

Neue Konzepte multimodaler Bedienung mobiler und stationärer Maschinen und Anlagen

Jens KRZYWINSKI¹, Sebastian LORENZ¹, Anja KNÖFEL²

¹ Juniorprofessur für Technisches Design, TU Dresden, D-01069 Dresden

² Professur für Mediengestaltung, TU Dresden D-01069 Dresden

Kurzfassung: Im Kontext professioneller Anwendungen stellt die Schnittstelle zwischen der Maschine und dem Bediener ein Faktor für das effiziente und sichere Funktionieren der Anlagen dar. Dabei sind die Bedienaufgaben schon heute durch eine große Komplexität und Aufgabenvielfalt gekennzeichnet. Im Bereich der stationären und mobilen Arbeitsmaschinen zeigt sich, dass die maschinen- und systemseitige Komplexität und die Dynamisierung der Prozesse noch weiter steigen werden. Dem gegenüber stehen Interaktionssysteme, die noch wenig auf die Bedürfnisse und Fähigkeiten der Nutzer eingehen. Es sind schon jetzt Produktivitätsdefizite des Mensch-Maschinen-Verbandes festzustellen. Dieses droht durch die Veränderungen der Maschinen noch stärker zu werden.

Dieser Beitrag zeigt, dass für eine Verbesserung der Bedienbarkeit der Maschinen und die Unterstützung der Bediener im Umgang mit neuen Systemen und vernetzten Anlagen die Nutzerschnittstellen eine große Bedeutung hat und ergründet Potenziale dieser Schnittstellen. Neben der generellen Einbeziehung der Nutzer in den Entwicklungsprozess in Form einer stärkeren Berücksichtigung physischer und psychischer Anforderungen sowie Fähigkeiten des Menschen, stellen vor allem durchdachte, adaptive und intelligente Interaktionssysteme ausreichend Potenzial zu Verfügung, um den sich ändernden Ansprüchen an zukünftige Mensch-Maschine-Verbünde zu erfüllen. Während aktuelle Interaktionssysteme vorrangig auf einer visuellen Kommunikationsvermittlung basieren können multimodale Interaktionssysteme genutzt werden, um die komplexen Informationsstränge mit dem Ziel einer besseren Verarbeitbarkeit zu trennen. Dafür gilt es zu untersuchen welche Informationen über welche Modalitäten sinnvoll hinsichtlich der Usability und User-Experience bereitgestellt werden können.

Dieser Fragestellung nähern sich aus einem Anwendungskontext mehrere nutzerorientierte Bedienkonzepte für stationäre und mobile Arbeitsmaschinen. Diese zeigen wie solch eine multimodale Interaktion mit professionellen Maschinen aussehen kann und stellen eine wichtige Basis zur Analyse und Bewertung zur Verfügung.

Schlüsselwörter: HMI, professionelle Arbeitsmaschinen, stationäre Arbeitsmaschinen, mobile Arbeitsmaschinen, Interaktion, Design

Die Forschung an der Juniorprofessur für Technisches Design der TU Dresden stellt den Mensch in den Mittelpunkt der Produktentwicklung. Dabei spielen besonders Charakteristika und Methoden zur Beurteilung von User Experience im Umgang mit Produkten und deren Einfluss und Potenzial für eine verbesserte

menschzentrierte Produktentwicklung in professionellen Arbeitsumfeldern eine wichtige Rolle. Der Schwerpunkt liegt dabei neben Konsumprodukten wie Kommunikations- und Handwerkzeugen auf stark technisch determinierten Investitionsgütern wie Nutzfahrzeugen, Maschinen und Anlagen.

1. Mensch-Maschine-Interaktion in professionellen Anwendungen

Professionelle Anwendungen sind durch Wertschöpfung unter Einsatz von Produktionssystemen und Maschinen gekennzeichnet. Arbeitsmaschinen sind technisch determiniert und strengen ökonomischen Kriterien in allen Lebensphasen unterworfen. Tätigkeiten in diesem Bereich erfordern in der Regel spezifisches Fachwissen und Erfahrungen. Typische Nutzer sind zum Beispiel Facharbeiter, Maschinenbediener, oder Anlagen-Supervisor. In verstärktem Maße sind diese Arbeitsfelder durch eine zunehmende Computerisierung und steigende Interdisziplinarität gekennzeichnet. In vielen dieser professionellen Anwendungen kommen stationäre und mobile Arbeitsmaschinen wie Produktionsanlagen, Werkzeugmaschinen, Land-, Bau- und Forstmaschinen zum Einsatz.

Die Bedienung solcher Arbeitsmaschinen setzt eine Schnittstelle zwischen dem Produkt mit seinen einstell- und überwachbaren Parametern und dem Menschen mit seinen Wahrnehmungs-, Interaktions- und kognitiven Fähigkeiten voraus. Diese Mensch-Maschine Schnittstelle (MMS, im englischen HMI – Human Machine Interaction) vermittelt maschineninterne Informationen und bietet Interaktionsmöglichkeiten für den Bediener. Solange Maschinen noch nicht vollautomatisch, also ohne jedes Intervenieren eines Menschen funktionieren, ist neben der technischen Weiterentwicklung der Maschine zur Steigerung von Effizienz, Durchsatz etc. die Auslegung dieser Schnittstelle ein entscheidender Faktor für die Gesamtperformance und deren Akzeptanz durch den Nutzer (Geisberger & Broy 2012, Acatech 2011).

