichtlich ihres Zukunftspotentials sowie des sicheren Einsatzes bewertet. Für die Bewertung werden die im nachfolgenden Abschnitt beschriebenen Kriterien angesetzt.

3. Kriterien zur Bewertung technologischer Konzepte

Im vorigen Abschnitt wurden zukunftssträchtige technologische Konzepte zur Mensch-Rechner- bzw. Mensch-Maschine-Interaktion vorgestellt. In diesem Abschnitt steht die Identifikation von Technologien im Mittelpunkt, die die Operateure in Leitwarten aufgabenadäquat unterstützen, bei gleichzeitiger Gewährleistung der Prozesssicherheit.

Um ein gemeinsames Begriffsverständnis zu gewährleisten, wird an dieser Stelle aufgabenadäquat, d. h. aufgabenangemessen, definiert. Aufgabenangemessen ist ein IKT-Produkt für die Anwendung in Leitwarten, wenn dessen Funktionalität auf den charakteristischen Eigenschaften einer Aufgabe aufgebaut ist (ISO 9241-110) und damit die sichere, effiziente und wirkungsvolle Erfüllung der Aufgabe ermöglicht (EN 894-1). Für die Anwendung von IKT in Leitwarten geht daraus hervor, dass eine Technologie aufgabenangemessen für den Normalbetrieb sein kann; hingegen nur eingeschränkt aufgabenangemessen für den Sonderbetrieb, wie es beispielsweise das Anfahren eines Prozesses ist. Doch wie kann eine zukunftssträchtige IKT-Technologie zur aufgabenangemessenen Unterstützung der Operateure in Leitwarten identifiziert werden?

Dazu werden im Folgenden Kriterien aus den Bereichen Bereitstellung und Benutzung an die Technologiekonzepte vorgestellt. Die Unterteilung in hersteller- und betreiberseitige Kriterien wurde als zweckmäßig erachtet, um durch eine ganzheitliche Betrachtung Technologiebereiche mit einer hohen Gebrauchstauglichkeit und Akzeptanz zu identifizieren.

Besondere Bedeutung wurde hierbei den primären Mindestkriterien beigemessen: 1. (Weitgehende) Vermeidung von Gefährdungen für den Nutzerkreis, 2. Security und 3. Zuverlässigkeit. Ein Technologiekonzept bzw. ein Produkt musste diesen Kriterien gerecht werden. Ein mangelnder Erfüllungsgrad kann nicht durch alternative Maßnahmen kompensiert werden. Folglich wird empfohlen, bei mangelnder Erfüllung eines dieser Kriterien, das entsprechende Technologiekonzept bzw. das konkrete Produkt von der weiteren Betrachtung auszuschließen.

Im Hinblick auf die Vermeidung von Gefährdungen für den Nutzenden ist es relevant, auch die zeitliche Komponente in die Beurteilung einfließen zu lassen. Damit konnten über die Bewertungsebenen von Arbeitstätigkeiten kurz-, mittel- und

langfristige Folgen berücksichtigt werden. Mit Security wurde der Bereich der Absicherung gegenüber Eingriffen von unberechtigten Dritten adressiert. Neben Kriterien für den Schutz der Gesundheit und der Systemsicherheit wurden mit Zuverlässigkeit funktionale Eigenschaften des Technologiekonzeptes einbezogen. Hierbei war es wichtig zu beachten, dass der Zuverlässigkeit eines Produktes ein integrales Konzept, unter Berücksichtigung des Anwendungskontextes und der Nutzergruppen bezogen auf die gesamte Lebensdauer, zu Grunde liegt.

Um detailliert beurteilen zu können, ob ein Technologiebereich eine aufgabenadäquate Unterstützung bieten und die Prozesssicherheit gewährleisten kann, bilden folgende Kriterien aus dem Bereich Bereitstellung (Hersteller) die Grundlage. Dieser Bereich unterteilt sich in Gebrauchstauglichkeit – im engeren Sinne Effizienz, Effektivität und Zufriedenheit – sowie weitere Gestaltungsgrundsätze (siehe Abbildung 2)

Weitere Gestaltungsgrundsätze umfassen die Konzepte Barrierefreiheit bzw. Adressieren eines möglichst großen Nutzerkreises (EN 614-1), Individualisierbarkeit (EN 614-1), insbesondere Berücksichtigung von Körpermaßen, -haltungen, -bewegungen, -kräften und psychischen Fähigkeiten (EN 614-1), Lernförderlichkeit (EN 614-1), Steuerbarkeit (EN 894-1), Fehlerrobustheit (EN 894-1), Selbstbeschreibungsfähigkeit (EN 894-1), Lernförderlichkeit und Verständlichkeit (EN 894-1).

