

HERAUSGEBER: DIETER SPATH | ANETTE WEISBECKER
AUTOREN: MATTHIAS PEISSNER | CORNELIA HIPP

**POTENZIALE DER
MENSCH-TECHNIK INTERAKTION
FÜR DIE EFFIZIENTE UND VERNETZTE
PRODUKTION VON MORGEN**

Herausgeber
Dieter Spath, Anette Weisbecker

Autoren
Matthias Peissner, Cornelia Hipp

POTENZIALE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE EFFIZIENTE UND VERNETZTE PRODUKTION VON MORGEN

INHALT

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	EINLEITUNG	6
2.1	Zielsetzung.....	6
2.2	Vorgehensweise	7
2.2.1	Beteiligte Experten	7
2.2.2	Vorbereitung der Studie: Themenfelder identifizieren	8
2.2.3	Expertenworkshop: Rahmenbedingungen, Entwicklungen und Themen skizzieren	8
2.2.4	Einzelinterviews: Themen vertiefen und detaillieren	9
2.3	Aufbau der Studie	10
3	RAHMENBEDINGUNGEN DER PRODUKTION VON MORGEN	12
3.1	Vernetzte und intelligente Produktion	14
3.2	Transparente Systeme mit Echtzeitinformationen.....	16
3.3	Flexibler Personaleinsatz	18
3.4	Mitarbeiterqualifikation.....	20
3.5	Standardisierte Prozesse und Nachvollziehbarkeit	22
3.6	Sichere Systeme.....	24
3.7	Produktvielfalt und kurze Produktzyklen.....	26
3.8	Internationalisierung.....	28
3.9	Nachhaltigkeit.....	30
3.10	Mobile Geräte	32
3.11	Social Media.....	34
3.12	Neue Technologien für die Mensch-Technik Interaktion	36

4	HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE PRODUKTION	38
4.1	Design für den Menschen	38
4.1.1	Attraktives Design	38
4.1.2	Menschzentrierte Entwicklungsprozesse	40
4.1.3	Mehr als ein Werkzeug	42
4.2	Die Rolle des Menschen in der vernetzten Produktion	47
4.2.1	Mensch als Sensor	48
4.2.2	Mensch als Entscheider.....	50
4.2.3	Mensch als Akteur	52
4.3	Multimodale Interaktion	56
4.4	Wissen und Intelligenz des Systems effektiv einsetzen.....	58
4.4.1	Dokumentation und Wissen im System.....	58
4.4.2	Systemintelligenz und Automation Hand-in-Hand mit den Nutzern.....	60
4.5	Ein Design – viele Varianten	63
5	BEISPIELPROJEKTE	68
5.1	EPIK – Effizienter Personaleinsatz durch intelligentes und adaptives Kooperations- und Informationsmanagement in der Produktion.....	69
5.2	KapaflexCy - Selbstorganisierte Kapazitätsflexibilität in Cyber-Physical-Systems.....	72
6	FAZIT UND VERZEICHNIS DER GUIDELINES.....	74
6.1	Überblick der Anforderungen und Guidelines für effektive HMI-Gestaltung	76
6.2	Überblick der Anforderungen und Guidelines für zukunftssichere HMI-Werkzeuge	77
6.2.1	Unterstützung bei der effizienten HMI-Entwicklung.....	77
6.2.2	Grundlagen einer intelligenten und kontextsensiblen Produktionssteuerung.....	77
6.2.3	Schnittstellen und Kommunikationsfunktionalität	77
6.2.4	Unterstützung neuer Technologien	77

1 ZUSAMMENFASSUNG

Zur Steuerung und Überwachung von industriellen Prozessen gewinnt das Human-Machine Interface (HMI) zunehmend an Bedeutung. Für produzierende Unternehmen leisten hervorragende HMIs einen wertvollen Beitrag zu Produktivität, Effizienz und Mitarbeitermotivation. Maschinen- und Anlagenhersteller versprechen sich in diesem Zusammenhang einen Wettbewerbsvorteil durch ein ergonomisches HMI. Daneben soll eine attraktive Gestaltung die Innovationskraft des Unternehmens und die technische Exzellenz der Maschine ausdrücken und Alleinstellungsmerkmale schaffen.

Neben einem methodischen und gestalterischen Know-How sind auch die Entwicklungswerkzeuge und Engineeringumgebungen maßgeblich dafür verantwortlich, dass ein hochwertiges HMI effizient erstellt werden kann. Die heute geforderten Qualitätsmerkmale solcher HMI-Tools werden in einer früheren Veröffentlichung¹ des Fraunhofer IAO dargestellt. Die vorliegende Studie erweitert diese Ergebnisse durch einen Ausblick auf aktuelle und zukünftige Trends in der Produktion und deren Auswirkungen auf die Anforderungen, die sich zukünftig an HMIs und HMI-Engineeringwerkzeuge stellen werden.

Die wichtigsten Veränderungen der Rahmenbedingungen in der Produktion von morgen lassen sich unter dem Schlagwort »Industrie 4.0« zusammenfassen. Sensoren und Aktoren werden sich in der Produktionsumgebung vielfältig vernetzen und eine intelligente und unmittelbare Reaktion auf relevante Ereignisse und Veränderungen ermöglichen. Neben einer zunehmenden Produktvielfalt zu den Bedingungen einer Massenproduktion ermöglichen sie eine hohe Flexibilität der Produktionsprozesse, was wiederum neue Anforderungen an die Flexibilität des Personaleinsatzes und die Mitarbeiterqualifikation mit sich bringt. Weitere Veränderungen betreffen die zunehmende Bedeutung der Sicherheit und Nachvollziehbarkeit der Prozesse, was unter anderem zu einer zunehmenden Standardisierung führen wird. Bereits andauernde Trends wie Internationalisierung und Nachhaltigkeit werden auch in der Zukunft neue Impulse setzen. Darüber hinaus werden auch aktuelle IT-Trends wie Social Media, neue mobile Geräte und alternative Interaktionstechniken die Rahmenbedingungen und den Gestaltungsspielraum moderner HMI-Lösungen beeinflussen und erweitern.

¹ Bierkandt, J., Peissner, M., Hermann, F. & Hipp, C. (2011). Usability und Human-Machine Interfaces in der Produktion. Studie Qualitätsmerkmale für Entwicklungswerkzeuge. Dieter Spath, Anette Weisbecker (Hrsg.). Fraunhofer Verlag. Download unter: <http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/studien/usability-and-human-machine-interfaces-in-der-produktion.pdf>

Um den kommenden Herausforderungen gewachsen zu sein, ergeben sich eine Reihe von Anforderungen an die HMI-Gestaltung und die eingesetzten HMI-Engineeringwerkzeuge: Offene Schnittstellen und eine Kompatibilität mit anderen IT-Systemen und Standards werden benötigt, um zukünftige Vernetzungsszenarien in effizienten Entwicklungsprozessen abbilden zu können. Dazu zählt auch die Unterstützung und sinnvolle Nutzung von Kooperationsansätzen aus dem Web 2.0 und neuen Interaktionstechniken. Ein weiteres Themenfeld betrifft die Entwicklung in einem iterativen und nutzerzentrierten Gestaltungsprozess, der neben einer effizienten Aufgabenerledigung auch emotionale Nutzungsfaktoren einbezieht. Schließlich gewinnt eine transparente und passgenaue Visualisierung an Bedeutung: einerseits, um die Überwachung komplexer und teilweise abstrakter Gegebenheiten zu erleichtern; andererseits, um effektive Unterstützung und Instruktionen zu bieten – insbesondere in Fehler- und Ausnahmesituationen. Dabei ist die Personalisierung und Anpassung der Inhalte, Darstellungsformen und Interaktionsmechanismen an den individuellen Bedarf von großem Interesse.

In dieser Studie werden Anforderungen und Richtlinien für die Gestaltung hochwertiger HMIs und entsprechender Engineeringwerkzeuge formuliert. Sie können in zukünftigen HMI-Projekten als Orientierung dienen. Sowohl für die Gestaltung und Entwicklung von attraktiven HMIs und effizienten Engineeringwerkzeugen als auch für die Auswahl einer geeigneten und zukunftssicheren HMI-Engineeringumgebung.

2 EINLEITUNG

2.1 Zielsetzung

Einfach bedienbare und attraktiv gestaltete Schnittstellen zwischen Mensch und Technik unterstützen nicht nur den Benutzer beim Lernen und Bedienen eines Systems. Sie dienen auch dazu, Kaufentscheidungen positiv zu beeinflussen und die eigene Markenkommunikation zu unterstützen. Intuitive User Interfaces können gegenüber Kunden als klarer Innovations-schritt kommuniziert werden und sind ein Alleinstellungsmerkmal gegenüber Wettbewerbern.

Dabei gehen die Mensch-Technik Schnittstellen in der Produktion heute weit über die bloße Steuerung von Maschinenfunktionen hinaus. Sie dienen u.a. der Visualisierung von Prozessfortschritten, der Instruktion bei manuellen Tätigkeiten, der Verwaltung von Rezepturen und Produktionsprogrammen, der Unterstützung vielfältiger Überwachungsaufgaben bis hin zum integrierten Management des gesamten Produktionsgeschehens. Human-Machine Interfaces (HMI) sind daher inzwischen breiter zu verstehen und umfassen alle Kontaktpunkte zwischen den verschiedenen Nutzergruppen und den IT-Systemen im gesamten Produktionsumfeld. Um der gewachsenen Komplexität Rechnung zu tragen, haben sich heute nutzerzentrierte Entwicklungsprozesse² als wesentliche Grundlage für eine erfolgreiche HMI-Gestaltung etabliert. Auf Basis eines Verständnisses der Nutzergruppen, ihrer Aufgaben und Nutzungsbedingungen werden Bedienabläufe und Interaktionskonzepte entwickelt, die in Benutzertests erprobt und iterativ optimiert werden. So kann eine hohe Bedienqualität und eine optimale Passung des HMI an die Arbeitsabläufe erreicht werden. Daneben ist in den letzten Jahren auch die graphische Gestaltung der Benutzungsoberflächen immer wichtiger geworden. Ein wesentliches Ziel ist dabei die effiziente Visualisierung der wichtigen Informationen und Zusammenhänge. Darüber hinaus geht es auch darum, eine ästhetische Identität zu schaffen, die in der Lage ist, beim Nutzer und Kunden Vertrauen, Bindung und eine positive Einstellung zu erzeugen.

HMIs werden häufig mit speziellen Entwicklungswerkzeugen erstellt. Diese Tools erleichtern die Entwicklung unter anderem durch klassische SCADA³-Funktionalitäten und Treiber für Maschinensteuerungen. Andererseits schränken sie teilweise die HMI-Gestaltungsmöglichkeiten ein und bestimmen durch ihren Aufbau die Art und Weise wie Entwickler an die HMI-Gestaltung und Implementierung herangehen. Damit beeinflusst die Auswahl eines HMI-Werkzeugs den Entwicklungsaufwand und die Qualität des resultierenden HMI häufig in erheblichem Maß.

In einer Ende 2011 erschienen Studie hat das Fraunhofer IAO bereits Qualitätsmerkmale für Werkzeuge zur Entwicklung hochwertiger HMI beschrieben⁴.

Dabei stehen aktuelle Anforderungen und Rahmenbedingungen im Mittelpunkt der gebotenen Entscheidungshilfe. HMI-Projekte besitzen jedoch in den meisten Fällen einen Lebenszyklus von mehr als zehn Jahren. Zudem ist mit der Auswahl eines Entwicklungstools häufig eine noch längerfristige Technologieentscheidung verbunden. Daher sollten bei der Auswahl eines HMI-Werkzeugs auch die bereits absehbaren Entwicklungen und Anforderungen der Zukunft berücksichtigt werden.

² Siehe ISO/TC 159/SC 4 (2010). ISO 9241-210:2010 Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems.

³ SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

⁴ Bierkandt, J., Peissner, M., Hermann, F. & Hipp, C. (2011). Usability und Human-Machine Interfaces in der Produktion. Studie Qualitätsmerkmale für Entwicklungswerkzeuge. Dieter Spath, Anette Weisbecker (Hrsg.). Fraunhofer Verlag

Die Zielsetzung dieser Studie ist es deshalb, die aktuellen und zukünftigen Veränderungen und Entwicklungen im Produktionsumfeld zu betrachten und deren potenzielle Auswirkungen auf die HMI-Gestaltung zu analysieren. Auf dieser Grundlage identifiziert und erläutert die Studie:

- Gestaltungsempfehlungen und Best-Practice Ansätze für eine effektive und zukunftsweisende **HMI-Gestaltung**.
- Anforderungen an zukunftssichere **HMI-Entwicklungswerkzeuge**.

Damit kann diese Studie den Gestaltern und Entwicklern von HMIs eine Orientierungshilfe für die strategische Weiterentwicklung von erfolgreichen Designkonzepten bieten. Darüber hinaus unterstützt sie Unternehmen bei der Auswahl eines geeigneten Entwicklungswerkzeugs, mit dem sie auch für zukünftige Entwicklungen gerüstet sind.

Den Herstellern und Anbietern von Entwicklungswerkzeugen bietet die Studie Hinweise, welche Trends und Techniken sie bei der Weiterentwicklung im Auge haben sollten.

2.2 Vorgehensweise

Die Inhalte der vorliegenden Studie wurden auf der Basis von Workshops und Interviews mit einschlägigen Fachexperten zusammengetragen. Dabei wurden insbesondere die Perspektiven des Produktionsbetriebs, der IT und der Mensch-Technik Interaktion abgedeckt. Um die Zukunftsperspektive der Studie mit einem starken Anwendungsbezug zu verbinden, wurden Experten aus der Wissenschaft und der Praxis beteiligt. Die mitwirkenden Fachleute konnten neben den Erfahrungen aus den eigenen Betrieben auch wertvollen Input aus kooperierenden Unternehmen, Beratungsprojekten und größeren Forschungsinitiativen einbringen.

2.2.1 Beteiligte Experten

Neben den Autoren haben die folgenden Personen in Workshops oder Einzelinterviews wertvolle Beiträge zu dieser Studie geleistet (alphabetische Reihenfolge):

- Markus Ammann,
VOLLMER WERKE Maschinenfabrik GmbH
- Mario Beck, KHS GmbH
- Jan Becker, KHS GmbH
- Wolfgang Buchkremer, ELOPAK GmbH
- Dr.-Ing. Stefan Gerlach, Fraunhofer IAO
- Lorenzo Guazelli, Danieli & C. Officine Meccaniche S.p.A.
- Dr. Fabian Hermann, Fraunhofer IAO
- Tobias Krause, Fraunhofer IAO
- Doris Janssen, Fraunhofer IAO
- Joachim Lentjes, Fraunhofer IAO
- Hagen Nürk, IST METZ GmbH
- Friedrich Schneeberger, PAGO Fruchtsäfte GmbH
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Dieter Spath,
Institutsleiter Fraunhofer IAO
- Phillip Werr, Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH

2.2.2 Vorbereitung der Studie: Themenfelder identifizieren

Zunächst wurden Themenfelder identifiziert, die als vermeintliche Schwerpunktthemen der zu erstellenden Studie dienen sollten. Dabei sind Erfahrungen und Erkenntnisse aus zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten des Fraunhofer IAO eingeflossen. Darüber hinaus wurden absehbare technische Fortschritte und Trends einbezogen - insbesondere aus der aktuellen Diskussion um Industrie 4.0. Die in diesem ersten Schritt identifizierten Schwerpunktthemen umfassen:

- Effiziente Prozesse und Kooperationsmodelle
- Vernetzung und Integration auch über Anlagen-, Unternehmens- und Technologiegrenzen hinweg
- Ergonomisches und attraktives HMI-Design
- Effizientes System-Engineering
- Neue Technologien für Human-Machine Interfaces
- Mobilität und Flexibilität
- Individualisierung und Kontextadaptivität
- Automatisierung und Handlungsunterstützung

2.2.3 Expertenworkshop: Rahmenbedingungen, Entwicklungen und Themen skizzieren

In einem zweiten Schritt wurde ein Workshop durchgeführt, um das Untersuchungsfeld der Studie zu strukturieren und zu konkretisieren. Der Workshop war auf eine Dauer von vier Stunden angesetzt und wurde von Cornelia Hipp und Matthias Peissner (beide Fraunhofer IAO) moderiert. Es nahmen fünf weitere Experten des Fraunhofer IAO teil. Dabei waren insbesondere die Bereiche Produktionsmanagement, Digitale Fabrik/ Digitales Engineering und Mensch-Technik Interaktion vertreten. Aus diesen verschiedenen Perspektiven wurden im Rahmen des Workshops konkrete Projekterfahrungen sowie Einschätzungen zu zukünftigen Rahmenbedingungen, Entwicklungen und Themen eingebracht. Die Workshop-Agenda umfasste die folgenden Tagesordnungspunkte:

1. Einführung:
Vorstellung der Zielsetzung und Darstellung der Vorüberlegungen, u.a. Schwerpunktthemen
2. Zukunftsthemen und Trends:
Brainstorming, Präsentationen und Diskussion zu den folgenden Leitfragen:
 - Welche IT-Systemeigenschaften werden in der Zukunft wichtig sein für eine effiziente und menschengerechte Produktion?
 - Welche Technologien und Arbeitsweisen werden wichtig sein?
 - Wie sieht die menschliche Arbeit in der Produktion von morgen aus?
3. Strategien und Zielsysteme der Zukunft
Brainstorming, Präsentationen und Diskussion zu den folgenden Leitfragen:
 - Wie werden sich die strategischen Ziele von produzierenden Unternehmen in der Zukunft verändern? (z.B. Ressourceneinsatz, Sicherheit, etc.)
 - Wie wird man die Erreichung der zukünftig wichtigen Ziele messen? (Key Performance Indikatoren)
 - Mit welchen Strategien wird man die zukünftigen Ziele effizient erreichen?
4. Zusammenfassung und Fazit

2.2.4 Einzelinterviews: Themen vertiefen und detaillieren

Die Einzelinterviews wurden in einem halbstrukturierten Gespräch geführt: einige am Telefon, einige bei einem persönlichen Treffen. Je nach Gesprächspartner dienten die Einzelinterviews eher der Vertiefung und Detaillierung einzelner Themen, in denen sich der Gesprächspartner besonders gut auskennt, oder der Abschätzung und Klärung, in wieweit die beschriebenen Trends und zukünftigen Entwicklungen sich auf die heute aktuelle bzw. absehbare industrielle Praxis beziehen lassen.