Im Ansatz des Human-Centered-Designs (HCD) wird verstärkt der Bediener bei der Maschinenentwicklung berücksichtigt. HCD integriert neben instrumentalen Nutzeranforderungen (z.B. Gebrauchstauglichkeit) auch nicht-instrumentale Anforderungen (ästhetische, symbolische und motivationale) Parameter als Entscheidungsgrundlage in den Produktentwicklungsprozess (Thüring & Mahlke 2007). Die nicht-instrumentalen Anforderungen spielen in eine Thematik ein, die als Nutzererleben (User Experience) bezeichnet wird. Mit ihr lässt sich beschreiben, wie der Mensch seine Umgebung und in diesem speziellen Fall die Maschine subjektiv bewertet. Ein positives Erleben ist dabei entscheidend für ein motiviertes Arbeiten. Das Nutzererleben zu messen gibt es grundsätzlich unterschiedliche Methoden, die Rückschlüsse über die individuelle Wahrnehmung eines Nutzers liefern und als Entwicklungsparameter genutzt werden können (Wölfel et al. 2015). Während diese Nutzerorientierung im Bereich der Entwicklung von Konsumgütern bereits breite Verbreitung gefunden hat (Wölfel et al. 2015), fehlt eine solche Berücksichtigung im Investitionsgüter Bereich noch überwiegend (Perott 2015). Das führt bereits heute dazu, dass die technischen Potenziale nicht ausgenutzt werden können. Dieses Problem wird sich durch die Veränderung der professionellen Arbeitswelt in Zukunft verstärken, wie im Folgenden beschrieben werden wird.

2. Status Quo und Entwicklungen im Bereich stationärer und mobiler Arbeitsmaschinen

2.1 Stationäre Arbeitsmaschinen

Moderne Produktionsanlagen sind als komplexe Verschaltungen hochspezialisierter Maschinen verschiedener Hersteller konzipiert, hergestellt und aufgebaut. Durchsatz und Leistung dieser Anlagen sind in den letzten Jahren gestiegen. Immer häufiger sind die Anlagen mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet, die den maschinenseitigen Arbeitsprozess überwachen. Diese Entwicklung geht zudem mit einer steigenden Automatisierung einher, die auf Basis einer programmierten Anweisungsfolge und Zuhilfenahme der sensorisch erfassten Informationen selbstständig große Teile der Steuerung übernimmt (Bauer 2013).

Das hat dazu geführt, dass sich die Aufgaben eines Maschinenbedieners in den Bereich einfacher Bedienanweisungen, Beobachtungen bzw. Prozessüberwachung und Korrekturingriffe in die Programmierung und damit aus dem eigentlichen Prozess heraus verschoben haben. Das zentrale Bedienterminal ist das Hauptinteraktionselement. Dieses dient sowohl der Überwachung der Informationsstruktur als auch der Wartung und Programmierung. Die Bediener müssen häufig mehrere Maschinen, mit unterschiedlichen Bedienungsumgebungen überwachen. Diese Anforderungen setzen ein hohes Verständnis für die Maschinenprozesse und die Steuerung voraus. während gleichzeitig als Arbeitskräfte häufig Leiharbeiter eingesetzt werden.

Die Bedienterminals selbst nutzen Signallampen, Anzeigefelder, Taster oder Software über ein Visualisierungssystem sowohl für die Informationsbereitstellung als auch für die Steuerung. Den aktuellen Stand der Technik, stellen berührungssensitive Displays dar, die dem Bediener über komplexe Mehrebenen-Interfacearchitektur Zugriff auf die Maschinen- und Programmparameter erlauben. Aufgrund des Preisdrucks im Industriegütergewerbe und der hohen Maschinenvarianz finden oft wenig benutzerfreundliche und nicht hinreichend untersuchte Bedienlösungen Verwendung (Liebecke 2014).

Unter dem Schlagwort der intelligenten Fabrik (smart Factory) vollzieht sich die auch als Industrie 4.0 bezeichnete Wandlung hin zu einer „intelligenten“, weitestgehend automatisierten und vernetzten Produktionsanlage. Diese Vernetzung verschiedener Maschinen untereinander stellt den wohl weitreichendsten Wandel im Bereich der Produktionsanlagen dar. Ziel ist die Optimierung und Effizienzsteigerung von Maschinenverbänden. Technisch ermöglicht wird dies durch cyber-physikalische Systeme (CPS), die als Verbund aus informationstechnischen, mechanischen und elektronischen Komponenten miteinander kommunizieren. Dies ermöglicht beispielsweise eine automatisierte Anpassung der Produktionslinie an Auftragsbestände, eine automatisierte Inbetriebnahme und Rekonfiguration von Anlagen sowie eine situative Balancierung der Auslastung einzelner Maschinenverbände oder des gesamten Anlagennetzes (Knöfel 2014).

2.2 Mobile Arbeitsmaschinen

Im Bereich der mobilen Arbeitsmaschinen stellt die Arbeitsleistungs- oder Ertragssteigerung die wesentliche Motivation für Weiterentwicklungen dar. Die schlägt sich in der Steigerung ihrer Größe, Gewicht und installierter Motorleistung aber auch einer systemseitigen Komplexitätssteigerung nieder. Diese resultiert unter

anderem aus Qualitätssteigerungen bei Prozesszeiten, Ressourceneinsatz und der Verbesserung von Sicherheitssystemen (Knöfel et al. 2014).

Gestiegen sind auch die Anforderungen an Flexibilität und Effizienz der Maschinen um die hohen Maschinenkosten einem breiten Einsatzspektrum einerseits und der Adaptierbarkeit auf unterschiedliche Einsatzanforderungen andererseits gegenüberzustellen. Zu sehen ist dieses Bestreben auch vor dem Hintergrund das mobile Arbeitsmaschinen zunehmend in der Hand von Lohnunternehmen eingesetzt werden, die ihre Maschinen für eine Vielzahl an Aufträgen einsetzen. Diese Flexibilisierung zeigt sich auch in dem enormen Funktionsumfang und die Vielzahl an Einstellbaren Maschinenparametern, die die Bediener einzustellen haben. Dass lediglich 60 bis 70% der technisch verfügbaren Leistung tatsächlich genutzt wird, zeigt auch, dass die Bediener die Maschine oft nicht optimal einstellen können (Herlitzius 2010).