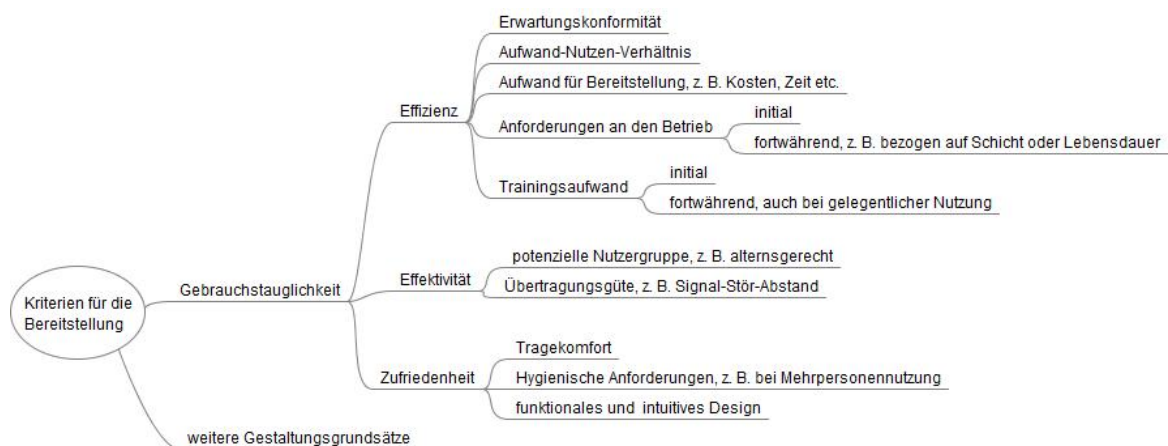


Abbildung 2: Kriterien für die Identifikation zukunftssträchtiger IKT in Leitwarten aus dem Bereich Bereitstellung

Eine weitere Grundlage für die Bewertung der Technologiekonzepte stellen die Eigenschaften aus dem Bereich der Benutzung (Betreiber) dar. Dazu gehören das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept, Wechselwirkungen mit anderen Elementen des soziotechnischen Arbeitssystems Leitwarte und die Migration.

Hinsichtlich des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts erfolgten eine Beurteilung der Einsetzeignung und der Konsequenzen des Einsatzes bei verschiedenen Betriebszuständen. Zu den Betriebszuständen gehören, z. B. der Normalbetrieb und Betriebszustände mit erhöhter Belastung des Operateurs, wie An- und Abfahrvorgänge, Instandhaltung und Reinigung, Betriebsstörungen und sich anbahnende Störungen.

Die Arbeitsmittel an der Mensch-Rechner- bzw. Mensch-Maschine-Schnittstelle stehen immer in Wechselwirkung mit anderen Elementen des soziotechnischen Arbeitssystems (ISO 26800). Respektive bildeten die Wechselwirkungen mit 1. Aufgabengestaltung, 2. Gestaltung der grafischen Benutzungsschnittstellen bzw. von Stellteilen, 3. die räumliche Umgebung, z. B. mit anderen Arbeitsmitteln oder Mobi-

liar, 4. die physikalische Umgebung, die organisationsbezogene Umgebung, z. B. Arbeitsablauf und -organisation sowie die 5. soziale und kulturelle Umgebung eine weitere Grundlage für die Bewertung.

Eigenschaften von Technologiekonzepten bezogen auf die Migration bilden den letzten Bewertungsbaustein. Die Bewertungskriterien umfassen Wechselwirkungen mit früheren Arbeitsmitteln und gewohnten Arbeitsweisen bzw. mentalen Modellen, unter Berücksichtigung der Belange von älteren Nutzenden.

Auf Basis dieses Kriterienkatalogs konnten die Technologiekonzepte einer ersten Bewertung unterzogen werden.

4. Fazit

Aus den vorgestellten Technologiebereichen werden auf Basis der Bewertungskriterien alle Technologien als zukunftssträftig angesehen und in die weiteren Betrachtungen einbezogen. Hierbei wird akustischen Displays eine besondere Rolle zugewiesen. Um die akustische Belastung zu optimieren kann auf etabliertes Gestaltungswissen zurückgegriffen werden. Die Nutzung von Biosignalen ist noch nicht praxistauglich um den hohen Anforderungen an Arbeitsmittel in Leitwarten gerecht zu werden. Die beschriebenen Technologien bieten neue Möglichkeiten der aufgabenangemessenen Aufbereitung von Informationen durch wirklichkeits- und detailgetreue Darstellungen. Damit haben sie das Potential, das Situationsbewusstsein der Operateure zu stärken und damit situationsgerecht zu reagieren.

5. Literatur

- Andersen S, Mostue BA (2012) Risk analysis and risk management approaches applied to the petroleum industry and their applicability to IO concepts. *Safety Science* 50(10): 2010-2019.
- CEN, European Committee for Standardization (2009) Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze. EN 614-1.
- CEN, European Committee for Standardization (2009) Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 1: Allgemeine Leitsätze für die Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen. EN 894-1.
- Chin CA, Barreto A, Cremades JG, Adjouadi M (2008) Integrated electromyogram and eye-gaze tracking cursor control system for computer users with motor disabilities. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 45(1): 161-174.
- ISO, International Standardization Organization (2008): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung. ISO 9241-110.
- ISO, International Standardization Organization (2007): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 400: Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte. ISO 9241-400.
- ISO, International Standardization Organization (2012): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 410: Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte. ISO 9241-410.
- ISO, International Standardization Organization (2011): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 420: Auswahlverfahren für physikalische Eingabegeräte. ISO 9241-420.
- ISO, International Standardization Organization (2011): Ergonomie – Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte. ISO 26800.
- Mönnich H (2011): Ein Steuersystem für die telemanipulierte und autonome robotergestützte Chirurgie. Dissertation, KIT, Fakultät für Informatik, KIT Scientific Publishing.
- Rao RPN, Stocco A (2014) When two brains connect. *Scientific American Mind* 25, 36 – 39.
- Strickland M, Tremaine J, Brigley G, Law C (2013): Using a depth-sensing infrared camera system to access and manipulate medical imaging from within the sterile operating field. *Canadian Journal of Surgery* 56(3): E1-E6.