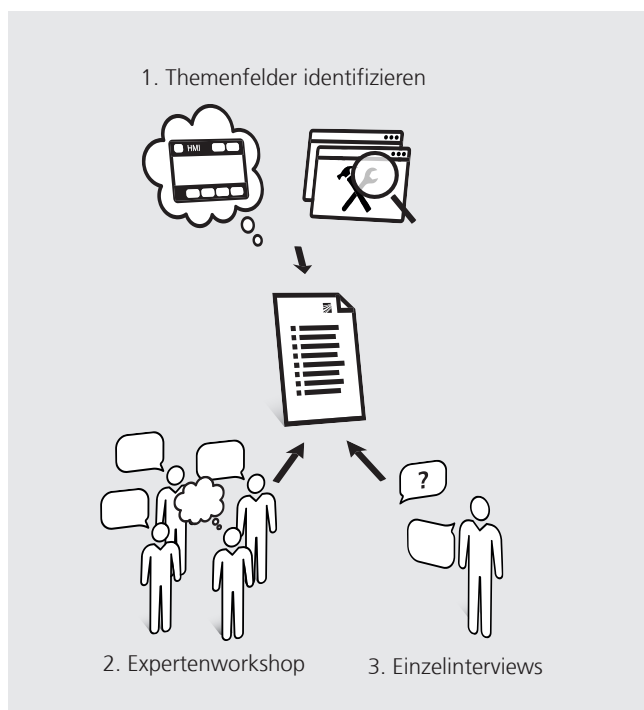


Abbildung 1: Ablauf der Studie.

Der Interviewleitfaden wurde auf Basis der Erkenntnisse aus den Expertenworkshops erstellt und umfasste die folgenden Themenbereiche:

1. Fragen zum Unternehmen und der persönlichen Rolle.
2. Offene Fragen zu zukünftigen Entwicklungen, die die Rahmenbedingungen für eine effiziente und menschenrechte Produktion verändern werden, u.a. Technologien und Arbeitsweisen, Kosten und Effizienz neuer Entwicklungen.
3. Fragen zum Meinungsbild bezüglich Trends und zukünftiger Rahmenbedingungen, die in den Expertenworkshops identifiziert worden waren, z.B. Vernetzung und Intelligenz, Transparenz, Echtzeitfähigkeit, Mitarbeiterqualifikation, Standardisierung, Sicherheit, Nachvollziehbarkeit, Produktvielfalt, Internationalisierung, Nachhaltigkeit.
4. Fragen zum Meinungsbild bezüglich der Produktionsunterstützung durch neue Entwicklungen der Mensch-Technik Interaktion, die in den Expertenworkshops genannt worden waren, z.B. Nutzerfokus, Design-for-Error, mobile Geräte, Social Web, neue Interaktionstechnologien, adaptive und individualisierte Systeme, Informationsvisualisierung.
5. Offene Fragen zu Themen, die dem Interviewpartner ansonsten wichtig scheinen und zur Priorisierung der bereits diskutierten Themen.

2.3 Aufbau der Studie

Die Ergebnisse der Studie gliedern sich im Wesentlichen in zwei Hauptbereiche:

Erstens werden Veränderungen in den zukünftigen Rahmenbedingungen der Produktion identifiziert, die neue Anforderungen an die Gestaltung der Mensch-Technik Schnittstellen mit sich bringen. Diese Veränderungen sind damit sowohl beim HMI-Design als auch bei der Auswahl geeigneter HMI-Engineeringwerkzeuge zu berücksichtigen. In Kapitel 3 sind die wichtigsten dieser zu erwartenden Rahmenbedingungen beschrieben.

Zweitens widmet sich das Kapitel 4 den Human-Machine Interfaces. Einerseits ergeben sich aus den vorhersehbaren Rahmenbedingungen neue Herausforderungen für die HMI-Gestaltung. Andererseits ergeben sich aus den aktuellen Forschungsaktivitäten im Bereich der Human-Computer Interaction interessante Potenziale für eine effiziente Produktion der Zukunft. Vor diesem Hintergrund werden in Kapitel 4 Guidelines für die effektive HMI-Gestaltung und Guidelines die Auswahl von zukunftssicheren HMI-Engineeringwerkzeugen formuliert.

Kapitel 5 dient der Illustration der beiden Hauptkapitel 3 und 4. Mit EPIK und KapaflexCy werden zwei Forschungsprojekte dargestellt, die beispielhaft demonstrieren, welchen Beitrag die Mensch-Technik Interaktion in der Zukunft für eine vernetzte und effiziente Produktion leisten kann.

In Kapitel 6 findet sich neben einem Fazit eine Übersicht aller identifizierten Anforderungen und formulierten Guidelines bezüglich der Gestaltung und des Engineerings der Mensch-Technik Interaktion.

3 RAHMENBEDINGUNGEN DER PRODUKTION VON MORGEN

Die Rahmenbedingungen der industriellen Produktion verändern sich. Einige der Entwicklungen, die in der Zukunft einen prägenden Einfluss haben werden, wirken bereits heute oder sind zumindest schon absehbar. In einem HMI-Projekt werden viele Entscheidungen getroffen, die über mehrere Jahre wirken und Bestand haben. Sowohl bei der Auswahl einer geeigneten HMI-Engineeringumgebung als auch bei grundlegenden HMI-Designentscheidungen sollten daher nicht nur die aktuellen Anforderungen berücksichtigt werden.

Ein verantwortungsvolles und zukunftssicheres Projekt bezieht auch eine Prognose der zukünftigen Rahmenbedingungen und Anforderungen ein. Die in dieser Studie dargestellten zukünftigen Entwicklungen (s. Abbildung 2) wurden auf der Grundlage von Gesprächen und Workshops mit Experten (vgl. Abschnitt 2.3) erfasst und konzentrieren sich auf diejenigen Rahmenbedingungen, die im engen Zusammenhang mit der Gestaltung, Entwicklung und Nutzung von Mensch-Technik Schnittstellen gesehen werden⁵.

⁵ Eine andere aktuelle Studie des Fraunhofer IAO bietet eine detaillierte Untersuchung der zukünftigen Rahmenbedingungen der Produktionsarbeit:
Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T. & Schlund, S. (2013). Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Download unter <http://www.iao.fraunhofer.de/images/iao-news/produktionsarbeit-der-zukunft.pdf>

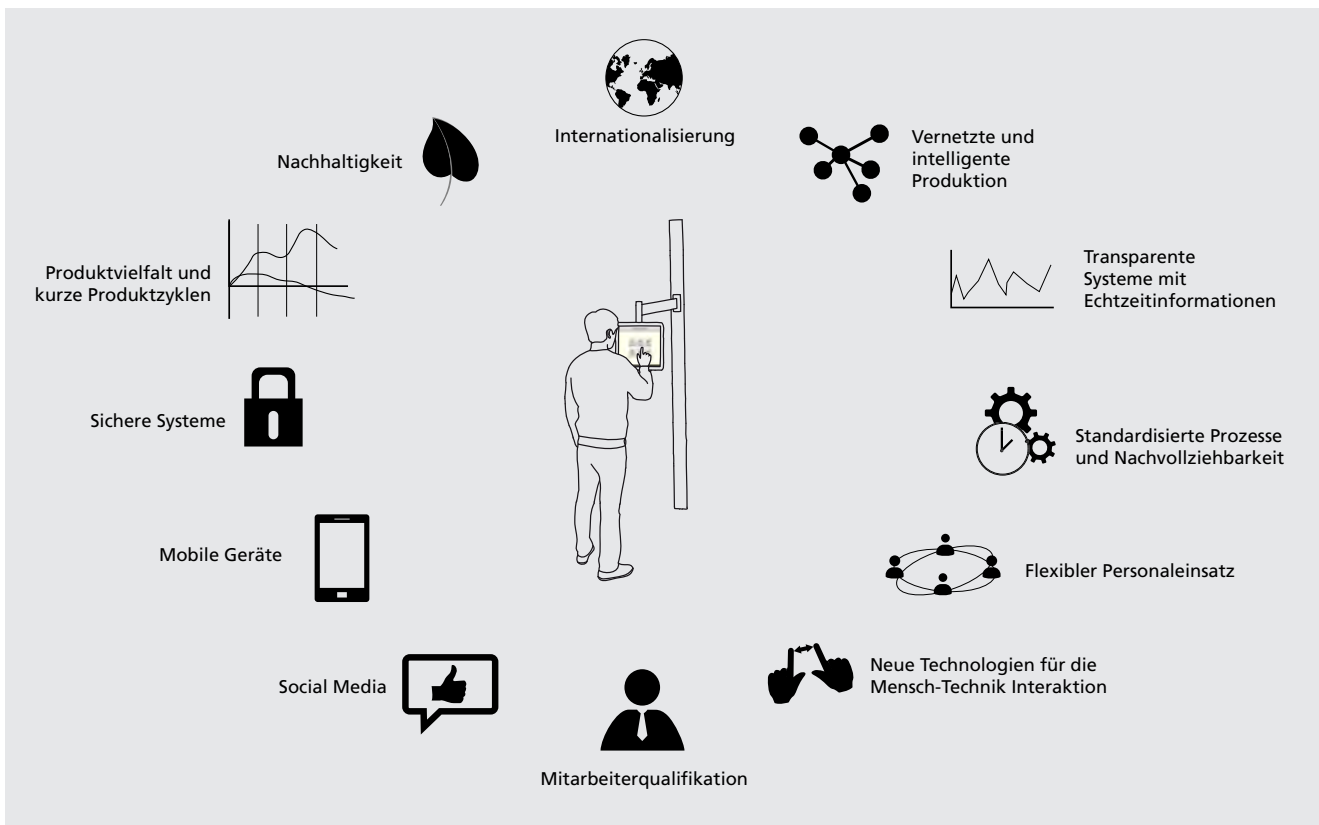
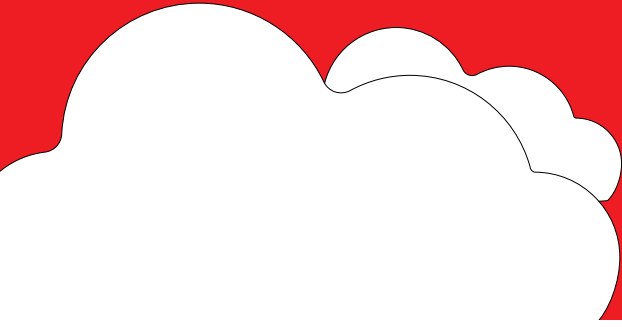


Abbildung 2: Rahmenbedingungen der Produktion von morgen.



3.1 Vernetzte und intelligente Produktion

In den vergangenen Jahren wurde durch die rasante Weiterentwicklung der Computertechnik eine immer stärkere Vernetzung ermöglicht. Die mobile Kommunikation schafft heute neue Perspektiven der Erreichbarkeit und Kollaboration. Auch in der Produktion haben diese Entwicklungen Einzug erhalten. Die Potenziale sind jedoch bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. So werden beispielsweise die sozialen Kommunikationsformen des Web 2.0 noch recht zurückhaltend genutzt. Und die mobile Internetnutzung zur intelligenten Anbindung und Vernetzung von Mensch und Maschine ist noch stark ausbaufähig.

Eine **umfassende und intelligente Vernetzung** lässt große Potenziale für Effizienzsteigerungen in der Produktion erwarten. Informationen aus unterschiedlichen Quellen können zusammengeführt werden und von beliebigen Orten abgerufen werden. So können umfangreiche Informationen und wichtige Hinweise ohne Zeitverlust ausgetauscht werden. Auf kurzfristige Veränderungen und Ereignisse kann enorm schnell reagiert werden. Dadurch wird eine bedarfsgerechte Just-in-Time-Produktion effektiv unterstützt. Zusätzlich können durch die Vernetzung auch Service- und Wartungsleistungen über weite Distanzen hinweg erfolgen. Kosten und Zeit können eingespart werden.

Die Vernetzung wird auf unterschiedlichen Ebenen erfolgen:

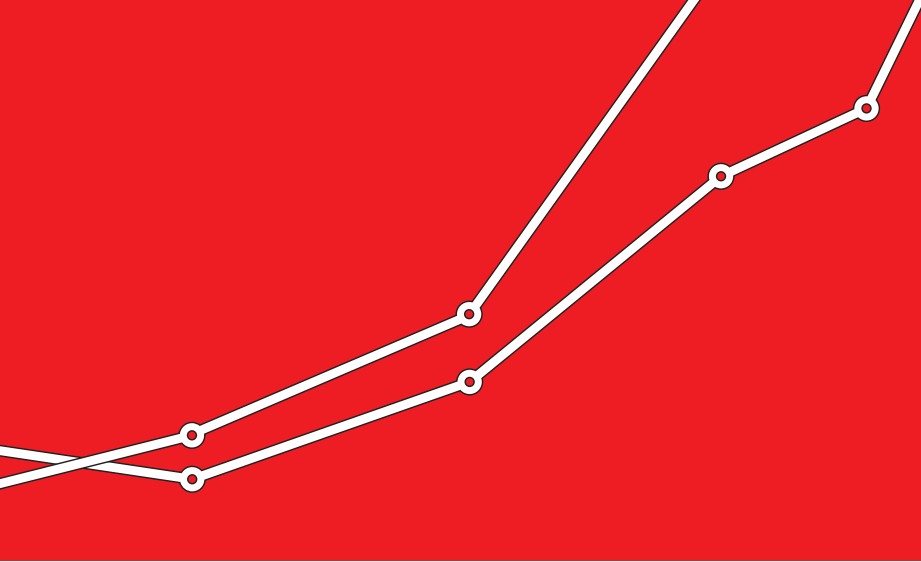
- Standorte in der globalisierten Produktion werden vernetzt. Dadurch bietet sich ein Vergleich der Produktionsprozesse an. Bereits heute verbinden Unternehmen so ihre verteilten Niederlassungen.
- Maschinen geben Informationen über ihren eigenen Zustand und ermöglichen so die Überwachung über eine zentrale Leitwarte. Die Vernetzung ermöglicht es auch, von beliebigen Orten die Maschinen anzusteuern und entsprechende Aktionen auszulösen. Bereits heute werden einzelne Maschinen zur Fernwartung angesteuert, um einen hochwertigen Support zu gewährleisten.
- Übergeordnete Produktionssysteme werden mit ihren Teilkomponenten vernetzt, die zum Teil von unterschiedlichen Herstellern kommen.
- Mitarbeiter sind zunehmend mit mobilen und vernetzten Geräten ausgestattet. Mit der dadurch gesteigerten Erreichbarkeit und der Möglichkeit, Informationen mobil abzurufen, ergeben sich zahlreiche Szenarien zur Effizienzsteigerung.
- Schnittstellen zu externer Software für Produktions- und Geschäftsprozesse wie z.B. ERP- oder Dokumentenmanagement-Systeme bieten bidirektionale Kommunikationsmöglichkeiten mit wichtigen Datenressourcen.

Durch die starke Vernetzung werden sehr **große Datenmengen** zur Verfügung stehen. Eine große Herausforderung wird es sein, daraus diejenigen Informationen zu extrahieren, die gewinnbringend genutzt werden können, um Produktionsprozesse zu optimieren. Ein Beispiel ist die exakte Berechnung der aktuellen Produktionsauslastung und deren Optimierung.

Intelligente Produktionssysteme werden eben diese beiden Aspekte aufgreifen: die Vernetzung und die sinnvolle Datenauswertung. Integriert werden dabei Informationen aus unterschiedlichen Quellen wie z.B. Meldungen über Maschinenzustände und Informationen, die die Mitarbeiter über ihre mobilen Geräte zur Verfügung stellen.

Darüber hinaus bietet eine intelligente Fabrik effektive Mechanismen, um auf die erfassten Informationen angemessen reagieren zu können.

Vordefinierte und selbstlernende Regeln können permanent und automatisch eine hohe Effizienz sichern, indem sie bestimmte Sensorereignisse mit regulierenden Maßnahmen verknüpfen.



3.2 Transparente Systeme mit Echtzeitinformationen

Mittlerweile stehen umfangreiche Möglichkeiten zur Überwachung von Produktionsparametern zur Verfügung. Informationen über den Ablauf der Produktion, über Zustände von Maschinen, Störungen und deren Lokalisierung sowie wichtige Kennzahlen (z.B. Auslastungsgrad) können dem Nutzer dargestellt und graphisch in verschiedenster Weise aufbereitet werden. Mit zunehmender Automatisierung und immer komplexeren Prozessen ist eine effektive Informationsvisualisierung heute eine wesentliche Voraussetzung für **transparente Produktionssysteme**. Eine permanente Nachvollziehbarkeit des Systemverhaltens wird insbesondere dann wichtig, wenn wesentliche Vorgänge durch den zunehmenden Software-Einsatz oder durch neue Technologien, wie z.B. Bio- oder Nanotechnologie keine physische bzw. keine direkt wahrnehmbare Entsprechung⁶ mehr besitzen. Dann ergeben sich völlig neue Herausforderungen für eine klare und leicht verständliche **Visualisierung**.

Neben einer geeigneten graphischen Informationsaufbereitung übt auch die zeitliche Komponente der Informationsbereitstellung einen wesentlichen Einfluss auf die Systemtransparenz aus. Durch höhere Rechenleistung und Übertragungsgeschwindigkeiten sowie durch neue Schnittstellen können viele Informationen heute in **Echtzeit** angezeigt werden. Beispielsweise können Zustände von Maschinen und Anlagen sowie aggregierte Kennzahlen live übermittelt und dargestellt werden.