Aktuell erfolgt die Bedienung mobiler Arbeitsmaschinen über eine große Bandbreite überwiegende physischer Schnittstellen wie Joysticks, Pedale, Lenkräder und verschiedene Taster und Hebel bedient. Dabei finden sich in den Bediensystemen sowohl durchdachte Multifunktionssteuerelemente und logische Bedieninseln, aber auch viele Zukaufteile unterschiedliche Hersteller (Knöfel et al. 2014). Ergänzend dazu haben sich auch im Bereich der mobilen Arbeitsmaschinen Displaylösungen zur Informationsvisualisierung aber mithilfe von Softkeys oder zunehmend auch Touchfunktionen, als interaktive Steuerelemente etabliert. Die dafür erforderlichen grafischen User Interfaces weisen dabei im Rahmen hoher Prozesskomplexitäten ebenso Schwachstellen auf (Knöfel et al. 2014).

Um eine bessere und effizientere Bedienung der komplexen Maschinen zu ermöglichen, sind viele dieser Maschinen mittlerweile mit automatisierten Funktionen und Assistenzsystemen ausgerüstet (Willhardt 2014), die das Einstellen unterschiedlicher Parameter übernehmen und den Nutzer so entlasten. Grundlage dafür sind ein tieferes Prozessverständnis, aber auch technologische Entwicklungen. Vor allem die umfassende Integration von Elektronik und Informationstechnologien in die Maschinen- und Prozesssteuerung sind hier zu nennen (Knöfel et al. 2014).

Das Arbeitsumfeld und speziell die Maschinenbedienung ist dennoch nach wie vor durch hohe Anforderungen an Bedienerfahrung und Prozessverständnis gekennzeichnet.

„Die Anforderung zur weiteren Erhöhung der Verfahrensleistung innerhalb der gesetzlichen Beschränkungen und unter Realisierung bodenschonender Fahrwerke hat bestehende Maschinenkonzepte aber inzwischen an ihre Grenzen gebracht. Gegenüber technologischen Optimierungen bietet die Optimierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle ein großes Potenzial.

Auch im Bereich der mobilen Arbeitsmaschinen zeichnet sich ein Einfluss der Industrie 4.0-Bewegung ab. Die Verschiebung von einer isolierten Weiterentwicklung einzelner Maschinen hin zu einer Prozessweiten Betrachtung führt zu ersten Ansätzen systemweit und Standortübergreifender Vernetzung der teilweise schon heute autonom agierenden Maschinen (Wetzel, Claas 2015, Pöllath 2014).

3. Problemanalyse

3.1 Veränderung der Arbeitsumgebung

In den beiden Einsatzbereichen professioneller Arbeitsmaschinen zeigt sich eine Veränderung der zu steuernden Systeme zu hochkomplexen und dynamisierten Arbeitsumgebungen. Diese Entwicklung speist sich dabei einerseits aus einer quantitativen Komplexität, welche die steigende Anzahl von Einzelmaschinen in einem System sowie der strukturellen Komplexität auf Prozess- und Funktionsebene berücksichtigt (Johannsen 2013; Patzak 2013). Darüber hinaus gewinnt der gesamte Markt durch vielfältige Nutzergruppen und Akteure, steigende Produktvielfalt und sinkende Stückzahlen bei steigenden Anforderungen an Verfügbarkeit, Lieferzeiten, Produktqualität, Umweltverträglichkeit an Komplexität.

Ein weiterer Trend beschreibt die Flexibilisierung bei der Skalier- und Konfigurierbarkeit der Maschinen als Antwort auf eine Aufweitung der Einsatzanforderungen und Kundenwünsche und die unterschiedlichen Rahmen eines globalen Marktes (Halang 2011).

Im Kontext von Industrie 4.0 ermöglichen CPS weitere Dezentralität und (Maschinen)Autonomie (Bauernhansl et al. 2014). Die Verfügbarkeit von Maschinen-daten und deren Vernetzung werden die Komplexität der Arbeitsumgebung weiter erhöhen. In der Konsequenz stellt die Beherrschbarkeit dieser Veränderungen vor allem aber der Komplexität einen wesentlichen Wettbewerbsfaktor dar (Roland Berger Strategy Consultants/BDI 2015).

Die Digitalisierung der Arbeitsabläufe, die Vernetzung der Systeme und die Spreizung der zu überwachenden Systemaufgaben und die generelle Komplexitätssteigerung der Prozesse, Anlagen und Maschinen führt zu einer wachsenden Informationsdichte. Die Dynamisierung der Prozesse als Konsequenz einer flexiblen Dienstleistungsstruktur erschweren zusätzlich die Steuer- und Koordinationsaufgaben im professionellen Umfeld.

3.2 Bedeutung für die Arbeitsaufgaben

Diese Veränderungen führen zu einer rapiden Veränderung von Arbeitsaufgaben und die Erhöhung der Qualifikationsanforderungen für die Beschäftigten (Cernavin et al. 2015). Diese sehen sich zunehmend der Änderung von einer Steuernden zu einer auf mehreren Ebenen und strukturübergreifend überwachenden Tätigkeit gegenüber. Diese sind zunehmend durch „erhöhte Anteile an Problemlöse- und Überwachungstätigkeiten, neue Formen der Informationsbereitstellung sowie größere Mengen an zu verarbeitenden Informationen veränderte psychische Belastungen und Beanspruchungen gekennzeichnet“ die diese nicht ohne Weiteres leisten können. Denn der steigende Informationsfluss steht einer begrenzten kognitiven Belastbarkeit des Menschen gegenüber (Haunberger 2013; Dombrowski, 2014).