Die Vorteile transparenter Systeme mit Echtzeitinformationen umfassen u.a. die folgenden Aspekte:

- **Schnellere Reaktion:**
Reaktionszeiten auf Veränderungen im Produktionssystem können signifikant verringert werden, da die nötigen Informationen unmittelbar vorliegen. Speziell im Bereich der Fehlererkennung und –behebung ist dies von großem Vorteil.
- **Gezielte Maßnahmen:**
Durch eine exakte Identifikation der Problemquellen, kann feingranular eingegriffen werden.
- **Nachvollziehbarkeit:**
Die Prozesse werden für die Mitarbeiter verständlich und nachvollziehbar. Dadurch wird die Produktionsüberwachung erleichtert.
- **Höhere Dynamik:**
Die vorliegenden Daten können unmittelbar für weitere Berechnungen und kurzfristige Optimierungen genutzt werden. Zum Beispiel können in Echtzeit Schichtpläne oder Ressourcenplanungen erstellt und aktualisiert werden. Doch die optimale Nutzung echtzeitfähiger Systeme bringt auch Herausforderungen mit sich:
- **Kompetenzanforderungen an Mitarbeiter:**
Schnelle und angemessene Reaktionen auf Seiten der Mitarbeiter erfordern gewisse Kompetenzen und fachliches Know-How, die möglicherweise nur über eine zusätzliche Qualifizierung der Mitarbeiter erworben werden können.

- **Personalisierte Informationsdarstellung:**

Durch den zunehmenden Umfang und die zunehmende Komplexität der verfügbaren Informationen wird die personalisierte Auswahl und Aufbereitung der darzustellenden Informationen immer wichtiger. Nicht alle Informationen sind für alle Mitarbeiter gleichermaßen sinnvoll. Das Management ist an anderen Kennzahlen interessiert als der Operator. Darüber hinaus verändern sich auch die Informationsbedarfe der einzelnen Personen über die Zeit und je nach Situation und Aufgabe. Deshalb ist eine optimale Aufbereitung der Sichten für unterschiedliche Nutzer und Nutzungssituationen wichtig.

- **Auswertung und Weiterverarbeitung:**

Um die erfassten Echtzeitdaten sinnvoll für eine Optimierung des Gesamtsystems nutzen zu können, sind häufig intelligente Automatismen erforderlich, die die Daten integrieren, interpretieren und entsprechende Reaktionen ableiten. Die Entwicklung derartiger Mechanismen ist teilweise kostspielig und sehr anspruchsvoll. Des Weiteren möchten menschliche Entscheider ihren Einfluss nicht vollständig aufgeben. Daher werden Gestaltungsansätze benötigt, die ein effizientes Miteinander von automatischen Mechanismen und deren Kontrolle und Optimierung durch menschliche Bediener ermöglichen.

⁶ Weitere Beispiele umfassen hohe Geschwindigkeiten, die ohne Hilfsmittel nicht erfasst werden können (z.B. Getränkeabfüllung mit 50.000 Flaschen pro Stunde) oder die Überwachung von durch den Menschen nicht wahrnehmbaren Qualitätsparametern (z.B. bei der Lackierung von Automobilen).



3.3 Flexibler Personaleinsatz

Bereits heute besteht eine starke Nachfrage nach flexiblem Personaleinsatz. Aktuelle Entwicklungen lassen darauf schließen, dass dieser Bedarf noch steigen wird.

Die **Absatzzahlen sind hoch volatil** geworden. Verlässliche Prognosen zum Personalbedarf sind daher kaum möglich. Die extremen Konjunkturschwankungen führen zu einer weiteren Verunsicherung, die den Unternehmen eine längerfristige Personalplanung zusätzlich erschwert.

Viele Unternehmen reagieren darauf mit einem **zunehmenden Einsatz von Zeitarbeitern**. Dadurch reduziert sich der Anteil der Stammelegschaft, die langfristig angestellt ist. Der Anteil der Zeitarbeiter steigt - und damit auch die Fluktuation.

Andererseits werden neue Ideen für **flexiblere Arbeitszeitmodelle** diskutiert, um auf die schwankende Auftragslage zu reagieren. Darunter:

- Der bewusste Aufbau von umfangreichen Zeitkonten in absatzstarken Monaten mit anschließendem Zeitabbau in absatzschwachen Phasen.
- Ein flexiblerer Wechsel von Wochenarbeitszeiten sowie Teil- und Vollzeitbeschäftigung, der auch Veränderungen in der persönlichen Priorisierung von Freizeit und Gehalt in unterschiedlichen Lebensabschnitten abbilden kann.
- Lebenszeitkonten, die unabhängig von der Firmenzugehörigkeit geführt werden und somit auch bei Wechsel des Arbeitgebers erhalten bleiben.

Auch in Bezug auf die Arbeitsschwerpunkte der einzelnen Mitarbeiter werden sich die Flexibilitätsanforderungen erhöhen:

- *Breiteres Aufgabenfeld – breitere Qualifizierung*
Durch den erhöhten Automatisierungsgrad und die zunehmende Vernetzung (vgl. Abschnitt 3.1) wird die aktuell dominierende 1:1-Zuordnung von Mitarbeiter zu Maschine aufgelockert. Mitarbeiter werden zukünftig flexibler auf Produktionsereignisse reagieren und stark unterschiedliche Aufgaben ausführen. Damit steigt die Vielfältigkeit des individuellen Aufgabenspektrums. Gleichzeitig wird eine breitere Qualifizierung für verschiedene Aufgaben und Tätigkeitsfelder wichtig (vgl. nächster Abschnitt).
- *Auf Abruf bereit*
Zukünftig werden von Mitarbeitern häufiger Ad-hoc Arbeitseinsätze und kurzfristige Reaktionen auf kritische Ereignisse verlangt werden. Vernetzung und Echtzeitfähigkeit der Systeme sowie die Ausstattung mit mobilen Geräten schaffen dafür die technischen Voraussetzungen – auch außerhalb der üblichen Arbeitszeiten.
- *Mobil im Dienst*
Ebenso werden mit Hilfe von mobilen Geräten bestimmte Tätigkeiten auch von unterwegs und sogar von Zuhause erledigt werden können.



3.4 Mitarbeiterqualifikation

In Branchen mit hohem Automatisierungsgrad lässt sich für die westlichen Länder eine Entwicklung zu weniger Mitarbeitern mit wachsenden Zuständigkeiten und Aufgabenfeldern beobachten. Insbesondere für die Gruppe der Maschinenbediener ergeben sich daraus **steigende Qualifizierungsanforderungen**. Sie müssen mit verschiedenen Maschinen und Fertigungsverfahren vertraut sein, Kenntnisse über gesamte Produktionslinien und –abläufe entwickeln und auf unterschiedlichste Störfälle schnell und kompetent reagieren können. Zudem werden die Aufgaben komplexer, da teilweise Informationen von mehreren vernetzten Anlagen gleichzeitig berücksichtigt werden müssen.

Neben dieser Entwicklung wird ein gegenläufiger Trend zum vermehrten Einsatz von kaum qualifizierten bis ungelernten Mitarbeitern berichtet, vor allem in Niedriglohnregionen. Häufig ergeben sich hier besonders günstige Produktionskosten durch einen niedrigen Automatisierungsgrad und einen hohen Einsatz **gering ausgebildeter Arbeitskräfte**. Darüber hinaus kann oft die Produkteinführungszeit (time to market) minimiert werden, wenn auf die Entwicklung aufwendiger Automatisierungslösungen verzichtet wird und sofort mit der manuellen Fertigung gestartet werden kann.

So zeichnen sich für die Zukunft insbesondere die folgenden Anforderungen für die Gestaltung von Mensch-Technik-Interfaces ab:

- *Hohe Usability*

Die Bedienoberflächen müssen so gestaltet sein, dass sie auch von Mitarbeitern mit wenig Erfahrung, geringer Qualifikation und niedrigem Bildungsniveau schnell verstanden und leicht bedient werden können.

- *Personalisierung*

Die Bedienoberflächen müssen Mitarbeitern mit sehr unterschiedlichen Kompetenzen und Bildungsniveaus gleichermaßen eine effektive und komfortable Nutzung ermöglichen. Diese Anforderung spricht für den Einsatz von Mechanismen zur Personalisierung der Benutzungsschnittstellen (vgl. Abschnitt 4.5).

- *Wissen im System bereithalten*

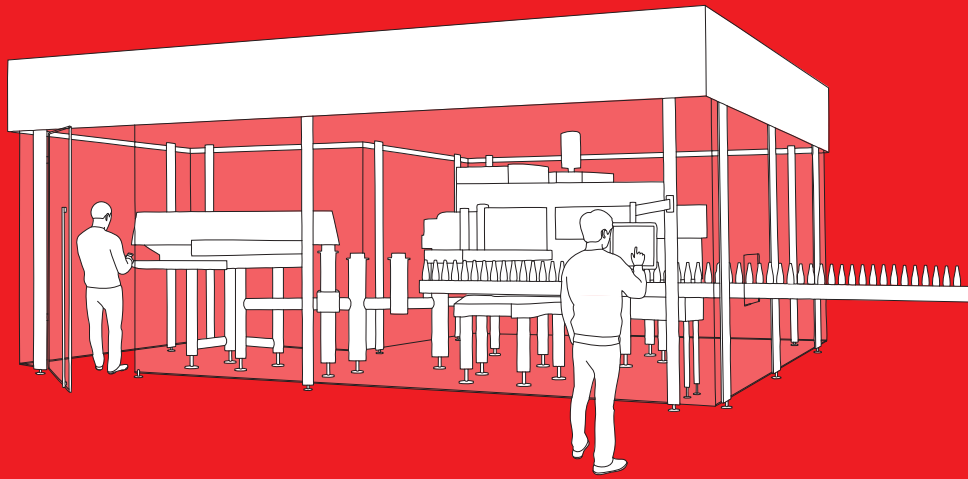
Die Bedienoberflächen sollten das für die Bearbeitung wichtiger Aufgaben erforderliche Wissen für den Nutzer bereithalten, um auch weniger erfahrene Mitarbeiter für diese Tätigkeiten zu befähigen und um einen häufigen Wechsel zwischen unterschiedlichen Aufgabengebieten zu unterstützen. Eine strukturierte Benutzerführung und kontextsensitive Hilfesysteme können hierfür einen wichtigen Beitrag leisten.

- *Lernförderlichkeit*

Bedienoberflächen müssen lernförderlich sein, d.h. sie müssen den Nutzer beim Erwerb neuer Kompetenzen unterstützen und Anreize bieten, sich immer wieder neu und weiter zu qualifizieren - auch im Hinblick auf den demografischen Wandel.

Neben ergonomischen User Interfaces werden vermehrt auch individuell zugeschnittene **Qualifizierungsmaßnahmen** benötigt werden, um den Bedarf an hochqualifiziertem und flexibel einsetzbarem Personal zu decken. Aktuelle und zukünftige Entwicklungen, die auf einen steigenden Weiterbildungsbedarf schließen lassen, umfassen u.a.:

- Die Produktlebenszyklen werden kürzer, Flexibilitätsanforderungen steigen. Dadurch werden Mitarbeiter häufiger mit Neuerungen konfrontiert werden.
- Die Fluktuation des Personals erhöht sich, da mit Hilfe von Zeitarbeitern auf kurzfristige oder saisonale Ereignisse reagiert wird. Häufig müssen neue Mitarbeiter schnell eingearbeitet werden (vgl. 3.3).
- Die Heterogenität der Nutzergruppen wird steigen (vgl. 3.8). Unterschiedliche Personenkreise müssen dieselben Produktionsprozesse beherrschen.
- Der Fachkräftemangel in westlichen Ländern wird die Unternehmen zunehmend mit der Herausforderung konfrontieren, neue Mitarbeiter selbst auszubilden und gezielt auf die unternehmensspezifischen Anforderungen vorzubereiten.
- Der demografische Wandel wird das Angebot an Arbeitskräften verändern. Auch ältere Mitarbeiter werden sich häufiger mit neuen Technologien und Prozesse vertraut machen müssen.



3.5 Standardisierte Prozesse und Nachvollziehbarkeit

Die Nachvollziehbarkeit der tatsächlich erfolgten Produktionsabläufe wird immer wichtiger. In gewissen Branchen wie z.B. Pharma- und Medizintechnik gibt es heute gesetzliche Verpflichtungen zur vollständig nachvollziehbaren Dokumentation. In anderen Bereichen schützen sich Unternehmen dadurch gegenüber Regressansprüchen und Reklamationen, indem sie genau nachweisen können, dass Vorgaben des Qualitätsmanagements eingehalten wurden. Je nach Branche ist daher teilweise ein Zugriff von über 10 Jahren auf Produktionsdaten zu gewähren.

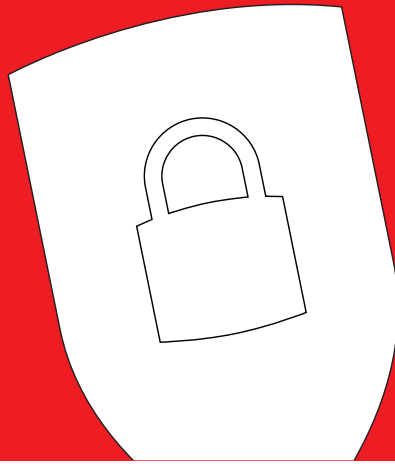
Im Zusammenhang mit der Vision der papierlosen Fabrik entsteht dadurch der Bedarf nach einer längerfristigen Speicherung und Archivierung von sehr **umfangreichen Datenbeständen**. Einerseits sind damit technische Herausforderungen der Speicherung, Recovery und Archivierung in langfristig kompatiblen Formaten verbunden. Andererseits ergeben sich auch signifikante Anforderungen an die Gestaltung der Mensch-Technik Schnittstellen: insbesondere müssen die gesuchten Inhalte leicht aufgefunden werden können und die Datenstrukturen müssen leicht verständlich auf dem User Interface dargestellt werden.

Neben der Nachvollziehbarkeit sprechen auch die Potenziale der Qualitätssicherung und der kontinuierlichen Optimierung für eine verstärkte Dokumentation der tatsächlichen Prozesse:

- Mit der Überwachung und Überprüfung des Produktionsprozesses kann die Einhaltung von Vorgaben kontrolliert werden.
- Die Dokumentation kann den kontinuierlichen Verbesserungsprozess unterstützen. Die erhobenen Daten können nachträglich zur Analyse herangezogen werden, um Anhaltspunkte für die Optimierung zu identifizieren. Insbesondere das Verhalten und entsprechende Resultate in noch nicht vollständig beherrschten Ausnahmesituationen können dabei genutzt werden, um Regelmäßigkeiten abzuleiten und passgenaue Verfahrensvorschriften zu entwickeln.

Ein wesentlicher Trend zur Sicherung einer gleichbleibend hohen Fertigungsqualität ist die **Standardisierung der Prozesse**. Ansätze zur Ablaufnormierung werden bereits seit vielen Jahren in der »Lean Production« genutzt. Bei dieser »schlanken Produktion« werden alle Fertigungsabschnitte, bei denen Mitarbeiter beteiligt sind, in klar definierte kleine Teilschritte eingeteilt. So können Fehlerquellen, die aufgrund einer fehlenden Ablaufspezifikation bestehen, vermieden werden. Darüber hinaus ermöglichen standardisierte Abläufe ein hohes Maß an **Benutzerführung** durch Mensch-Technik Systeme, um auch weniger qualifizierte Nutzer effizient in die Prozesse einzubinden. Auch für die Nachvollziehbarkeit ergeben sich gewisse Vorteile. In stark standardisierten Prozessen kann es ausreichen, Abweichungen vom Standard, wie beispielsweise manuelle Eingriffe in Fehlerfällen, zu dokumentieren.

Neben der Standardisierung der Abläufe innerhalb der Unternehmen wird für die Zukunft auch eine verstärkte **Standardisierung der Kommunikationsschnittstellen** zwischen Maschinen, Anlagen und übergeordneten Systemen wie SCADA und MES erwartet. Bestehende Standards, wie beispielsweise der Weihenstephaner Standard in der Lebensmittelindustrie, erfahren überwiegend eine hohe Marktakzeptanz. Jedoch reichen sie in vielen Fällen noch nicht weit genug, um eine umfassende Vernetzung über Systemgrenzen hinweg zu sichern.



3.6 Sichere Systeme

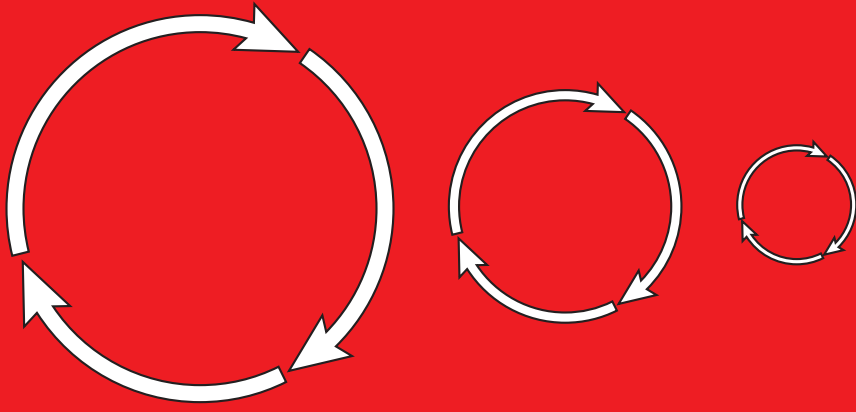
Die Sicherheit wird in Produktionsprozessen in der Zukunft einen noch höheren Stellenwert einnehmen.

An erster Stelle ist **die Arbeitssicherheit** zu nennen. Für industrielle Betriebe ist das Wohl ihrer Mitarbeiter nicht nur aus ethischen, sondern auch aus wirtschaftlichen Gründen von größter Bedeutung. Krankheits- und Ausfallzeiten sind Risiken, die gerade bei der zunehmenden Volatilität der Auftragslage minimiert werden müssen. In der westlichen Welt besteht bereits ein hohes, gesetzlich reguliertes Sicherheitsniveau, das angesichts des Fachkräftemangels auch im Interesse der Unternehmen eher noch steigen wird. Auch für die Schwellenländer ist absehbar, dass die Arbeitssicherheit an Bedeutung gewinnen wird und entsprechende Lösungen und Technologien vermehrt nachgefragt werden. Schließlich drückt sich in einem sicheren bzw. abgesicherten Umfeld auch eine Wertschätzung gegenüber den eigenen Mitarbeitern aus, was zu einer höheren Arbeitszufriedenheit, Mitarbeitermotivation und damit zu einer gesteigerten Produktivität führen kann.

Darüber hinaus sind sichere Produktionssysteme wichtig, um **Produktionsausfälle zu vermeiden**. Unerwartete Zwischenfälle, die eventuell größere Reparaturen nach sich ziehen, sind mit hohen wirtschaftlichen Verlusten verbunden und gefährden den immer prominenteren Erfolgsindikator der OEE (Overall Equipment Efficiency). Produktionsstillstand oder Einschränkungen mit Verzögerungen können auch organisatorische und logistische Probleme nach sich ziehen. Insbesondere wenn die Produktionsplanung sehr zeitkritisch berechnet ist (Just in Time-Produktion).

Durch den zunehmenden IT-Einsatz gewinnt auch die **IT-Sicherheit** zunehmend an Bedeutung. Eine sichere und zuverlässige IT-Infrastruktur wird immer wichtiger, um Ausfall- und Stillstandzeiten zu vermeiden und um eine optimale Planbarkeit zu gewährleisten. Eine wesentliche Herausforderung ergibt sich zusätzlich durch die zunehmende Öffnung der Produktionsnetzwerke. Waren diese in der Vergangenheit meist komplett autark und abgeschottet, werden sie zunehmend über das Internet gegenüber externen Netzwerken geöffnet. Die großen Vorteile, die sich dadurch für den Einsatz mobiler Geräte und eine vernetzte und schnelle Kommunikation zwischen verschiedenen Unternehmen und Standorten ergeben, stehen dabei neuen Sicherheitsrisiken gegenüber. Eine sichere IT-Infrastruktur umfasst daher u.a. die Sicherheit gegenüber Angriffen von außen, die Systemstabilität und Wiederherstellungsmöglichkeiten der IT bei Systemausfällen.

Neben den Sicherheitsrisiken, die der IT-Einsatz selbst mit sich bringt, wird heute jedoch zunehmend erkannt, dass der Fortschritt der Informationstechnik auch enorme Potenziale zur Steigerung der Produktionssicherheit mit sich bringt. So können Probleme und Fehler frühzeitig erkannt, manchmal sogar vorhergesagt oder vermieden werden, bevor sie auftreten. Darüber hinaus können interaktive Systeme die **Analyse und effektive Behebung von Fehlern** unterstützen (vgl. Abschnitt 4.2.3).



3.7 Produktvielfalt und kurze Produktzyklen

Heute gibt es kaum mehr größere Produktionsserien, die jahrelang in der gleichen Form laufen. Dieser Trend geringer Stückzahlen und kleiner Chargen wird sich wahrscheinlich in den nächsten Jahren noch verstärken. Ein Grund liegt in der massiven Verkürzung der Produktlebenszyklen. Ein anderer liegt in der steigenden Produktvielfalt im Zuge des Megatrends der Diversifizierung und Individualisierung.

Die wesentliche Herausforderung dieser Entwicklung besteht darin, den Engineering Aufwand bezüglich Kosten und Zeit wirtschaftlich auf immer kleiner werdende Serien umlegen zu müssen. Ansätze, die in diesem Zusammenhang zukünftig an Bedeutung gewinnen werden, umfassen u.a.:

▪ Modularisierung

Durch den Ansatz der Mass Customization wird versucht, die Vorteile der günstigen Massenfertigung auf die Produktion von individualisierten Produkten zu übertragen. Häufig basiert eine Umsetzung auf einem massentauglichen Grundprodukt, das in bestimmten Eigenschaften angepasst werden kann, um vielfältige Varianten zu erzeugen. Andere Ansätze der Mass Customization beruhen auf Baukastenmodellen zur modularen Zusammenstellung eines individuellen Produkts.

▪ Einfachere Fertigungstechniken

Auch über eine Vereinfachung mehrstufiger Produktionsprozesse wird man zukünftig versuchen, den Engineering Aufwand zu reduzieren. Generative Fertigungsverfahren, wie sie heute noch vorwiegend für Rapid Prototyping eingesetzt werden, bieten hierfür insbesondere bei kleinen Stückzahlen hervorragende Potenziale.

▪ Hybride Automatisierungslösungen

Insbesondere um mit den rasanten Produktzyklen Schritt halten zu können, wird man sich um eine deutliche Beschleunigung der Planungsverfahren bemühen müssen. Um die Zeit zwischen Konstruktion und Produktion zu minimieren und dennoch nicht auf die Vorteile der Automatisierung verzichten zu müssen, werden hybride Automatisierungsmodelle an Relevanz gewinnen, die bei extrem kurzer Planungsphase sofort mit einer überwiegend manuellen Fertigung starten und »unterwegs« zunehmende Automatisierung und Feinjustierung vorsehen.

▪ Parametrieren statt Programmieren

Engineering Tools werden zukünftig vor allem auch daran gemessen, in wie weit sie in der Lage sind, komplexe und dynamische Produktionsprozesse effizient vorzubereiten und zu unterstützen. Unter dem Schlagwort »Parametrieren statt Programmieren« wird heute ein erfolgversprechender Ansatz geführt, der es ermöglicht, durch die Angabe fallspezifischer Parameter ein Basisprogramm schnell und einfach so anzupassen, dass eine große Palette verschiedener Varianten abgedeckt werden kann. Vor allem eine derartige Erstellung aufgabenangemessener Human-Machine Interfaces ist heute noch eine Herausforderung.

▪ Effizientes Umrüsten

Mit geringeren Stückzahlen und häufigeren Chargenwechseln wird die Minimierung der Aufwände des Umrüstens zu einem strategischen Ziel bei der Reduktion nicht-produktiver Zeiten. Automatisierte Lösungen, die das Chargen- und Rezeptmanagement verbinden und manuelle Umrüsttätigkeiten minimieren, können große Effizienzvorteile bringen und Fehlerquellen ausschließen. Ansonsten ist die Systemgestaltung so auszurichten, dass die erforderlichen Tätigkeiten zum Umrüsten einfach, schnell und fehlerfrei durchgeführt werden können. Instruktive Bedienoberflächen können hier effektive Hilfestellungen bieten.



3.8 Internationalisierung

Die Globalisierung prägt die heutigen und zukünftigen Rahmenbedingungen der Produktion entscheidend – insbesondere durch die folgenden drei Aspekte:

- *Internationale Märkte*

Wir bewegen uns in globalen Märkten. Deutsche und europäische Produkte finden Absatzmärkte in der ganzen Welt und müssen sich gegen Produkte aus allen Teilen der Welt behaupten. Ebenso erfordert die heimische Produktion den Einkauf und die Zulieferung von Rohstoffen und Komponenten aus verschiedenen Ländern.

- *Internationale Zusammenarbeit und Netzwerke*

Produkte werden heute häufig in internationalen Netzwerken produziert. Dabei sind die beteiligten Standorte oft über verschiedene Kontinente verteilt. Die Mitarbeiter der verschiedenen Teams stammen aus unterschiedlichen Kulturen.

- *Service und Wartung in der Ferne*

Die Maschinen und Anlagen der führenden Hersteller werden in alle Welt ausgeliefert. Dennoch wird unmittelbare Erreichbarkeit und sofortige Reaktion verlangt, um Probleme kurzfristig zu beheben oder um geplante Wartungs- und Serviceleistungen zu erbringen.

Für die Gestaltung effektiver **Mensch-Technik Systeme** ergeben sich damit die folgenden Konsequenzen und Anforderungen:

- *Internationales HMI-Design*

Optimale HMI-Gestaltungslösungen erfordern ein tiefes Verständnis der Nutzer, ihrer mentalen Modelle, Arbeitsweisen und Bedürfnisse. Dabei genügt es meistens nicht, die interkulturell unterschiedlichen Bedeutungen der Farben zu berücksichtigen. Kulturelle Standards beeinflussen darüber hinaus auch die Interpretation von Icons und Symbolen, sowie das Verständnis von Prozessen und Zusammenarbeit, Arbeitsweisen und Lerngewohnheiten.

- *Internationales HMI-Engineering*

Software-Lösungen zur Erstellung und Verwaltung von Human-Machine Interfaces sollten alle Voraussetzungen für eine sichere und effiziente Internationalisierung erfüllen. Dabei ist es nicht nur wichtig, dass HMIs mit unterschiedlichen Schriftarten, Sprachversionen, Leserichtungen etc. ermöglicht werden, sondern auch, dass der Engineering-Prozess zur Bereitstellung vielfacher, lokalisierter Varianten optimal unterstützt wird. Ein Beispiel hierfür könnten intelligente Mechanismen zur Verwaltung von verschiedenen Sprachversionen sein, die unter anderem die unterschiedlichen Textlängen auf Schaltflächen mit berücksichtigen.

- *Glocalization*

Eine erfolgreiche HMI-Gestaltung für internationale Absatzmärkte und Nutzergruppen erfordert eine strategische Positionierung zwischen den Polen des globalen Designs und der Lokalisierung. Dabei muss insbesondere geklärt werden, welche Bestandteile der Bedienoberfläche einheitlich gestaltet und welche an unterschiedliche Sprachräume und Kulturen angepasst werden sollen.

- *Remote Zugriff*

Der Fernzugriff auf wesentliche Informationen und Funktionen des Produktionssystems und einzelner Maschinen wird in Zukunft eine zentrale Anforderung wirtschaftlicher Systeme. Insbesondere die Möglichkeit, Service- und Wartungsleistungen, die eine hohe technische Kompetenz erfordern, aus großen Entfernungen fachgerecht durchzuführen, wird zukünftig an Bedeutung gewinnen. Neben einer entsprechenden technischen Infrastruktur erkennen immer mehr Unternehmen die hierfür notwendigen Voraussetzungen in der HMI-Gestaltung, die u.a. prozess-angemessene interaktive Funktionen, transparente Visualisierungstechniken und effektive Kommunikationsmöglichkeiten umfassen.



3.9 Nachhaltigkeit

»Nachhaltigkeit« wird in der Öffentlichkeit, der Politik und in Unternehmen vermehrt diskutiert. Wesentliche Gründe hierfür liegen in der schnell wachsenden Weltbevölkerung, der starken Nutzung knapper werdender Naturressourcen und der Anhäufung von Abfallprodukten. Schon heute werden Produktionssysteme nachgefragt, die Umweltgesichtspunkte gleichberechtigt mit sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten berücksichtigen. Eine weiter zunehmende Bedeutung ressourcen- und umweltschonender Technologien ist deutlich absehbar.

Für Unternehmen stellt sich mittlerweile auch die Frage, inwiefern sie durch eine Betonung der Nachhaltigkeit positive Effekte auf Image und Kaufentscheidungen erzielen können. Dies gilt sowohl für die Nachhaltigkeit bei der Herstellung des Produkts als auch bei der anschließenden Nutzung durch den Kunden.

Nachhaltige Produktionsprozesse können **Kosten einsparen**. Häufig wird bei diesem Thema an einen energiesparenden und ressourcenschonenden Herstellungsprozess gedacht. Hierbei können vielfältige Lösungen gefunden werden, wie z.B. das direkte Recyceln von Abwärme, die Minimierung von Wasserverbrauch, die Konstruktion von Leichtbaumaschinen oder die Optimierung der Energieeffizienz. Somit birgt dieses Thema viel Potenzial, um sich preispolitisch gegenüber dem Wettbewerber abzusetzen.

Auch die **Reduktion von Beförderungswegen** ist ein wichtiger Aspekt. Einerseits werden weite Transportwege zwischen global verteilten Stationen einer Produktentstehungs- und -nutzungskette zunehmend kritisch hinterfragt. Andererseits wird diskutiert, ob der immense tagtägliche Pendelverkehr minimiert werden kann, indem wieder mehr **Produktionsstätten in die Städte** verlagert werden. Das Schlagwort »Urban Production« wird auch im Hinblick auf das stetige Wachstum der Städte interessant. Erstmals in der Geschichte der Menschheit leben mehr Menschen in Städten als auf dem Land. Somit benötigen Städte immer mehr Ressourcen und produzieren immer mehr Abfall. Dieser Abfall könnte zukünftig auch als Ressourcenmine für die Produktion interessant werden. Umgekehrt könnte industrielle Abwärme zur Beheizung von Wohnraum genutzt werden.

Gerne wird das Thema auch unter dem englischen Begriff »sustainability« behandelt und ist in Unternehmen teilweise mit anderen Bereichen verzahnt, wie dem **Gesundheitsmanagement**, der **Ergonomie** oder der **Arbeitssicherheit**. Letztere betrachten die Nachhaltigkeit der eigenen menschlichen Ressourcen, und lenken den Blick auf die Frage, wie die Gesundheit der Belegschaft, die Leistungsfähigkeit und die Mitarbeitermotivation längerfristig gesichert werden können. Neben einfachen Maßnahmen des Gesundheitsschutzes wie die Reduktion von offen gelagerten Chemikalien und die Nutzung von separaten Lagerräumen werden häufiger auch gesundheitsfördernde Programme für die Mitarbeiter angeboten.

Bei der Gestaltung zukünftiger Mensch-Technik Schnittstellen ergeben sich daraus die folgenden Anforderungen:

▪ *Transparenz*

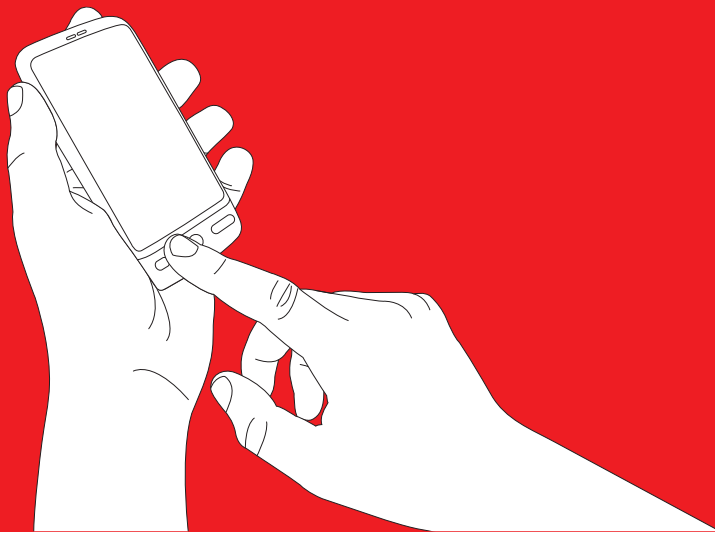
Eine wesentliche Voraussetzung für die Optimierung der Nachhaltigkeit wird es sein, sowohl Arbeitern als auch Entscheidern die Belastung relevanter Ressourcen in einer angemessenen Weise transparent zu machen. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass die Informationen so dargestellt werden, dass sie von der adressierten Zielgruppe leicht interpretiert werden können und als bedeutsam eingestuft werden.

▪ *Motivation*

Darüber hinaus ist es wichtig, den Mitarbeiter für die Unternehmensziele zu gewinnen und sein Verhalten in diese Richtung beeinflussen zu können. Gestaltungsansätze des »Persuasive Designs«⁷ und des »Gamified Designs«⁸ können hier einen wichtigen Beitrag leisten, um Einstellungen und Verhaltensweisen durch neue Einsichten und positive Anreize zu verändern (vgl. Abschnitt 4.1.3).

⁷ Persuasive Design zielt darauf ab, Einstellungen und Verhaltensweisen des Nutzers in einem positiven Sinn zu verändern. Dabei wird kein Zwang ausgeübt, sondern mit Überzeugung und sozialem Einfluss gearbeitet.

⁸ Gamified Design bezeichnet die Anwendung von Gestaltungsmerkmalen und Mechanismen, die für interaktive Computerspiele typisch sind, auf andere Anwendungsbereiche wie z.B. Arbeitsmittel, Businessapplikationen, Konsumentenprodukte, etc.



3.10 Mobile Geräte

Mobile Geräte sind mittlerweile **sehr weit verbreitet**. Laut Bundesverband BITKOM nutzen zum 16.4.2012 rund 88% aller Deutschen (über 14 Jahre) ein Handy und jeder dritte Deutsche besitzt bereits ein Smartphone⁹. Auch weltweit sind die Absatzzahlen von Mobiltelefonen in den vergangenen Jahren stetig gestiegen¹⁰. Durch Browserbasierte Remote-Applikationen und die Installation von speziellen Apps sind Smartphones und Tablets heute sehr vielseitig einsetzbar. Auch im Bereich der Produktion werden bereits Apps genutzt. Durch den Ausbau der Mobilfunknetze und Wireless LAN sowie den verbesserten Datenübertragungsraten können heute auch solche Services mobil genutzt werden, die eine gute Datenanbindung erfordern.

In einer vernetzten Produktionsumgebung (vgl. Abschnitt 3.1) kann über mobile Geräte von überall auf die verschiedenen Informationen und Systeme zugegriffen werden. Dadurch ergibt sich eine gewisse **Ortsunabhängigkeit**, d.h. eine räumliche Entkopplung von Bediener und Wirkungsort:

- Insbesondere für großflächige Produktionsanlagen ergibt sich der Vorteil, dass Informationen aus verschiedenen Hallen an jedem beliebigen Ort verfügbar gemacht werden können. So können Mitarbeiter, die für mehrere Maschinen oder gesamte Produktionslinien zuständig sind, permanent einen Überblick über die gesamte Anlage behalten oder Mitteilungen zu konkretem Handlungsbedarf erhalten und Details zu beliebigen Maschinen und Vorgängen abrufen, ohne große Strecken zurücklegen zu müssen. Daraus ergeben sich u.a. interessante Szenarien für eine ad hoc Dokumentation von Auffälligkeiten und für eine schnelle Reaktion auf Echtzeitinformationen zu Fehlern oder anderen dringenden Handlungsbedarfen (vgl. Abschnitt 3.2).

- Darüber hinaus können über mobile Geräte auch Mitarbeiter in die Behandlung von Fehlern oder Problemen einbezogen werden, die sich gerade nicht in der Produktionsstätte befinden. Dies ermöglicht flexiblere und effiziente Reaktionen auf kritische Ereignisse und erhöht die Produktivität der Belegschaft. Bestimmte Tätigkeiten können damit auch von zu Hause ausgeführt werden, was flexiblere Arbeitszeiten und eine verbesserte Vereinbarkeit von Familie und Beruf fördern kann.