Den sich verändernden Anforderungen aus der Anwendung heraus stehen auch auf Seiten der Nutzer Veränderungen gegenüber. Zu nennen ist dabei der demografische Wandel unserer Gesellschaft, der auch Einfluss auf das Produktionsgewerbe haben wird. Zu den Effekten gehören die Alterung der Belegschaft und deren altersbedingte Einbußen der kognitiven Leistungs- und Reaktionsfähigkeit, sowie ein Mangel an Fachkräften für die Unternehmen. Die

erfahrenen Angestellten in der Firma zu behalten wird umso wichtiger um dem Verlust von Nutzererfahrung und Wissen vorzubeugen.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Schnittstelle zwischen technischer Ausstattung und Bediener weiterhin an Bedeutung. Bereits jetzt stellt die Interaktion zwischen Mensch und Technik eine signifikante und deshalb auch kritische Größe für den Erfolg in der Produktion dar, die mit der Anzahl zu bedienender Maschinen an Komplexität für den Bediener nochmals an Einfluss gewinnt.

4. Möglichkeiten nutzerorientierter und multimodaler Mensch-Maschine-Interaktionssysteme

4.1 Zentrale Rolle der Mensch-Maschine Schnittstelle und Potenzial multimodaler Interaktion

Die Unterstützung der Nutzer muss dieser gestiegenen Komplexität angepasst werden. Um die Komplexität und die Steuerprozesse der computergestützten Maschinensteuerung für die Bediener handhabbar zu machen ist eine aufgabenorientierte Übersetzung notwendig. Gleichzeitig sollten die Informationsströme der Maschinenprozesse verständlicher und transparenter, die Sachverhalte einfach und intuitiv dargestellt werden um die Mensch-Maschine-Interaktion im Sinne der Usability sowohl effizient als auch mit niedrigen Fehlerraten als auch verbunden mit einem positiven Nutzungserlebnis zu gestalten. Neben der generellen Einbeziehung der Nutzer in den Entwicklungsprozess und eine stärkere Berücksichtigung physischer und psychischer Anforderungen und Fähigkeiten des Menschen, stellt die Dynamisierung der Interaktionssysteme, im Sinne aufgaben- und situationsadaptiver Interfaces, eine vielversprechende Möglichkeit dar, um der steigenden Informations- und Steuerflut gerecht zu werden. Die Individualisierungsfähigkeit von HMI-Schnittstellen kann dazu beitragen der hohen Einsatzvielfalt gerecht zu werden. Auch die Anpassung an die individuellen Bedürfnisse und Fähigkeiten des Nutzers (Haunberger 2013) können dabei helfen die Bedienung komplexer Systeme zu erleichtern. Der bisher nahezu ausschließlich verfolgte Ansatz funktionaler Technikoptimierung ist für diese Anforderungen unzureichend und sollte durch einen menschenzentrierten, am konkreten Bedienszenario und dem individuellem Bediener ausgerichteten Ansatz ersetzt werden.

Dazu nutzen aktuelle Bedienlösungen vorrangig visuelle Informationsdarstellungen, meist dargestellt auf zentralisierten Bedienterminals. Im Zuge einer Dynamisierung bei der Kommunikation und Aufbereitung komplexer Zusammenhänge sollen dezentrale und multimodale Ansätze geprüft werden.

Insbesondere um der Komplexität aktueller und zukünftiger Bedien- und Überwachungsaufgaben zu begegnen bieten multimodale Interaktionssysteme vielversprechende Möglichkeiten. Multimodal bezeichnet dabei die Einbeziehung mehrerer Wahrnehmungskanäle (Burmester et al. 2015). Also zum Beispiel neben der visuellen auch auditive, taktile, haptische, olfaktorische und gustatorische Interaktion zu nutzen.

Dabei ermöglicht die Aufteilung einzelner Bestandteile des gesamten Informationsstranges auf verschiedene Wahrnehmungskanäle, aber auch die Kombination mehrere Kanäle mehr Freiräume und Möglichkeiten Informationen nach ihrer Art und Bedeutung besser einzuordnen. Solche Möglichkeiten bieten zum Beispiel interaktive Objekte (Tangible User Interfaces/Tangibles), fluide oder

granularen Interaktionsmedien sowie am Körper getragene Interaktionsschnittstellen (Oviatt 2003). Im Forschungsfeld der „Natural Userinterfaces“ werden unter anderem flexible Interaktionsschnittstellen und Gesteninteraktion in Fläche und Raum, sowie sprachbasierte Interaktion mittels Voice User Interfaces (VUI) untersucht.

Bei der Erweiterung der Interaktion auf mehrere Kanäle gilt es zu untersuchen welche Informationen über welche Modalitäten im Sinne der Usability und User-Experience sinnvoll bereitgestellt werden kann. Dieser Fragestellung, nach in speziellen Anwendungskontexten verorteten multimodalen Interaktionsszenarien nähern sich aus einem Anwendungskontext mehrere nutzerorientierte Bedienkonzepte für stationäre und mobile Arbeitsmaschinen, welche eine möglichst realitätsnahe Basis zur Bewertung und Untersuchung zur Verfügung.

4.2 Konzept für eine Verpackungsmaschine

Der zentrale Benutzerschnittstellenansatz dieses Entwurfes behandelt ein digitales Leitsystem, das dem Nutzer bei seinen normalen Abläufen und in Problemsituationen zu unterstützt. Eine Dezentralisierung der Steuer- und Kommunikationsschnittstellen und die Einbindung verschiedener Visualisierungs- und Anzeigetechnologien soll die Zuordnung und Bewertung der dargestellten Informationen für den Benutzer erleichtern.