Andererseits können durch eine Lokalisierung der mobilen Geräte **ortsbezogene Dienste** realisiert werden. So kann das Informations- und Funktionsangebot je nach Ort des Nutzers angepasst werden, um beispielsweise rechtliche Einschränkungen der Maschinenbedienung außer Sichtweite umzusetzen. Oder Informationen, die am aktuellen Ort besonders relevant sind, können automatisch zur Anzeige gebracht werden, z.B. Detailinformationen zur nahegelegenen Maschine. Wenn sinnvolle Vorannahmen getroffen werden können, kann auf diese Weise der Interaktionsaufwand am mobilen Gerät minimiert werden.

Schließlich kann die Ortung des mobilen Geräts auch für das Management des gesamten Produktionsgeschehens und der Personalplanung genutzt werden. So kann beispielsweise bei der Delegation von dringenden Aufgaben der aktuelle Ort der Mitarbeiter berücksichtigt werden, um Reaktionszeiten und Laufwege zu minimieren. Und bei Herantreten an eine Maschine kann der Besitzer des erkannten Geräts automatisch als Nutzer an der Maschine angemeldet werden, um eine personenbezogene Dokumentation und Rechteverwaltung zuverlässig und effizient umzusetzen.

Angesichts der zunehmenden Verbreitung von Apps, Smartphones und Tablets ist für die Zukunft denkbar, dass auch **maschinennahe Funktionen über mobile Geräte nutzbar** gemacht werden. Womöglich wird in bestimmten Fällen kein maschinen-eigenes Bedienpanel mehr benötigt und das gesamte Human-Machine Interface kann - mit Ausnahme des Notaus-Schalters und wenigen mechanischen Bedienelementen – auf mobile Geräte verlagert werden.

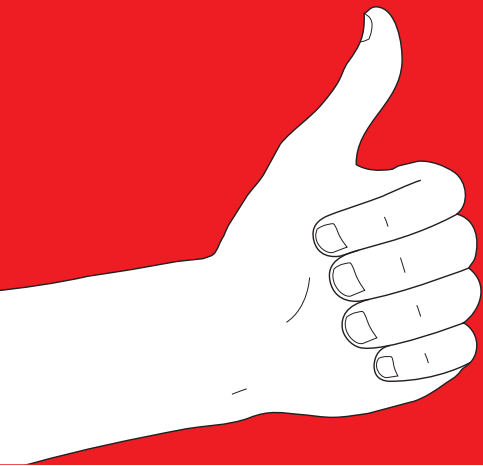
Da mobile Geräte überwiegend von einzelnen Nutzern als persönliche Geräte genutzt werden, bieten sie beste Voraussetzungen für eine **Individualisierung** der Benutzungsschnittstellen. So können beispielsweise die Ausführlichkeit und Detailtiefe der dargestellten Informationen an den individuellen Kenntnisstand und Bedarf des jeweiligen Nutzers angepasst werden.

⁹ BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.: Jeder Dritte hat ein Smartphone, Berlin, 2012, http://www.bitkom.org/de/presse/8477_71854.aspx (abgerufen am 12.09.2012)

¹⁰ Statista GmbH: Absatz von Mobiltelefonen weltweit in den Jahren 2005 bis 2011 (in Millionen Stück), <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/192704/umfrage/absatz-von-mobiltelefonen-weltweit-seit-2005/> (abgerufen am 12.09.2012)

Bei der Gestaltung von **Mensch-Technik Schnittstellen für mobile Geräte** ergeben sich besondere Anforderungen, u.a. die folgenden:

- Die relativ kleinen Displays der meisten mobilen Geräte erfordern eine sorgfältige Auswahl der darzustellenden Informationen. Häufig ist es notwendig, größere Informationsblöcke in kleinere Einheiten zu unterteilen und aufgabenangemessene Navigationspfade zwischen den Teilschritten anzubieten.
- Auch die mobile Dateneingabe ist häufig mühsam und sollte auf die wirklich nötigen Eingaben beschränkt werden. Häufig eingegebene Werte können als Vorauswahl angeboten werden. Suchfunktionen können lange Navigationspfade abkürzen und sind besonders effektiv, wenn sie automatische Wortvervollständigung beherrschen und häufige Optionen direkt als Vorauswahl anbieten. Zusätzlich bieten alternative Eingabetechnologien (wie z.B. Sprache) große Potenziale.
- Die mobile Kommunikation leidet teilweise noch unter relativ geringen Datenübertragungsraten. Kommunikationskonzepte, die beispielsweise nur eine punktuelle Serververbindung erfordern und ansonsten auf lokalem Arbeiten und Speichern auf dem mobilen Gerät beruhen, können dies zumindest teilweise kompensieren.
- Die Entwicklung von Benutzungsschnittstellen, die auf mehreren verschiedenen Plattformen genutzt werden, ist immer noch eine große Herausforderung – sowohl aus Perspektive der Technologien und des effizienten Engineerings als auch der Usability (vgl. Abschnitt 4.5). Außerdem soll für den Nutzer in der Produktionshalle ein nahtloser Übergang zwischen den HMIs der mobilen Geräte und der Maschinenpanels bzw. PCs gewährleistet werden.
- Werden mobile Geräte für Warnungen und Fehlermeldungen genutzt, muss bedacht werden, dass sie nicht immer die visuelle Aufmerksamkeit des Nutzers genießen. In diesem Fall empfiehlt sich der Einsatz von akustischen Signalen und Vibration (vgl. Abschnitt 4.3).



3.11 Social Media

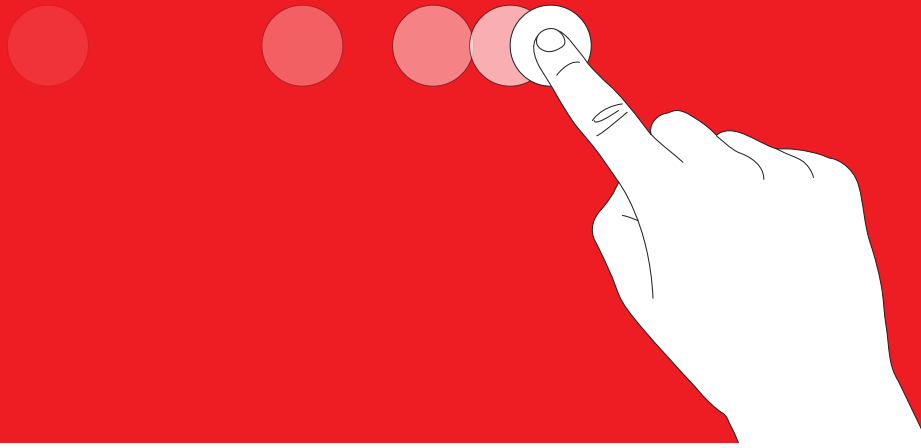
Der unternehmensinterne Einsatz von Social Media in deutschen Unternehmen ist heute noch recht gering. Weniger als 10% geben Ende 2011 / Anfang 2012 an, Social Media in der Produktentwicklung (7%), dem Wissensmanagement (7%) oder der Produktion (3%) einzusetzen¹¹.

Zukünftig ist jedoch zu erwarten, dass die großen Potenziale, die Wikis, Blogs, etc. gerade in diesen wertschöpfenden Bereichen bieten, deutlich stärker genutzt werden. Die Idee, Mitarbeiter, die bisher nur Informationsempfänger waren, über die Nutzung von HMI-Systemen aktiv in die Prozesse des Wissensmanagements, der Produktionsplanung und –steuerung (PPS) und der kontinuierlichen Verbesserung einzubeziehen, ist hoch attraktiv. Potenzielle Einsatzfelder von Social Media umfassen u.a.:

- Mitarbeiter können Textbeiträge oder Audio- und Video-Clips erstellen, um anderen Kollegen zu helfen, z.B. bei der Bearbeitung von schwierigen Aufgaben oder bei der Behebung von Problemen, die schon einmal erfolgreich gelöst wurden. Dies kann zu deutlichen Effizienzsteigerungen von Hilfesystemen und **Wissensmanagement** beitragen – sowohl auf Seite der Nutzer als auch seitens derer, die heute Hilfesysteme und Dokumentationen erstellen.
- Sensorinformationen, die eine Grundlage für intelligente Produktionsprozesse darstellen, können durch Mitarbeiter ergänzt, korrigiert oder validiert werden. Zusätzlich können Mitarbeiter Informationen zu Produktionsständen, Material- und Personalressourcen sowie Maschinenzuständen selbst beisteuern. So kann eine **zuverlässige Produktionsplanung und –steuerung** (PPS) in Echtzeit optimiert werden. Starre Zuweisungen von Arbeitsaufgaben zu einzelnen Mitarbeitern können durch kollaborative Verhandlungsmechanismen ersetzt oder ergänzt werden, um das Wissen aller Mitarbeiter für eine optimalen Kapazitätsnutzung einzusetzen.
- Mit Blogs können **aktuelle Ereignisse und Informationen** zur Verfügung gestellt werden. Neuigkeiten können wie an einer Pinnwand prominent positioniert werden. Abonnenten des Blogs werden automatisch benachrichtigt. So können zum Beispiel wichtige Hinweise an die Kollegen der nächsten Schicht übermittelt werden.
- Auch der **Kontinuierliche Verbesserungsprozess** (KVP) kann durch Social Media unterstützt werden. Die Zugänglichkeit über die permanent genutzten Mensch-Technik-Schnittstellen verringert die Hürde, eigene Anregungen und Verbesserungsvorschläge einzubringen. Durch eine sofortige Sichtbarkeit der Vorschläge und entsprechender Kommentarmöglichkeiten für alle Mitarbeiter werden darüber hinaus die Kreativität, Motivation und das Zusammengehörigkeitsgefühl gestärkt.

Im Vergleich zur technischen Implementierung derartiger Ansätze stellen die **organisatorischen Fragestellungen** rund um die Integration in bestehende Abläufe und Strukturen sicher die größere Herausforderung dar. Beispielhafte Problemfelder umfassen die Qualitätssicherung und Redaktion von nutzergenerierten Inhalten, die fachliche, organisatorische und soziale Kompetenz der verschiedenen Nutzergruppen sowie die effektive Weiterverwendung der gewonnenen Kenntnisse.

¹¹ BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.: Social Media in deutschen Unternehmen, Berlin, 2012, https://www.bitkom.org/files/documents/Social_Media_in_deutschen_Unternehmen.pdf (abgerufen am 21.02.2013)



3.12 Neue Technologien für die Mensch-Technik Interaktion

Der technische Fortschritt, insbesondere bei den Erkennungstechnologien, ermöglicht neue Formen der Mensch-Technik Interaktion, die weit über Knöpfe-Drücken und Mausbedienung hinausgehen. Neben Multi-Touch und Touch-Gesten sind bereits Sprachapplikationen im Einsatz. Vielversprechende Technologien mit einer längeren Perspektive umfassen die Blickbewegungsregistrierung (Eye Tracking, Gaze Control), tangible und haptische Interfaces und die Gestenerkennung im freien Raum. Neue Interaktionstechniken bieten **Alleinstellungspotenziale** über eine innovative Bedienung und können – wenn sie richtig eingesetzt werden – die **Effizienz** erhöhen und zugleich **Spaß** bei der Nutzung bereiten.

Entscheidend für den Erfolg neuer Bedienmechanismen ist jedoch, ob es Einsatzszenarien gibt, in denen sie einen echten Mehrwert bieten und ob sie in ein schlüssiges und intuitives Interaktionsdesign integriert werden können. Die heute absehbaren Potenziale neuer Interaktionstechnologien umfassen unter anderem:

▪ *Berührungslose Interaktion*

In einigen Anwendungsfeldern ist eine berührungslose HMI-Interaktion von großem Interesse. Einerseits aus hygienischen Gründen, sei es weil stark verschmutzte Finger den Touchscreen oder andere Bedienelemente nicht strapazieren sollen oder weil in einer Reinraumumgebung jedes unnötige Bedienelement vermieden werden soll und kapazitive Touchdisplays mit Handschuhen oft nicht bedient werden können. Andererseits bietet die berührungslose Interaktion die Möglichkeit, gleichzeitig eine manuelle Tätigkeit durchzuführen, die beide Hände erfordert, während am Bildschirm verschiedene Informationen abgerufen oder sogar eingegeben werden. Realisiert werden können diese Vorteile u.a. durch Blicksteuerung, Sprachsteuerung und (teilweise) durch Gestensteuerung.

▪ *Effizientere Nutzereingaben*

Bei der herkömmlichen Bedienung über Menüs und Touch oder Maus sind die möglichen Interaktionsschritte in der Regel auf die gerade dargestellten Objekte beschränkt. Dadurch ergeben sich häufig längere Interaktionssequenzen, um eine einfache Funktion über mehrere Untermenüs zu erreichen und aufzurufen. Mit Multitouch und Touchgesten werden heute bereits spezielle zusätzliche Funktionen direkt über eine einzige Nutzeraktion zugänglich gemacht. Spracherkennung bietet darüber hinaus die grundsätzliche Möglichkeit, nahezu alle Funktionen eines Systems zu jedem Zeitpunkt mit einem einzigen Befehl aufzurufen. Noch eindrücklicher wird der realisierbare Effizienzgewinn bei umfangreichen Texteingaben, die über Sprache einfach diktiert oder aufgenommen werden können.

▪ *Verschmelzung physischer und virtueller (IT-)Realität*

Augmented Reality (AR) bietet riesige Potenziale für die effiziente Handlungsunterstützung. Meist wird dabei der Blick durch eine spezielle Brille oder die Kamera eines mobilen Geräts mit zusätzlichen Informationen angereichert. So können Informationen zu Anlagen oder Werkstücken einblendet werden, oder korrekte Positionen und Bewegungsabläufe der Hand des Nutzers vorgezeichnet werden¹². Im Bereich der und Mitarbeiterqualifizierung sind v.a. Ansätze der Virtual Reality (VR) interessant. So können Übungsszenarien simuliert werden, in denen Mitarbeiter ohne Angst vor Fehlverhalten und ohne schwerwiegende Konsequenzen Arbeitsabfolgen in einem realitätsnahen Setting eintrainieren können.

Interaktionsmechanismen, die auf Erkennungstechnologien basieren, sind in der Regel fehleranfällig. Daher ist es wichtig, derartige Eingaben immer durch ein klares Feedback zu begleiten, damit der Nutzer sofort etwaige Erkennungsfehler bemerken und korrigieren kann. Darüber hinaus gibt es gerade bei der Maschinenbedienung häufig Funktionen, die absolut zuverlässig und unmittelbar ausgeführt werden müssen, um Störfälle oder Unfälle zu vermeiden. In diesen Fällen müssen die verwendeten Bedienmechanismen sicher und fehlerrobust sein.

¹² Siehe z.B. http://av.dfki.de/images/stories/Video/AR_Handbook-2013_v3.mp4

4 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE PRODUKTION

Die zukünftigen Rahmenbedingungen (s. Kapitel 3) stellen neue und veränderte Anforderungen an die Gestaltung der Mensch-Technik Schnittstellen in der Produktion. Zusätzlich haben sich in den letzten Jahren Vorgehensweisen und Lösungsansätze aus dem Feld der Human-Computer Interaction herausgebildet, die große Potenziale für eine effiziente und erfolgreiche Interaktion im Produktionsumfeld bieten. Einige dieser Ansätze haben sich bereits in anderen Branchen etabliert und können – entsprechend angepasst - auf die Anwendung in der Industrie übertragen werden. Ein Beispiel ist die gezielte Betonung emotionaler Nutzungsfaktoren, wie sie heute teilweise im Internet oder in der Automotive-Branche eingesetzt wird. Andere Ansätze wie etwa die multimodale Interaktion oder adaptive Benutzungsschnittstellen müssen sich hingegen noch stärker an aktuellen Forschungsergebnissen orientieren.

Die folgende Darstellung von Herausforderungen und Lösungsansätzen identifiziert Anforderungen und Best-Practice Ansätze für eine effektive HMI-Gestaltung und skizziert, welche spezifischen Eigenschaften einer HMI-Engineeringumgebung für erfolgreiche HMI-Projekte in der Zukunft wichtig sein werden.

Zur besseren Orientierung werden diese beiden Typen von Anforderungen durch graphische Wegweiser gekennzeichnet:



Anforderungen und Best-Practice Ansätze für die HMI-Gestaltung



Anforderungen an zukunftsichere HMI-Engineeringwerkzeuge

4.1 Design für den Menschen

4.1.1 Attraktives Design

Immer mehr Unternehmen erkennen die strategische Bedeutung einer **attraktiven Gestaltung der Human-Machine Interfaces**. Auch in der Produktion wird das Interaktionsdesign zunehmend als wichtiges Alleinstellungsmerkmal begriffen. Neben der reinen Funktionalität, der Zuverlässigkeit und Präzision der technischen Produkte rückt damit das Design immer mehr in das Bewusstsein der Entscheider.

Mit einem hochwertigen HMI-Design lassen sich insbesondere drei **strategische Zielsetzungen** verbinden:

▪ *Kommunikation*

Das HMI ist das (Inter-)Face, das Gesicht zum Nutzer und zum Kunden. Es bestimmt maßgeblich das Erlebnis des Nutzers mit dem Produkt und damit den Eindruck, den der Kunde gewinnt. Auch ein HMI, das mit wenig Sorgfalt entwickelt wurde, kommuniziert ein gewisses Image und eine gewisse Qualität. Setzt man diese Kommunikationsfunktion des HMI gezielt ein, so lassen sich Einstellungen der Kunden und Nutzer gegenüber dem Produkt, der Marke und dem Hersteller positiv beeinflussen. Zu Beginn eines HMI-Designs sollte daher geklärt werden, welche Eigenschaften und Besonderheiten, durch das HMI transportiert werden sollen und mit welchen gestalterischen Mitteln dies gelingen kann.

▪ *Innovation*

HMI-Design kann nicht nur helfen, dem Nutzer technische Innovationen zu kommunizieren und zu verdeutlichen. Vielmehr steckt in der HMI-Gestaltung selbst ein enormes Innovationspotenzial. Beispielsweise können Daten, die schon lange im System vorhanden sind, durch eine neuartige Visualisierungsform einen völlig neuen Wert für den Nutzer gewinnen. Darüber hinaus machen HMI-Skizzen und HMI-Prototypen technische Möglichkeiten und Vorgänge direkt erfahrbar. Damit sind HMI-Darstellungen ein hervorragendes Mittel, um sich mit Entscheidern, Kunden und Nutzern auszutauschen und Ideen für innovative Ansätze zu entwickeln.