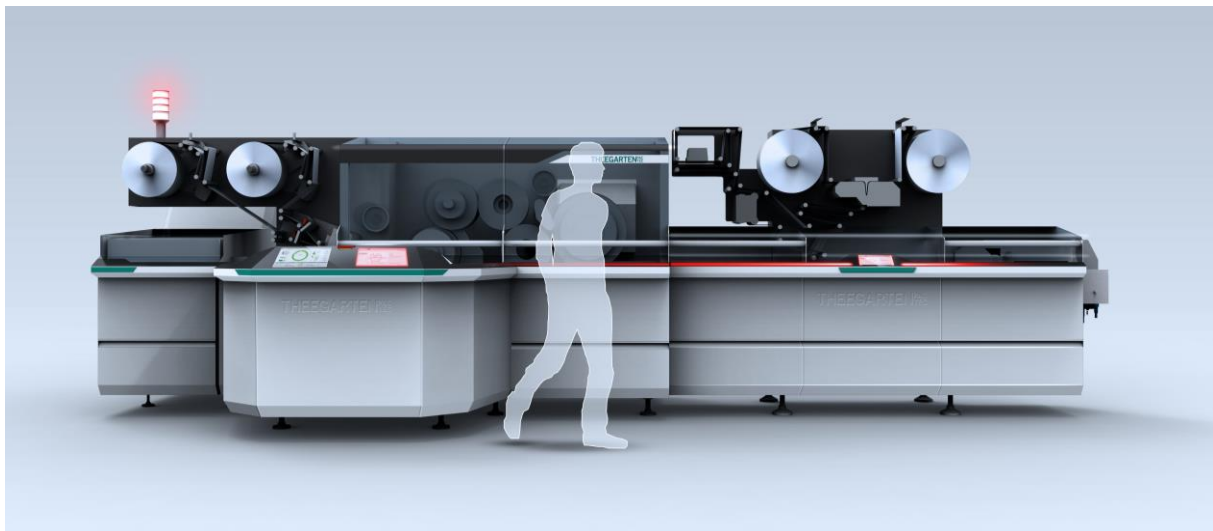


Abbildung 1: Designentwurf für eine Verpackungsmaschine (Liebecke 2014)

Ein besonders breites Primärdisplay ist dabei in der Lage zwei Fenster parallel anzuzeigen, falls der Bediener neue Einstellungen vornimmt den aktuellen Prozess weiterhin im Auge zu behalten. Die Aufteilung der Informationsvisualisierung und -interaktion wird hier genutzt, um Informationen des aktuellen Maschinenstatus und Informationen zum Gesamtprozess und geplante Aufgaben zu trennen. Bei einer Störung der Anlage, weist zu nächst eine Signalleuchte am oberen Maschinengehäuse auf diese Störung hin. Für den Entwurf wurde bewusst eine erhöhte Position für die Signalleuchte gewählt, um eine Störung auch in größeren Fabriken mit langen Prozessstraßen zu erkennen. Erreicht nun ein Bediener das Maschinensystem, kennzeichnet das zentrale User-Interface, mit einem rot pulsierenden Leitlicht, dem Bediener direkt die ungefähre Position der Störung. An der Position der Störung werden dem Nutzer nun weitere Informationen zur

Verfügung gestellt. Diese Meldung informiert den Nutzer, welche Ursache diese Störung verursachen und wie er diese beheben kann. (Liebecke 2014)

4.3 Konzepte für Assistenzsoftware



Abbildung 2: Darstellungen einer assistiven Bedienoberfläche zur Steuerung von Industrieanlagen (Xu & Kunack 2015).

Dieses Konzept für eine assistive Maschinensteuerung soll die Bedienungserleichterung durch die Verwendung eines zentralen, einheitlichen User-Interfaces erreichen und berücksichtige dabei wesentliche Entwicklungen der „Smart Factory“-Vision. Die umfängliche Vernetzung der Maschinen und Anlagen soll hier für eine effizientere und transparentere Maschinensteuerung genutzt werden. Dazu werden alle prozessrelevanten Informationen wie zum Beispiel die individualisierten Bestellungen der Kunden, die Angebote der Zulieferer, die Liefertermine der Logistikunternehmen, die Anpassungen der Ingenieure und Informatiker, etc zentral erfasst. Das Assistenzsystem soll diese Informationen live abrufen können und dem Bediener übersichtlich aufbereiten. Diese Bereitstellung hängt dabei von der Arbeit und der Stellung des Angestellten ab und soll diesen plattformübergreifend zum Beispiel neben dem stationären Bedienterminal via Smartphones, Tablets oder Smartwatches zur Verfügung gestellt werden.

In seiner Ausführung besitzt das Interface drei Ebenen, was die Navigation konsistent und nachvollziehbar macht. Durch seitliches Wischen, gelangt man vor und zurück in der Ebenenstruktur. Die oberste Ebene ist die Übersichtskarte, auf der Maschinen, Aufgaben, Lager und ähnliche Objekte in Ihrem lokalen Zusammenhang gezeigt werden. Durch das anwählen eines dieser Elemente gelangt man in die zweite Ebene. Eine Grafik zeigt alle Funktionsgruppen einer Maschine, sowie den Betriebszustand und Statusmeldungen. Hier kann man nun konkrete Elemente auswählen. Dabei könnte es sich um Baugruppen, Einzelteile und deren Lagerbestände oder Statusmeldungen handeln. Welche der dritten Ebene, der Detailebene angehören (Xu & Kunack 2015). Diese anlagenweite Vernetzung ermöglicht eine, über den gesamten Fertigungs- und Logistikprozess gespannte, Informationsbereitstellung und ermöglicht dem Maschinenbediener von morgen einfacher und eigenverantwortlicher große Maschinenverbände fernzusteuern und zu überwachen.