▪ *Produktivität*

Durch eine hohe Usability der Bedienoberflächen lässt sich die Produktivität der Mitarbeiter maßgeblich optimieren. Eine intuitive Darstellung fördert schnelle Orientierung und fehlerfreies Bedienen. Effiziente Interaktion vermeidet unnötige Schritte und beschleunigt die Abläufe. Dadurch reduziert sich der Trainings- und Supportaufwand und viele Aufgaben können auch ohne Spezialisierung oder längere Einarbeitung direkt von verschiedenen Kollegen erledigt werden (vgl. Flexibler Personaleinsatz, Abschnitt 3.3). Für HMI-Engineering Tools spielt Usability eine doppelte Rolle: Einerseits müssen sie die Erstellung hochwertiger HMIs ermöglichen, andererseits reduziert sich der Engineering Aufwand, wenn die Entwicklungsumgebung selbst hohen Usability-Ansprüchen genügt.

Attraktive und leicht bedienbare HMIs stellen besondere Anforderungen an die Werkzeuge, mit denen sie entwickelt werden. Die wichtigsten dieser Anforderungen sind bereits in der Studie »Usability und Human-Machine Interfaces in der Produktion«¹³ des Fraunhofer IAQ zusammengefasst.

¹³ Bierkandt, J., Peissner, M., Hermann, F. & Hipp, C. (2011). Usability und Human-Machine Interfaces in der Produktion. Studie Qualitätsmerkmale für Entwicklungswerkzeuge. Dieter Spath, Anette Weisbecker (Hrsg.). Fraunhofer Verlag.



HMI-Tool 1 Import aus professionellen Graphikprogrammen

Des Weiteren kann eine moderne und attraktive Gestaltung insbesondere dadurch unterstützt werden, dass Graphikdateien aus anderen spezialisierten Graphiktools, die in Sachen Gestaltungsmöglichkeiten und moderner Effekte nach wie vor den Maßstab setzen, leicht importiert werden können.

4.1.2 Menschzentrierte Entwicklungsprozesse

Gutes Design dient nie dem Selbstzweck, sondern unterstützt immer bestimmte Ziele und adressiert dabei konkrete Zielgruppen. Die Feststellung, dass der Mensch - insbesondere der Nutzer - ins Zentrum aller Überlegungen bei der Entwicklung eines neuen Systems gestellt werden soll, ist eine wesentliche Einsicht vieler Industrieunternehmen in den letzten Jahren.

Die ISO-Norm 9241-210 »Human-centred design for interactive systems«¹⁴ beschreibt Prinzipien und Vorgehensweise einer menschenzentrierten Technikentwicklung (s. Abbildung 3). Neben der aktiven Einbeziehung zukünftiger Nutzer in allen Phasen der Entwicklung sieht dieser Standard insbesondere eine iterative Verfeinerung und Optimierung von Gestaltungsentwürfen vor, um schließlich mit einer hohen Wahrscheinlichkeit ein effizient nutzbares Produktdesign zu erreichen.

¹⁴ ISO/TC 159/SC 4 (2010). ISO 9241-210:2010 Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems.

Die meisten HMI-Entwicklungswerkzeuge sind jedoch heute noch nicht in der Lage einen derartigen Prozess effektiv zu unterstützen.



HMI-Design 1
HMI-Gestaltung in einem Human-Centered Design Prozess

Nutzerzentrierte Gestaltungsprozesse haben sich als extrem erfolgreich und gut praktikabel erwiesen. Unternehmen, denen ein hochwertiges HMI-Design am Herzen liegt, lehnen daher schon heute ihre Gestaltungs- und Entwicklungsprozesse an den Prinzipien der ISO 9241-210 an.

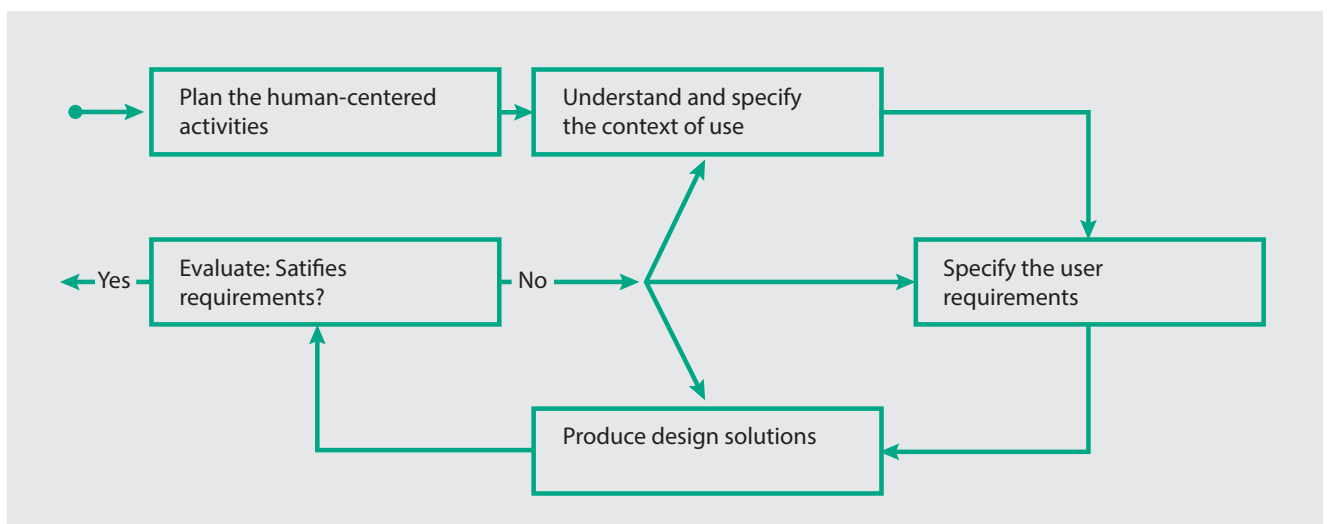


Abbildung 3: Human-Centred Designprozess nach ISO 9241-210.



HMI-Tool 2

Unterstützung iterativer Gestaltungsprozesse

Anstatt lediglich eine Plattform für die Definition des Endprodukts eines HMI-Designprozesses zu bieten, können fortschrittliche HMI-Entwicklungswerkzeuge u.a. die folgenden Eigenschaften mitbringen, die sich insbesondere auf ein Angebot verschiedener, aufeinander aufbauender Entwurfsformate zur kontinuierlichen Unterstützung eines Gestaltungsprozesses beziehen:

- Informationsarchitektur und Navigationsstruktur, sowie Unterstützung bei der Definition der zentralen Objekte und Sichten
- Anlegen von Raster und Layout-Templates, die über alle Bildschirmansichten hinweg verwendet werden können
- Wireframes und deren Verknüpfung in Storyboards (z.B. über Zustandsdiagramme oder Flussdiagramme)
- Einfache Erstellung von interaktiven Prototypen (Click-Dummies) auf der Basis von Wireframes, z.B. für frühe Benutzertests
- Graphisch ausgearbeitete User Interface Elemente, die als generische Module in einer Bibliothek vorgehalten werden, um sie in verschiedenen Interaktionssituationen referenzieren zu können
- Funktion zum Kennzeichnen, Kommentieren und Nachvollziehen von Verbesserungsvorschlägen (z.B. aus Benutzertests) und offenen sowie getroffenen Designentscheidungen im Gestaltungsentwurf
- Maßgeschneiderte Sichten und Bearbeitungsmöglichkeiten für die verschiedenen Rollen in einem Gestaltungsprozess, z.B. Entwickler, Designer, Produktmanager, User Researcher; sowie die Möglichkeit einer gleichzeitigen Kooperation an einem Projekt
- Unterstützung bei der Erstellung von Dokumentationen wie z.B. einer User Interface Spezifikation.
- Darüber hinaus könnte eine Unterstützungsfunktion zum Anforderungsmanagement im Gestaltungsprozess hilfreich sein. Dies könnte zum Beispiel durch eine Referenz von Gestaltungsentwürfen auf Anforderungen, die in einem Software-Tool gepflegt und verwaltet werden, abgedeckt werden. Eine etwas aufwändigere Alternative wäre das Management von Anforderungen direkt in der HMI-Umgebung. So könnte die HMI-Umgebung zum Beispiel CIF¹⁵-konforme Berichtformate für Anforderungsspezifikation oder Nutzungskontextbeschreibung unterstützen.

¹⁵ CIF: Common Industry Format. In einer aktuellen Initiative der ISO werden Dokumentationsformate für die (Zwischen-)Ergebnisse eines nutzerzentrierten Designprozesses definiert. ISO 25060 bietet hierfür den Rahmen: ISO/IEC TR 25060:2010 Systems and software engineering -- Systems and software product Quality Requirements and Evaluation (SQaRE) -- Common Industry Format (CIF) for usability: General framework for usability-related information

4.1.3 Mehr als ein Werkzeug

Eine wesentliche Aufgabe heutiger HMIs ist es, die Erledigung definierter Arbeitsaufgaben möglichst effizient zu unterstützen. Neben dieser reinen »Werkzeug«-Funktion können HMIs jedoch auch eine weiter reichende, unternehmensstrategische Wirkung entfalten. Im Wesentlichen können drei Wirkungsebenen von HMIs unterschieden werden (s. Abbildung 4):

- *Arbeitssicherheit durch Design-for-Error*

Eine gute Interaktionsgestaltung bezieht sich ganz systematisch auf Fehlersituationen wie Systemfehler (Störfälle) und Bedienfehler (Human error). Alle Eventualitäten, die zu unerwünschten Ergebnissen führen können, sollten während der Gestaltung bedacht werden. Design-Strategien zur Vermeidung, Erkennung und Behebung von Fehlern sind zentrale Merkmale eines sicheren und wirtschaftlichen Systems (vgl. Abschnitt 4.2.3).

- *Wohlbefinden und andauernde Produktivität durch Usability*

Neben Bemühungen zur Work-Life-Balance ist hier insbesondere die Ergonomie der Softwarelösungen zu nennen. Das Schlagwort »Usability« fasst die Eigenschaften eines interaktiven Systems zusammen, die eine effektive, effiziente und zufriedenstellende Erledigung der Arbeitsaufgaben ermöglichen. Durch eine klare Informationsdarstellung und eine komfortable Bedienung kann nachhaltig die Produktivität der menschlichen Arbeit gesteigert werden.

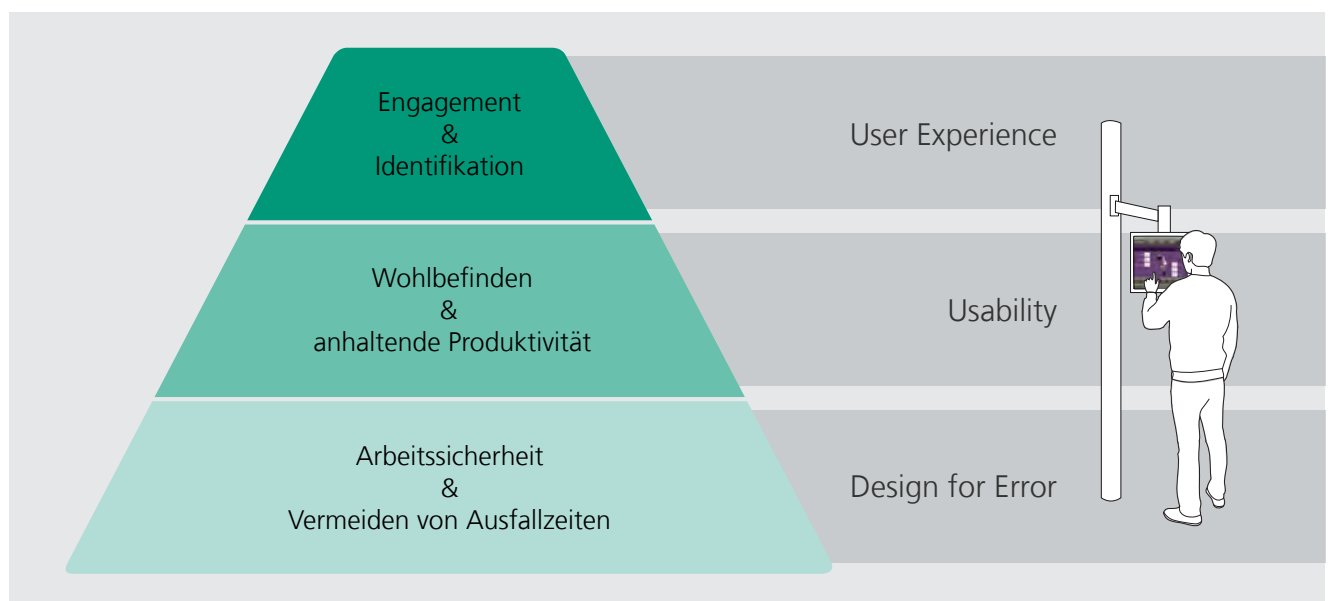


Abbildung 4: Ebenen der Mitarbeiterorientierung und deren Entsprechung im HMI-Design.

▪ Identifikation und Motivation durch User Experience

Die meisten Innovationen wären kaum denkbar ohne ein Engagement, das über das Pflichtpensum eines Arbeitnehmers hinausgeht. Ein KVP, der Verbesserungsvorschläge aus dem gesamten Kollegium erfordert, ist ein gutes Beispiel dafür. Die Identifikation des Mitarbeiters mit seinem Unternehmen und dessen Zielen ist eine wesentliche Voraussetzung hierfür. Ein derartiges Mitarbeiterengagement kann durch die Gestaltung der genutzten Mensch-Technik Systeme deutlich gefördert werden. Unter dem Schlagwort »User Experience« (UX, Nutzererleben) werden in den letzten Jahren Eigenschaften eines HMI zusammengefasst, die mehr bieten, als die Vermeidung von Bedienproblemen. User Experience meint positive Emotionen bei der Nutzung von technischen Systemen. Dazu benötigt es häufig Begeisterungsmerkmale und eine attraktive Gestaltung.

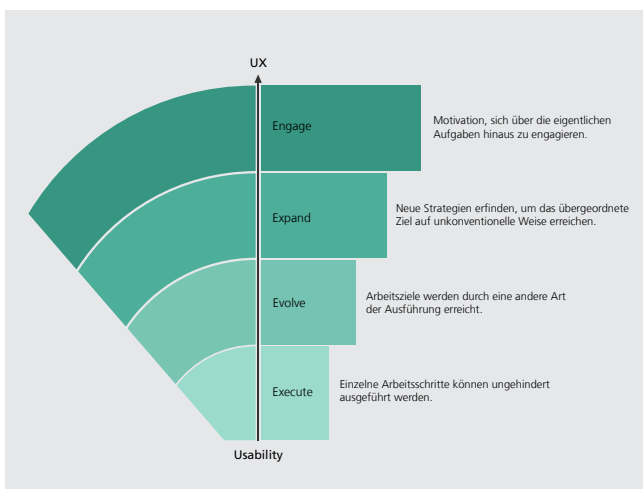


Abbildung 5: User Experience fördert Mitarbeiterengagement und Kreativität (nach Harbich & Hassenzahl, 2011).

User Experience (UX) wird heute als einer der wesentlichen Faktoren für den Erfolg eines Produkts betrachtet. Während das klassische Usability Engineering in erster Linie auf die erfolgreiche Bearbeitung von Arbeitsaufgaben abzielt und sich dabei vor allem auf die Vermeidung von Problemen und resultierendem Stress konzentriert, nimmt User Experience eine umfassende Perspektive ein:

- UX betrachtet das menschliche Erleben **ganzheitlich** und schließt damit insbesondere auch Emotionen bei der Nutzung ein.
- UX interessiert sich für die subjektive Wahrnehmung des Nutzers. Objektive Fakten treten gegenüber der **subjektiven** Empfindung in den Hintergrund.
- UX betrachtet insbesondere das **positive** Erleben. Im Gegensatz zur klassischen Usability-Perspektive, die eher auf das Vermeiden von Negativem abzielt, stehen hier positive Gefühle wie Begeisterung, Freude, Vertrauen, etc. im Fokus.

Während der Wert einer positiven User Experience für die Konsumgüterindustrie heute außer Frage steht, gibt es auch in der Industrie und für die Entwicklung von Investitionsgütern immer mehr Unternehmen, die die spezifischen Vorteile zu nutzen wissen. Eine bei Siemens durchgeführte Studie¹⁶ zeigt, dass unterschiedliche Ausprägungen der Berücksichtigung von User Experience im HMI-Design zu unterschiedlichen Verhaltensmustern bei der Arbeit führen. Die vier identifizierten Arbeitsweisen nennen die Autoren EXECUTE, EVOLVE, EXPAND und ENGAGE. Der höchste Level ist gekennzeichnet durch eine intrinsische Motivation der Mitarbeiter, die in hohem Maße durch UX-Merkmale positiv beeinflusst werden kann. Beispiele sind spielerische Elemente (Gamified Design) und die Möglichkeit, neue Interaktionsformen auszuprobieren (siehe Abbildung 5).

In dem von Fraunhofer IAO entwickelten Rahmenmodell »UXellence« wird ein positives Nutzungserleben direkt mit dem Erfüllen von menschlichen Grundbedürfnissen wie z.B. Wettbewerb (das Bedürfnis, besser zu sein als andere) oder Kompetenz (das Bedürfnis, etwas gut zu können und sich darin noch zu verbessern) verbunden (s. Abbildung 6). Wenn also ein HMI Gelegenheiten bietet, in denen grundlegende Bedürfnisse des Nutzers erfüllt werden können, können darüber positive Nutzungserlebnisse erzeugt werden. Diese werden mittelfristig zu einer stärkeren Bindung und Akzeptanz zwischen Nutzer und Produkt führen und zu einer höheren Mitarbeitermotivation.

Die Gestaltungsmöglichkeiten dafür reichen von einem erweiterten Funktionsumfang bis hin zu einer pointierten graphischen Aufbereitung. So kann zum Beispiel ein Feedback zu persönlichen oder gruppenbezogenen Leistungsparametern (z.B. Wie viel wurde in dieser Schicht bereits produziert?) zu einem Kompetenzerlebnis führen. Ansätze für Fehlerbehebung oder Wissensmanagement, die auf Mechanismen von Social Media und Communities bauen, können Bedürfnisse nach Beliebtheit im Kollegium (Popularität), Verbundenheit (in schwierigen Situationen helfen wir zusammen) oder Einfluss (meine Lösungsvorschläge können z.B. in allgemeine Prozessvorschriften für das ganze Unternehmen eingehen) ansprechen.