4.4 HMI-Konzepte für ein Wendemährescherkonzept

Das agrartechnische Systemkonzept des Wendemähreschers benutzt zwei getrennte Kabinen. Während eine ausschließlich für die Operation des Fahrzeuges auf dem Feld genutzt wird, bietet die zweite, an der „Rückseite“ des Fahrzeuges befindliche, die Möglichkeit das Fahrzeug auf der Straße steuern. Durch den Wechsel der Fahrtrichtungen zwischen Feld- und Straßeneinsatz entfällt das abkoppeln des Schneidwerkes und bietet so eine Zeitersparnis bei der Inbetriebnahme (Schreiber 2013).



Abbildung 3: Interaktionselemente eines neuartigen Bedienkonzeptes für Mährescher (Apitz 2014)

Das Bedienkonzept für die Mähreschersteuerung kombiniert die ergonomische und funktionale Auslegung der Bedienarmlehnen und die Integration einer Informationsanzeige an der Kabinendecke und darüber hinaus einen am Boden befindlichen LED-Streifen, der als indirekte Beleuchtung dient und die Farbe wechseln kann, um zum Beispiel Gefahr zu signalisieren. An beiden Seiten des Sitzes befinden sich Armlehnen deren geneigten Armablageflächen eine natürliche, ergonomische Sitzhaltung ermöglichen. Die rechte Armlehne ist dabei für die Steuerung aller Systemprozesse und die linke Armlehne für die Steuerung aller Komfortelemente ausgelegt. Alle Informationen zum Mähdruschprozess werden über das verstellbare Terminal an der rechten Armlehne und alle Informationen und Einstellungen, die dem Komfort des Fahrers dienen, über einen Projektor auf einer Leinwand oberhalb des Bedieners angezeigt. Es existiert somit eine räumliche Trennung der Aufgabenbereiche, die den Nutzer kognitiv entlasten und das HMI intuitiv gestalten soll.

Das Terminal bietet Zugriff auf alle Baukomponenten des Mähreschers. Dazu gehören Informationen über die Qualität der Ernte (Kornfeuchte, Verluste, Verunreinigung), der Erntefortschritt und die Funktionsüberwachung aller

Prozesskomponenten bzgl. ihres Status und ihrer Effizienz. Dies ist durch die stark automatisierte Applikation systemübergreifend vereinfacht. Die Steuerung des Terminals kann über Touch- Gesten geschehen, über die Nutzung des Dreh- Drück-Schalters oder über die individuell belegbaren Tasten. Die entwickelten Systeme sind so redundant ausgelegt, dass alle Navigationsfunktionen durch beide Bedienungsarten (über Tasten/ Schalter oder durch Touchgesten) genutzt werden können. Eine simultane Anzeige von parallelen Prozessen in mehreren „Fenstern“ auf dem Terminal ist ebenfalls gewährleistet. Der Multifunktionshebel in der Erntekabine dient allen Richtungseinstellungen des Fahrzeuges. Die Projektionsfläche oberhalb des Fahrers ermöglicht die Darstellung der Videodaten der Vorderkamera, Rückkamera und Komfortelemente genutzt werden. Wildwarn- oder andere Warnsignale können auf der Leinwand über das Kamerabild eingeblendet und per Signalton signalisiert werden (Apitz 2015).

4.5 HMI-Konzept für ein Schwarmmähdrescherkonzept

Eine zentrale Fragestellung bei der Entwicklung des Bedienkonzeptes für ein Mähdrescherschwarmsystem aus autonom agierenden Drohnen, thematisiert die zukünftige Einbindung des Nutzers in den überwiegend automatisierten Ernteprozess. Dafür betrachtet das Bedienkonzept eine externe mobile Arbeitskabine, die es dem Landwirt erlaubt, die Drohnen zu überwachen. Dafür sieht diese Konzeptstudie einen „System-Traktor“ als mobilen Leitstand vor, der den Mähdrescherverbund begleitet. Während der automatisiert und mit dem Schwarm vernetzt gesteuerten Fortbewegung des Traktors kann sich der Bediener der Steuerung des Ernteprozesses und dessen Komponenten widmen. Die durch das neu definierte Aufgabenprofil entstehenden Anforderungen an die Bedienumgebung in einem Traktor werden in diesem Konzept einer strukturellen Anpassung der Fahrzeugkabine gegenübergestellt. Charakterisierend für die Umstrukturierung ist die Sitzkomponente in ihrer Ausführung als eine Steh-Sitz-Kombination. Damit der Nutzer Prozesse, die an der Rückseite des Fahrzeuges geschehen, besser überblicken kann, sind die Sitzkomponenten zusätzlich drehbar gelagert. Des Weiteren wurde das entwickelte HMI zur Steuerung des Mähdruschprozesses in die vorhandenen Strukturen des Traktors integriert. Dazu verwendet das Bedienkonzept ein Tablet und ein OLED-Display, welches sich auf ergonomischer Sichthöhe des Fahrers an den Kabinenscheiben befindet, realisiert. Damit der Nutzer bei der Ausführung seines Aufgabenbereiches nicht durch eine komplexe Menüführung kognitiv überlastet wird, sind die Steuerung und die Informationsanzeige räumlich getrennt. Die Steuerung des Prozesses erfolgt über das Tablet, die detaillierte Informationsansicht wird auf dem OLED-Display angezeigt. Somit kann der Nutzer mithilfe der Tablet-Steuerung über das OLED-Display schnell einen genauen Überblick über den Druschprozess bekommen. Er kann sich an der Kabinenscheibe selektiv Informationen anzeigen lassen, kann aber auch globale Statistiken einsehen, die den gesamten Druschprozess und die Qualität der Ernte betreffen. Der Fahrer hat außerdem die Möglichkeit, sich per Tablet-Steuerung die Zusammenstellung der Informationsanzeige über „Drag and Drop“ selbst zu konfigurieren. Mit dem Tablet kann der Nutzer jederzeit auf alle Parameter des Ernteprozesses, Statistiken und Baukomponenten der Drohnen zugreifen.