¹⁶ Harbich, S. & Hassenzahl, M. (2011). Using behavioral patterns to assess the interaction of users and product. *Int. J. Human-Computer Studies* 69 (2011). 496–508.

4. HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE PRODUKTION

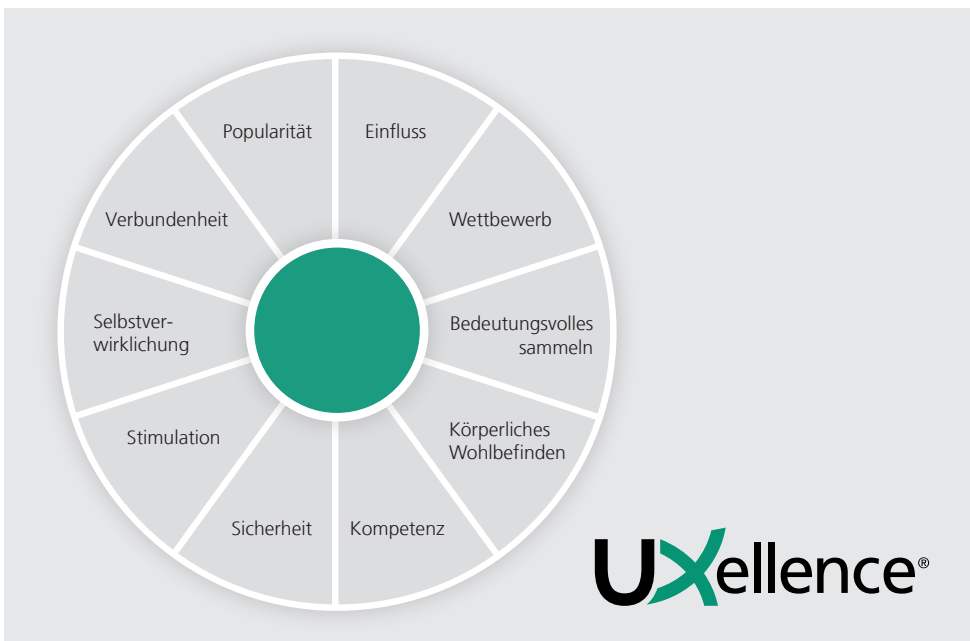


Abbildung 6. User Experience ist ein bewertendes Gefühl – ERLEBEN – bei der Interaktion mit einem Produkt. Diese Bewertung entsteht durch das Erfüllen oder Frustrieren menschlicher Grundbedürfnisse.



HMI-Design 2 Design für menschliche Grundbedürfnisse

Als Empfehlung für das HMI-Design lässt sich daraus ableiten, dass in der Konzeption und bei der Gestaltung gezielt nach Situationen und Gelegenheiten und Lösungen gesucht werden sollte, die neben einer optimalen Unterstützung der Arbeitsaufgaben die menschlichen Grundbedürfnisse der Nutzer ansprechen können.

Dabei ist selbstverständlich auf unterschiedliche Rollenverständnisse und Kontextbedingungen der verschiedenen Zielgruppen zu achten.

Ein spezielles Beispiel für die gezielte Ansprache menschlicher Grundbedürfnisse in Mensch-Technik Schnittstellen ist das »Gamified Design«, das Mechanismen und Gestaltungsansätze, die man aus Computerspielen kennt, anwendet, um ein möglichst hohes Involvement und eine hohe Nutzermotivation zu erreichen. Wesentliche Elemente sind dabei u.a. die Gestaltung bestimmter Aufgabenaspekte als eine Herausforderung für den Nutzer, Belohnungssysteme für Erfolge und der Wettbewerb mit anderen Spielern (Nutzern). Am Beispiel in Abbildung 7 wird deutlich, dass man »Spielmechanismen« gezielt einsetzen kann, um Nutzermotivation und Verhalten positiv zu beeinflussen. Ähnliche Ziele verfolgt das »Persuasive Design«.



Abbildung 7: Der Energieversorger PG&E nutzt das Bedürfnis nach Wettbewerb. Ein Smartmeter ermöglicht den Vergleich seines eigenen Energieverbrauchs mit Nachbarn.

Das Beispiel in Abbildung 8 versucht, durch die offene Darstellung des Wassers und die Beschränkung der ohne Unterbrechung ausgegebene Wassermenge auf einen Liter für einmal Händewaschen, sowohl das Bewusstsein für Wasserverbrauch als auch das tatsächliche Verhalten der Nutzer positiv zu beeinflussen.



Abbildung 8: Mit ihrem Wasserhahn »One Liter Limited« schärfen die Designer Yonggu Do, Dohyung Kim und Sewon Oh¹⁷ das Bewusstsein für Wasserverbrauch beim Händewaschen.

¹⁷ <http://www.yankodesign.com/2011/02/04/one-liter-limited/>

4.2 Die Rolle des Menschen in der vernetzten Produktion

Durch die Entwicklungen, die aktuell unter dem Schlagwort »Industrie 4.0« diskutiert werden (vgl. v.a. Abschnitte 3.1 und 3.2), kommen der menschlichen Arbeitskraft in der Produktion neue Aufgaben und Funktionen zu (Abbildung 9). Die zentrale Herausforderung zukünftiger HMI-Lösungen wird es sein, diese neuen Nutzerrollen effektiv zu unterstützen.

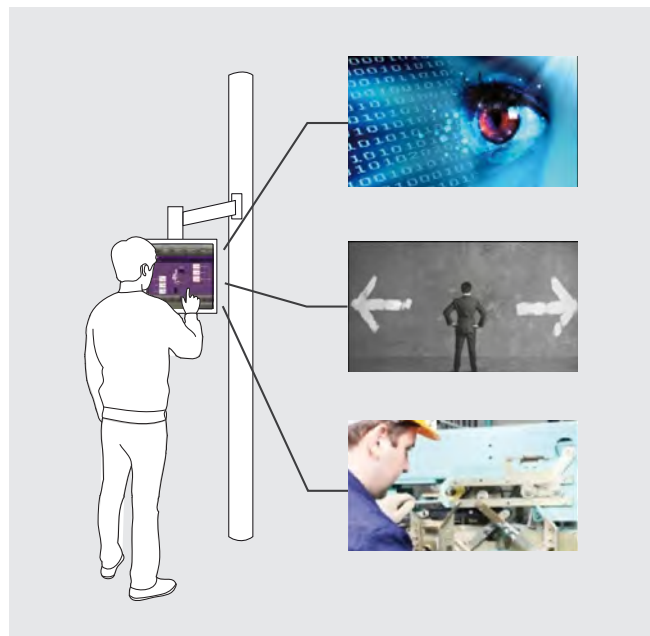


Abbildung 9: Neue Funktionen der Mensch-Technik Schnittstelle.

4.2.1 Mensch als Sensor

Um ein möglichst vollständiges und zuverlässiges Echtzeitabbild des Produktionsstatus zu erhalten, werden viele Informationen von unterschiedlichster Herkunft benötigt. Zunehmend können dafür Sensoren zur automatischen Erkennung und Erfassung von Material, Ort, korrekter Funktion, planmäßiger Prozessfortschritte, usw. eingesetzt werden. Doch der Sensorleistung sind natürliche Grenzen gesetzt. Einerseits können komplexe Zusammenhänge oft gar nicht durch Sensoren oder nur durch eine aufwändige Integration mehrere Sensorinformationen erfasst werden. Andererseits bleibt - insbesondere bei der gemeinsamen Auswertung verteilter Sensoren, z.B. zur Situationserkennung – eine gewisse Unsicherheit bestehen. Zuverlässige und effektive Produktionssysteme werden daher auch zukünftig auf den Menschen als zusätzlichen »Sensor« angewiesen sein. Er kann einen aktiven Beitrag zur Situationserfassung und zum Kontextmanagement leisten und so die Gesamtsensorleistung optimieren und - wo nötig – korrigieren. Für die Gestaltung zukunftsweisender HMIs lassen sich daher die folgenden Empfehlungen formulieren:



HMI-Design 3

Sensordaten darstellen: beiläufig und bedeutsam

Eine wesentliche Voraussetzung für die Beteiligung der menschlichen Akteure an einer zuverlässigen Situationserkennung ist, dass das HMI die Informationen, die sich aus der Integration von Sensordaten ergeben, zur Anzeige bringt. Dabei ergeben sich folgende Anforderungen:

▪ **Beiläufig:**

Informationen zum erfassten Zustand sollten permanent und so dargestellt werden, dass sie die eigentliche Interaktionsaufgabe des Nutzers nicht beeinträchtigen. Solange die Zustandsüberwachung nicht die primäre Aufgabe des Nutzers ist, sollte diese Information zwar deutlich erkennbar jedoch dezent angezeigt werden, solange keine Fehlersituation erkannt wird. Oft bietet sich hierfür eine schmale Statuszeile oder ein definierter Bereich der Titelzeile am oberen Rand des Displays an. Andere Statusinformationen können einfach direkt in graphische Repräsentationen der Maschine oder Produktionslinie, etc. integriert werden. Erst wenn ein Handlungsbedarf des Nutzers erkannt wird, sollte die Zustandsanzeige gezielt die Aufmerksamkeit des Nutzers auf sich ziehen, z.B. durch graphische Hervorhebungen oder sogar durch eine Dialogbox, wenn der Nutzer zur Kenntnisnahme quittieren soll.

▪ **Bedeutsam und übersichtlich:**

Zustandsanzeigen sollten den Nutzer nicht überfordern und stets auf einem für den Nutzer bedeutsamen Aggregationslevel erfolgen. Dadurch kann sie der Nutzer leicht interpretieren und validieren. So sollte sich die permanent sichtbare Anzeige auf die Gesamtsituation beziehen. Die einzelnen Sensorinformationen können dann bei Bedarf vom Nutzer gezielt aufgerufen werden. Damit kann auch die Komplexität der dargestellten Information reduziert werden.

4. HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE PRODUKTION



HMI-Design 4

Leichter Zugang zu Detailinfos und Korrekturen von Sensorinformation

Darüber hinaus ist es wichtig, die Hürde für Nutzerbeiträge so gering wie möglich zu halten. Dazu muss der Interaktionsaufwand für die folgenden Schritte minimiert werden:

- *Detailinfos* zur Statusanzeige sollten möglichst durch einen einzigen »Klick« erreichbar sein. Dies ist insbesondere interessant, wenn der Nutzer Zweifel an der Richtigkeit der aggregierten Information hat.
- *Korrekturen* des erkannten Status sollten einfach möglich sein und das Hinzufügen von Kommentaren erlauben. Da Zustandsänderungen häufig schwerwiegende Folgen haben können, sollte gut bedacht werden, wer (welche Rolle) welche Korrekturen vornehmen darf und wie man Fehler oder Missbrauch möglichst ausschließen kann. Beispielstrategien umfassen das personenbezogene Tracking von Änderungen, und Sicherheitsabfragen mit expliziter Nutzerbestätigung.



HMI-Tool 4

Selbstlernende und selbstoptimierende Kontexterkenkung

Darüber hinaus wären selbstlernende bzw. selbstoptimierende Mechanismen von großem Vorteil. Erhält das Kontextmanagementsystem (MES, SCADA, ERP) eine vom Benutzer vorgenommene Korrektur, könnten daraufhin die Interpretationsmechanismen für zukünftige Berechnungen angepasst werden, um sukzessiv die Situationserfassung zu optimieren.



HMI-Tool 3

Bidirektionale Schnittstellen für eine effektive Kontexterfassung

Um Nutzerbeiträge zur Situationserfassung zu ermöglichen, muss die technische HMI-Umgebung bidirektionale Schnittstellen zu einem Kontextmanagementsystem (z.B. als Bestandteil von MES, SCADA oder ERP) bieten, das die Sensorinformationen zusammenfasst und interpretiert. So können vom Nutzer eingegebene Informationen mit in die Kalkulation der erfassten Situation eingehen.

4.2.2 Mensch als Entscheider

Echtzeitfähige, vernetzte Systeme (vgl. Abschnitte 3.1 und 3.2) ermöglichen eine dynamische Produktions- und Ressourcenplanung und schnelle Reaktionen auf Veränderungen und Störfälle. Trotz des Anspruchs einer hohen Systemintelligenz und weitgehender Automatisierung wird der Mensch in Cyber-Physischen Systemen in besonderem Maße als Entscheider gefordert sein. So kann er zum Beispiel zur Lösung von Konflikten bei der Situationserfassung oder der Produktionsplanung beitragen. In echtzeitfähigen Systemen werden dabei sehr schnelle Reaktionen gefragt sein. In Kürze muss eine qualifizierte Entscheidung getroffen werden. Oder es werden zeitkritische Eingriffe in ein automatisiertes System notwendig, um Schaden abzuwenden oder Abläufe zu optimieren. Um die damit verbundenen komplexen Entscheidungen und Reaktionen optimal zu unterstützen, erfordern sie eine passgenaue Aggregation und Visualisierung der verfügbaren Informationen.

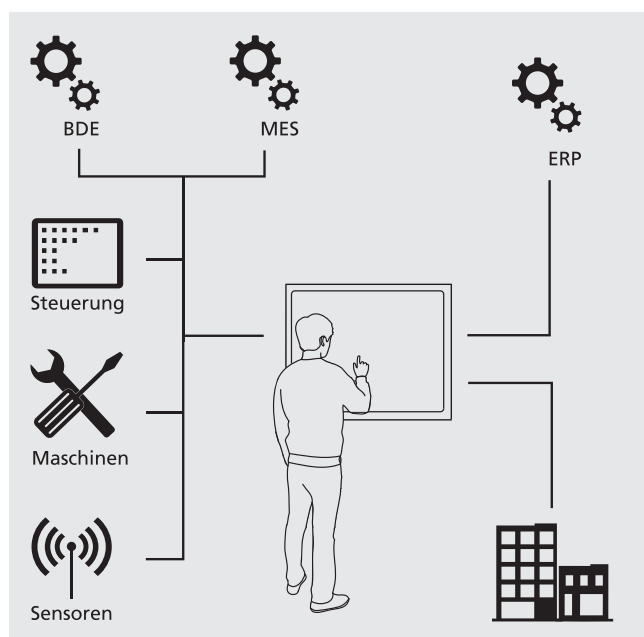


Abbildung 10: Der Mensch als Entscheider in echtzeitfähigen, vernetzten Systemen.



HMI-Tool 5

HMI-Design und Kommunikationsschnittstellen für mobile Geräte

Zeitkritische Entscheidungen erfordern eine sofortige Alarmierung des Entscheidungsträgers. Dies kann je nach Anwendungsfall und Zielgruppe die Einbindung von mobilen Geräten in das HMI-System erfordern. Das HMI-Entwicklungswerkzeug muss daher sowohl Kommunikationsschnittstellen als auch HMI-Designs für mobile Geräte unterstützen (vgl. auch Abschnitte 4.3 und 4.6).



HMI-Tool 6

Schnittstellen zu MES für eine Vorschau von Simulationsergebnissen

Durch eine Vorschau der Konsequenzen unterschiedlicher Optionen können Entscheidungen optimal unterstützt werden. Neben Simulationsmechanismen auf Seiten des MES erfordert dies auch die entsprechenden Schnittstellen zwischen MES und HMI.



HMI-Tool 7

Anpassbare Templates für Datenvisualisierung

Für die HMI-Entwicklungswerkzeuge ergibt sich daraus die Anforderung, ein breites Spektrum von bewährten Templates für die Datenvisualisierung bereit zu halten. Hilfreich sind konkrete Beispiele und Erläuterungen für deren geeigneten Einsatz. Darüber hinaus sollte der Entwickler, die Templates selbst anpassen können und neue Templates zur Sammlung hinzufügen können.

4. HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE PRODUKTION



HMI-Design 5 Aufgabenangemessene und sparsame Visualisierung

Neben der reinen Verfügbarkeit der Informationen kommt es bei der Entscheidungsunterstützung insbesondere auf die effektive Visualisierung an. Auf einen Blick sollen dem Nutzer die wesentlichen Informationen, die er zur Entscheidungsfindung nutzt, transparent werden. Auf dieser allgemeinen Ebene lassen sich kaum konkrete Gestaltungsempfehlungen zur Informationsvisualisierung geben¹⁸. Wichtig ist jedoch, dass stets eine eingehende Analyse der adressierten Entscheidergruppen, ihrer Aufgaben, Fähigkeiten und Verantwortlichkeiten sowie ihrer typischen Entscheidungskriterien die Gestaltungsgrundlage darstellt und dass Informationen, die für die konkrete Entscheidungssituation nicht wirklich notwendig erscheinen, konsequent weggelassen werden.

¹⁸ Allgemeine Grundsätze der ergonomischen Gestaltung stehen nicht im Mittelpunkt dieser Studie. ISO 9241-12 (Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 12: Presentation of information) bietet einige grundlegende Empfehlungen zur Informationsvisualisierung, insbesondere zur Organisation von Informationen, zur Nutzung von graphischen Objekten und zu gängigen Kodierverfahren, z.B. durch Symbole oder Abkürzungen. Weitere allgemeine Gestaltungsrichtlinien gelten für die Farbgestaltung gemäß kultureller Konventionen und ihre Nutzung als ausschließlich redundantes Mittel der Informationskodierung. Schließlich bieten die Gestaltgesetze einen konzeptionellen Rahmen insbesondere für die Gruppierung und Anordnung von Informationen entsprechend menschlicher Wahrnehmungsprozesse.



HMI-Design 6 Interne Kommunikation über So- cial Media

Zur Entscheidungsfindung sind häufig Absprachen mit Kollegen notwendig. Im Idealfall wird eine Kommunikation mit anderen Mitarbeitern direkt auf den Mensch-Technik Plattformen ermöglicht, auf denen die Entscheidung dann getroffen wird. Daher können für das HMI verschiedene Kommunikationsmöglichkeiten interessant sein:

- Echtzeitkommunikation über Sprache oder Textchat (Instant Messenger) zur sofortigen Abstimmung im akuten Fall.
- Wiki oder Blog zum längerfristigen Austausch und zur Sammlung von Wissen zu bestimmten Fragen und häufiger zu treffenden Entscheidungen.