Abbildung 4: *Interaktionselemente eines neuartigen Bedienkonzeptes für einen autonom agierenden Verband von Mährescherdrohnen (Apitz 2014)*

Tangibles sind eine weitere, in diesem Konzept berücksichtigte, Schnittstelle zwischen Fahrer und Maschine. Mit Hilfe dieser physisch-digitalen Interaktionselemente kann der Bediener zwischen der Ansteuerung des gesamten Verbandes und einzelnen Drohen wechseln. Durch die Separierung der Verband und Einzelfahrzeugebene, lassen sich die zugeordneten Interfaces auf die besonderen Anforderungen der Steuerebenen anpassen. Das Herunterbrechen der Komplexität der Menüführung auf haptisch greifbare Objekte bietet dem Koordinator eine intuitive Bedienung.

Für Interaktionsaufgaben außerhalb des Leitstandes zum Beispiel bei Wartungsaufgaben, kann das Tablet mitgenommen werden. Vor Ort ist dann über dieses weiterhin die Steuerung der Fahrzeuge möglich. Das Tablet besitzt hierfür auf der Rückseite eine Kamera. Dank Echtzeit-Wiedergabe der Kamera auf den Bildschirm und eingeblendete Schritt-für-Schritt-AR-Anleitung kann die Störung behoben werden (Apitz 2015).

4.6 HMI-Konzept für einen entkoppelten Bedienstand

Der vorgegebene Systemansatz einer stationären Drescheinheit und autonomen Mähern entbindet den Bediener von vielen seiner herkömmlichen Aufgaben. Dies ermöglicht ihm mehrere Drohnen gleichzeitig überwachen zu können, womit sich sein Aufgabenbereich immer mehr zum Koordinieren wandelt. Dabei muss der Ort der Verwaltungseinheit nicht mehr zwangsläufig in der Nähe des Dreschprozesses befinden. Dies geschieht im Rahmen dieses Bedienkonzeptes in einer autonom fahrenden Zugmaschine, welche genutzt werden kann die autonomen Erntemaschinen zu transportieren. Darüber hinaus sorgt die Ungebundenheit aber für mehr Freiheit.

Eye-Tracking, Tracking Points am Bedienplatz, einer Touch-Lösung in Kombination mit Tangibles und einer Recheneinheit ermöglichen einen ergonomischen und hochinteraktiven Arbeitsplatz. Dieser besitzt einen großflächigen Arbeitsbereich zur Steuerung der Mähdruschkomponenten mittels interaktiver Touch-

Interaktion. In der Höhe des virtuellen Hauptbildschirmes (markiert durch ein Raster) befinden sich „Tracking“- Punkte. Mittels UV-Brillen-gestützter Netzhautprojektion, wird das virtuelle Userinterface sichtbar. Durch Eye-Tracking und die entsprechenden Raumkoordinaten der Brille, können dem Nutzer alle Daten realistisch präsentiert werden. Dies ermöglicht große, selektierbare, virtuelle Interaktionsflächen. Der mittlere Tischbereich besitzt Sensoren zur Ortung und zur Interaktion dort platzierbarer Tangibles. Diese verkörpern einzelne Funktionen und Systemkomponenten. Durch das Organisieren dieser Informationsrepräsentationen kann der Arbeitsplatz nach Bedarf mit den erforderlichen Steuer- und Überwachungsinstrumenten belegt werden. Die räumliche Trennung der einzelnen Funktionen erzeugt beim Nutzer eine kognitive Trennung der Bereiche und eine Reduzierung der Komplexität. Dies wird deutlich, wenn der Nutzer die dem HMI zugehörigen Tangibles individuell platziert, hinzufügt oder entfernt. Damit hat der Nutzer Zugriff auf alle Systemkomponenten. Um die Informationsvermittlung nicht nur auf die visuelle Ebene zu reduzieren nutzt das Bediensystem auch physisches Feedback. Dazu kann sich der Touch-Bereich zusätzlich durch ein Fluid unter der Polymerschicht zu einer Tastatur verformen und auf diese Weise die Wahrnehmung der getätigten Handlung unterstützen. Die Navigation kann auch durch eine emotionalisierte Sprachsteuerung erfolgen, da die Umgebungslautstärke nicht so hoch ist wie bei den anderen Konzepten. Somit ist das Konzept barrierefrei gestaltet. Das HMI ist intuitiv und kann vom Nutzer zum Beispiel durch die Anzahl der interaktiven Elemente auf dem Tisch, individuell auf seine kognitiven Fähigkeiten angepasst werden. Das System gibt ihm jedoch auch eine Richtlinie für die maximale Anzahl von Bildschirmen vor, um den Bediener vor einer psychischen Überlastung zu schützen (Apitz 2015).

5. Schlussfolgerungen

Die vorgestellten Bedienkonzepte zeigen unterschiedliche nutzerorientierte Ansätze zur Integration multimodaler Interaktionslösungen. Für eine Einordnung der Ansätze ist eine Evaluation hinsichtlich Usability, User-experience und Leistungsfähigkeit erforderlich. Folgende Fragen sind dabei im Rahmen unserer Arbeit besonders von Interesse:

Wie lässt sich das individuelle Nutzererleben (UX) in professionellen Anwendungskontexten über die Vielzahl an beteiligten Stakeholdern in der industriellen Praxis beschreiben, messen und beeinflussen?

Mit welcher Art von virtuellen und realen Objekten im Sinne hybrider Prototypen lassen sich zukünftige technisch determinierte Produkte in Konzeption, Evaluation und Entwicklung möglichst experimentell bearbeiten und untersuchen?

Wie müssen Werkzeuge und Methoden beschaffen sein um Produktkonzepte frühestmöglich und gleichzeitig aussagekräftig durch wirkliche Benutzer evaluieren zu können? Wie lassen sich diese zu konsistenten und gleichzeitig flexiblen Methodenbündeln zusammenführen?

6. Literatur

Apitz F (2014) Entwurf von drei zukunftsweisenden Bedienlösungen zur Steuerung unterschiedlicher Systemkonzepte für die Getreideernte. Unveröffentlichte Belegarbeit, Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen.

- Acatech (Hrsg.) (2011) Cyber-physical Systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. Acatech position paper, Heidelberg u. a.
- Bauer K (2013) Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Prof. Dr. Henning Kagermann et al. (Hrsg.). acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.
- Bauernhansl T, Ten Hompel M, Vogel-Heuser B (Eds.). (2014) Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung- Technologien- Migration. Springer-Verlag.
- Burmester M, Hermosa Perrino C, Koller F (2015) Emotional Design for HMIs. Veröffentlichung der User Interface Design GmbH & der Hochschule der Medien. Verfügbar unter: <http://www.uid.com/de/aktuelles/publikationen/burmester-m-hermosa-c-koller-f-emotional-design-fuer-hmis.html>
- Cernavin O, Thiele T, Kowalski M, Winter S (2015) Digitalisierung der Arbeit und demografischer Wandel, in: Jeschke S, Richert A, Hees F, Jooß C (Hrsg.): Exploring Demographics. Transdisziplinäre Perspektiven zur Innovationsfähigkeit im demografischen Wandel, Wiesbaden, S. 67-81.
- Claas: Auf der CeBit 2015 trat der Hersteller Agrarmaschinenhersteller Claas unter dem Slogan »Farming 4.0 – Bauernweisheit reloaded« auf. Vgl. <http://www.cebit.de/de/news-trends/news/aktuelle-meldungen/bauernweisheiten-4.0.xhtml>
- Dombrowski U, Riechel C, Evers M (2014) Industrie 4.0 – Die Rolle des Menschen in der vierten industriellen Revolution, verfügbar unter: [http://gito.de/homepage/gito/gitoshop.nsf/download.html/F1EEE80EDB460066C1257DAF00527D27/\\$File/dombrowski_Industrie-4-0_HAB-Tagungsband-2014.pdf](http://gito.de/homepage/gito/gitoshop.nsf/download.html/F1EEE80EDB460066C1257DAF00527D27/$File/dombrowski_Industrie-4-0_HAB-Tagungsband-2014.pdf) zuletzt abgerufen am 26.05.2015
- Geisberger E, Broy M (Eds.). (2012) agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems (Vol. 1). Springer-Verlag.
- Halang WA (Ed.). (2011) Herausforderungen durch Echtzeitbetrieb: Echtzeit 2011. Springer-Verlag.
- Haunberger S (2013) Agrartechnikzwischen Autonomiegewinn und Anpassungszwang. In: Technologiefolgenabschätzung – Theorie und Praxis: Ökosystemdienstleistungen und Landwirtschaft 22 (2), 63-66
- Herlitzius T (2010) Der Produktentwicklungsprozess unter dem Einfluss globaler Märkte und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen für die Ingenieurausbildung. VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken
- Johannsen G (2013) Mensch-Maschine-Systeme. Springer-Verlag
- Knöfel A, Stelzer R, Groh R, Krzywinski J, Herlitzius T (2014) Nutzerorientierte Interfaces für Landmaschinen, in: VDI Berichte: Konferenzband, Conference: Agricultural Engineering Land. Technik 2014, S. 237-239.
- Liebecke S (2014) Entwurf einer Verpackungsmaschine für das Jahr 2030 Unveröffentlichte Belegarbeit, Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen.
- Oviatt S (2003) Multimodal interfaces. The human-computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies and emerging applications, 14, 286-304.
- Patzak G (2013) Systemtechnik - Planung komplexer innovativer Systeme: Grundlagen, Methoden, Techniken. Springer-Verlag.
- Perott A (2015) Modellierung von kontextspezifischen Abhängigkeiten in der ergonomischen Systemgestaltung, Darmstadt.
- Pöllath K (2014) Bauwirtschaft: Forschung und Industrie – zusammen Zukunft gestalten. In: Zukunft Bau Kongress 2014, Bonn.
- Robben B, Schelhowe H, Hrsg. (2012) Begreifbare Interaktionen: Der allgegenwärtige Computer: Touchscreens, Wearables, Tangibles und Ubiquitous Computing. Bielefeld: transcript-Verlag.
- Roland Berger Strategy Consultants/BDI: Die digitale Transformation der Industrie, verfügbar unter: http://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland_Berger_Die_digitale_Transformation_der_Industrie_20150315.pdf
- Schreiber C (2013) Studie für einen straßenfahrtauglichen Wende-Mähdrescher für die Getreideernte der Zukunft. Unveröffentlichte Abschlussarbeit, Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen.
- Xu S, Kunack K (2015) Kurzzeitprojekte. Unveröffentlichte Belegarbeit, Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen.
- Shneiderman B, Plaisant C, Cohen M, Jacobs S (2010) Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, Addison-Wesley Publ. Co. Reading, MA, USA.
- Thüring M, Mahlke S (2007) Usability, aesthetics and emotions in human-technology interaction. International Journal of Psychology, 42. Jg., Nr. 4, S. 253-264.
- Wetzl D: Arbeit 4.0. Was Beschäftigte und Unternehmen verändern müssen. Verlag Herder; Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Grünbuch Arbeiten 4.0. Verfügbar unter:

http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen-DinA4/gruenbuch-arbeiten-vier-null.pdf?__blob=publicationFile

Willhardt R (2014) Smart Farming, Smart Factoring & Co.: Wo Bauern den Autofirmen was vormachen. In: Absatzwirtschaft, Sonderausgabe dmexco

Wölfel C, Siwek S, Krzywinski J (2015) The concept of product experience in industrial goods development, in: Blessing L, Qureshi AJ, Gericke K (Hrsg.): The future of transdisciplinary design, London.