HMI-Tool 8 Chat, Wiki und Blog

Für das Angebot von Chat, Wiki und Blog oder entsprechenden externen Schnittstellen (vgl. HMI-Design 6 Interne Kommunikation) muss das HMI-Tool die notwendigen technischen Voraussetzungen schaffen.

4.2.3 Mensch als Akteur

Mit der zunehmenden Automatisierung werden Routinearbeiten seltener, die Komplexität der Aufgaben nimmt zu. Ebenso der Unterstützungsbedarf, da in vielen Fällen ein breiteres Aufgabenspektrum zu bedienen ist (vgl. Abschnitt 3.3). Vernetzung und mobile Geräte ermöglichen eine zeitliche und räumliche Flexibilität, die die Mitarbeiter teilweise vor neue Herausforderungen stellt. Zusätzlich steigt der Bedarf, sich permanent mit anderen abzustimmen und als koordiniertes Team zu agieren, um dynamische Veränderungen und erhöhte Komplexität im Produktionsgeschäft abbilden zu können. Neben den oben genannten Kommunikationsanforderungen ergeben sich die folgenden Herausforderungen:



HMI-Design 7 Schrittweise Anleitungen

Anschauliche Instruktionen, die auch ungeübte Nutzer schrittweise durch die Bearbeitung wichtiger Aufgaben führen, werden für moderne HMI immer wichtiger. Neben Texten können dabei insbesondere Bilder, 3D-Animationen und Filme hilfreich sein. Besonderes Augenmerk sollten HMI-Designer in diesem Zusammenhang auf die optimale Unterstützung von nicht-produktiven Tätigkeiten wie Umrüsten und Fehlerbehebung legen.



HMI-Tool 9 Integration von Multimedia und PDF

Für HMI-Entwicklungswerkzeuge ergibt sich daraus die Anforderung, Multimedia-Elemente wie Graphikdateien, Filme und 3D-Animationen integrieren zu können. Auch PDF-Dokumente sollten unterstützt werden, da so bereits bestehendes Anschauungsmaterial aus Dokumentationen ohne zusätzlichen Aufwand direkt eingebunden werden kann (vgl. Bierkandt et al., 2011¹⁸).



HMI-Design 8 Hybride Informationsvisualisierung in der physischen Umgebung

Um die Ausführung physischer Tätigkeiten optimal zu unterstützen und eine korrekte Interpretation physischer Gegebenheiten zu fördern, sollte das HMI-Design möglichst weitgehend in die physische Umgebung integriert sein. Das bedeutet:

- *Physischen Kontext im HMI-Design aufgreifen*
Über die Nutzung klarer Analogien zu den Objekten und Aktionen der physischen Welt kann das HMI-Design eine intuitive Verbindung zu den geforderten Nutzeraktionen herstellen. Beispiele umfassen eine identische Kennzeichnung Objekten oder die realitätsnahe Abbildung von Maschinen auf dem Display. In der Fachliteratur wird dieser Zusammenhang zwischen Design und realer Welt häufig als »natürliches Mapping«²⁰ bezeichnet.
- *HMI-Design über die Bildschirmgrenzen hinaus erweitern*
Ganzheitliche Informationssysteme entfalten ihre Wirksamkeit durch eine Präsenz in der gesamten physischen Umgebung. Die Informationsdarstellung des HMI wird in der Umgebung fortgesetzt. Ein einfaches Beispiel ist die Kennzeichnung von Maschinen oder Formateilen durch Icons, die auch im HMI verwendet werden oder die gleiche Farbkodierung von Flüssigkeiten zum zugehörigen Einfüllbehälter. Über Techniken der Augmented Reality stehen auch Möglichkeiten einer dynamischen Informationsvisualisierung in der physischen Umgebung zur Verfügung. So können Handlungsanweisungen, Statusmeldungen und begleitende Detailinformationen direkt über das betreffende Objekt projiziert werden.



HMI-Design 9 Ortsunabhängiges Informationsangebot

Um die vollen Vorzüge der Vernetzung und des Einsatzes mobiler Geräte auszuschöpfen, sollten wesentliche Informationen ortsunabhängig angeboten und dargestellt werden. So sollten beispielsweise auf Bedienpanels und mobilen HMIs die Produktionsparameter des Equipments einer gesamten Linie dargestellt werden. Besondere Gestaltungsherausforderungen betreffen hierbei die Übersichtlichkeit teilweise komplexer und umfangreicher Informationen und effektive Navigationsmöglichkeiten.

¹⁹ Bierkandt, J., Peissner, M., Hermann, F. & Hipp, C. (2011). Usability und Human-Machine Interfaces in der Produktion. Studie Qualitätsmerkmale für Entwicklungswerkzeuge. Dieter Spath, Anette Weisbecker (Hrsg.). Fraunhofer Verlag.

²⁰ Norman, D. A. (1988). The Design of Everyday Things. New York: Doubleday.

Im Zusammenhang mit menschlichem Handeln ist die Berücksichtigung von Fehlern ein wesentliches Thema. Unter dem Schlagwort »Design-for-Error« werden Gestaltungsansätze zusammengefasst, die die Möglichkeit von Fehlern bewusst in den Mittelpunkt der Betrachtung stellen und gezielt Strategien zur Vermeidung und Behandlung von Fehlern einsetzen. In der Produktion sind hierbei insbesondere zwei Perspektiven relevant: einerseits müssen menschliche Fehlhandlungen weitgehend ausgeschlossen werden. Besonders wenn dadurch größere Schäden entstehen können. Andererseits konzentriert sich im Zuge der Automatisierung der menschliche Handlungsfokus mehr und mehr auf Situationen von System- oder Maschinenfehlern, in denen der Mensch zur Fehlerbehebung eingreifen muss.



HMI-Design 10 Designstrategien zur Fehlervermeidung

Für manuelle Regeltätigkeiten sollte eine systematische Aufgabenanalyse durchgeführt werden, um alle möglichen Fehlersituationen zu identifizieren und entsprechende Fehlervermeidungsmechanismen in das Design der Mensch-Technik Schnittstellen zu integrieren. Interessante Anwendungsbeispiele sind das Umrüsten wie z.B. Austausch von Formateilen, Materialidentifikation über Texteingabe oder Listenauswahl, Materialzufuhr durch Beladen und Bestücken, etc. Effektive Design-for-Error-Strategien umfassen hierbei neben einer klaren Informationsvisualisierung und unmittelbarem Feedback, z.B. den Einsatz von sogenannten Zwangsfunktionen, die den Nutzer über Einschränkungen (»Constraints«) »zwingen«, Handlungen richtig oder in der richtigen Reihenfolge auszuführen²¹. Außerdem können Sicherheitsabfragen vor der Ausführung irreversibler Aktionen helfen, um die Aufmerksamkeit des Nutzers auf mögliche Fehlerquellen zu lenken.

²¹ Norman, D. A. (1988). The Design of Everyday Things. New York: Doubleday.



HMI-Design 11

Handlungsanweisungen für Ausnahmesituationen anbieten oder durch Social Media unterstützen

In Fehler- und Ausnahmesituationen ist schnelles und korrektes Handeln häufig besonders wichtig – und ebenso schwierig, da der Nutzer für diese Situationen oft noch keine definierten und eingeübten Handlungsstrategien besitzt. Soweit möglich sollte das System gerade für schwere Ausnahmefälle detaillierte und praktische Handlungsanweisungen anbieten. Da es oft nicht möglich ist, jede mögliche Fehlersituation vorherzusehen und entsprechend durch Anleitungen zu unterstützen, ist es besonders interessant für diese Fälle auf Social Media Ansätze zurück zu greifen (vgl. HMI-Design 6 Interne Kommunikation).

4.3 Multimodale Interaktion

Multimodale Interaktion nutzt mehr als nur einen Ausgabekanal nutzt, z.B. graphisch und akustisch, und bietet zugleich die Möglichkeit, verschiedene Eingabemodalitäten, wie z.B. Spracheingabe neben einer Touchbedienung, zu nutzen. Auf der Seite der Nutzereingaben besteht ein enger Zusammenhang mit den in Abschnitt 3.12 behandelten Erkennungstechnologien.

Multimodale Eingabemechanismen bieten die Möglichkeit, die Genauigkeit von Erkennungstechnologien zu verbessern, indem mehrere Eingangssignale integriert und auf Plausibilität geprüft werden. Darüber hinaus kann die Multimodale Interaktion die Zugänglichkeit (Accessibility), die Effizienz und den Nutzungskomfort sowie die Flexibilität der Mensch-Technik Schnittstellen erhöhen. Je nach Nutzerfertigkeiten oder -vorlieben sowie je nach Nutzungssituation stehen verschiedene Eingabe- und Ausgabeformate zur Verfügung, die unterschiedliche Vorteile bieten. Gerade auf Seite der Systemausgaben kann dadurch schon mit geringen Mitteln ein hoher Nutzen erzielt werden.



HMI-Design 12 Alternative Ein- und Ausgabemechanismen mit gutem Kosten-Nutzen-Verhältnis

Ein modernes HMI-Design sollte auch multimodale Möglichkeiten jenseits der etablierten graphisch-manuellen Bedienung in Betracht ziehen. Insbesondere sollten alternative Ein- und Ausgabemechanismen dann eingesetzt werden, wenn bereits ohne großen technischen Aufwand ein deutlicher Mehrwert entstehen kann.

Ein Beispiel sind haptische Displays, die im Zusammenspiel mit mobilen Geräten eine hervorragende Unterstützung für eine flexible und bedarfsgerechte Aufgabendelegation und Koordination der Mitarbeiter bieten können. Die Mitarbeiter tragen an einem Armband ein haptisches Display, das sie durch Vibrationen über Handlungsbedarf und Störfälle benachrichtigt. Eine Differenzierung der Alarmierung und Benachrichtigung ist über Vibrationen an verschiedenen Stellen des Armbands (z.B. für verschiedene Maschinen), in verschiedenen Intensitäten oder in verschiedenen Vibrationsmustern möglich (z.B. für verschiedene Alarmkategorien) (s. Abbildung 11). So werden die Mitarbeiter sofort darüber informiert, wenn sie sich um kritische Zustände und spezifische Handlungsbedarfe kümmern müssen – unabhängig von ihrem aktuellen Ort und ihrer Tätigkeit.

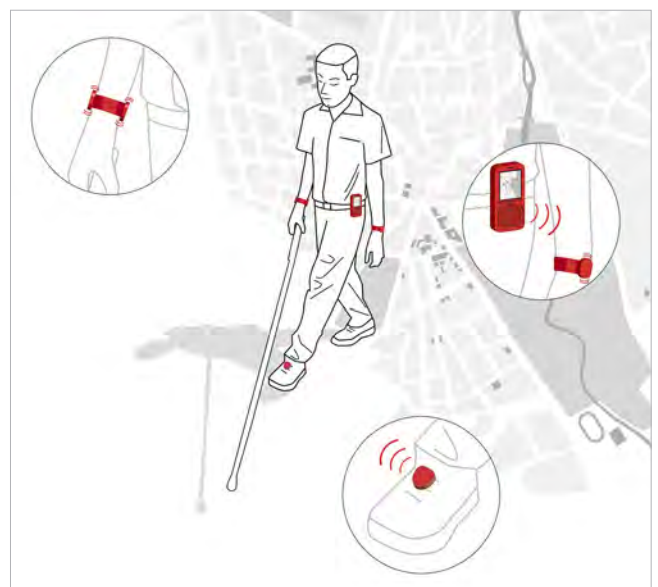


Abbildung 11: In einem Forschungsprototypen zur multimodalen Wegführung von blinden Fußgängern zeigt das IAT der Universität Stuttgart, wie komplexe Informationen durch verschiedene Vibrationsmuster und akustische Hinweise ganz ohne grafische Ausgabe übermittelt werden können.

4. HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE PRODUKTION



HMI-Tool 10 Unterstützung von Multitouch und Touchgesten

Ein modernes HMI-Tool sollte sowohl Multitouchbedienung als auch Touchgesten unterstützen. Für diese Bedienformen sollte das HMI-Tool eine Sammlung von bewährten Bedienmechanismen bereithalten, die dem Entwickler die Benefits dieser Technologien verdeutlichen und deren Einsatz erleichtern. Darüber hinaus sollten effiziente Möglichkeiten für die Anpassung und Erweiterung des Sets der verfügbaren Bedienmechanismen geboten werden. Zum Beispiel könnten neue Zeigegesten leicht durch ein Teach-In programmiert werden, indem der Entwickler die Geste wiederholt vormacht.



HMI-Tool 11 Unterstützung alternativer Cur- soreingaben

Es ist abzusehen, dass alternative (und berührunglose) cursorbasierte Eingabettechnologien an Bedeutung gewinnen werden. Beispiele hierfür sind die Steuerung mit einer Wiimote oder die Blicksteuerung. Dabei ist oft eine spezifische Parametrierung bzw. »Nachbearbeitung« des Cursorsignals notwendig, um z.B. Zittern der Hand oder Mikrosakkaden des Auges herauszufiltern. Beim Einbinden derartiger Technologien ist es daher hilfreich, wenn das HMI-Entwicklungswerkzeug bereits entsprechende Parametrierfunktionen und Filter anbietet.



HMI-Tool 12 Offen für neue Eingabemecha- nismen

Neue Interaktionstechniken bedingen häufig, dass das HMI auf neue Events (wie z.B. Zeigegesten, Erkennen eines Sprachbefehls, etc.) reagieren muss. Ein einfaches Mapping dieser neuen Eingaben auf bestehende Events wie z.B. eine ASCII-Eingabe oder einen Mausclick reicht dabei häufig nicht aus. HMI-Tools sollten daher eine Offenheit für das Anlegen neuer Interaktionsevents besitzen, die dann mit den Schnittstellen der Interaktionstechnologien entsprechend verknüpft werden können.



HMI-Tool 13 Trennung von Darstellung und Interaktionslogik

Unterschiedliche Ein- und Ausgabetechnologien und Geräte erfordern häufig eine spezifische Optimierung der Inhaltsdarstellung. So sollten beispielsweise Menüs und Buttons eine andere Größe und Anordnung besitzen, je nachdem ob per Touch oder Zeigegeste oder Blicksteuerung und ob an einem großen Bedienpanel oder einem kleinen mobilen Gerät interagiert wird. Bei zusätzlichen akustischen Ein- und Ausgaben wird noch deutlicher, dass ein und dieselbe Information je nach Modalität ganz unterschiedlich Darstellungsformen erfordern kann. Eine wesentliche Grundlage auf Seiten des HMI-Tools ist hierfür, dass die Interaktionslogik streng von der konkreten Darstellung getrennt gehalten wird. Nur so kann effizient und ohne umfangreiche Neuprogrammierung der Interaktionslogik dieselbe Interaktion in unterschiedlichen Darstellungsformaten aufbereitet und angeboten werden. Zusätzlich bietet eine Trennung von Darstellung und Logik (vgl. auch Model-View-Controller Paradigma²²) auch große Vorteile für die effektive Zusammenarbeit von Entwicklern und Designern in einem interdisziplinären Team.

²² Gamma, E., Helm, R., Johnson R. & Vlissides J. (1994). Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Reading, MA: Addison-Wesley.

4.4 Wissen und Intelligenz des Systems effektiv einsetzen

Mensch-Technik Schnittstellen werden einen wesentlichen Beitrag leisten, um die Potenziale einer vernetzten und intelligenten Produktion (vgl. Abschnitt 3.1) voll auszuschöpfen. Denn komplett autonome Produktionssysteme, die kein menschliches Eingreifen und Entscheiden mehr erfordern, sind weder realistisch noch wünschenswert. Einerseits wird es um eine optimale Bündelung, Nutzung und Aufbereitung der im System verfügbaren Daten gehen. Dies soll den Nutzer effektiv entlasten und bei seinen Aufgaben unterstützen (s. auch Abschnitt 4.2). Andererseits müssen Systemintelligenz und Automatismen für den Nutzer nachvollziehbar und kontrollierbar sein, um die Eskalation von Systemfehlern zu unterbinden und um ein hohes Maß an Nutzerakzeptanz zu sichern.



HMI-Tool 14 Schnittstellen zur Vernetzung mit relevanten IT-Systemen

Bietet eine HMI-Umgebung Schnittstellen zu anderen IT-Systemen, können damit teilweise enorme Produktivitätssteigerungen realisiert werden. Insbesondere interessant sind Schnittstellen zu den folgenden Systemen:

- MES (Manufacturing Execution System) (vgl. HMI-Tool 3) auch mit MES anderer Produktionsstandorte,
- ERP (Enterprise Resource Planning),
- DMS (Dokumentenmanagementsystem),
- SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

4.4.1 Dokumentation und Wissen im System

Um die Potenziale einer vernetzten Produktion voll auszuschöpfen, müssen HMI-Umgebungen die benötigten Kommunikationsschnittstellen zu den IT-Systemen der Produktion und verwandter Unternehmensbereiche zur Verfügung zu stellen: Eine geeignete Informationsaufbereitung ist häufig eine wesentliche Voraussetzung, um aus Daten nutzbares Wissen zu erzeugen. Diese Anforderung eines ergonomischen HMI-Designs lässt sich zum Beispiel für History-Daten insbesondere durch eine Analyse relevanter Situationen, Bedarfe und Perspektiven angehen.

Das HMI sollte darüber hinaus in der Lage sein, dem Nutzer stets die für seine aktuelle Tätigkeit benötigten Informationen zur Verfügung zu stellen (vgl. auch Abschnitt 4.2.3 Mensch als Akteur).



HMI-Tool 15 Kompatibilität und Offenheit be- züglich Standards und Protokolle

Trotz zunehmender Standardisierung und Harmonisierung ist für den Informationsaustausch über Systemgrenzen hinweg neben einer maximalen Kompatibilität häufig die Offenheit der Schnittstellen gefordert. Für integrierte Produktionssysteme ergibt sich daraus die Anforderung, dass HMI-Umgebungen unterschiedlichste Standards, Schnittstellen und Protokolle beherrschen und offen sind für Formate außerhalb etablierter Standards

4. HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE PRODUKTION



HMI-Tool 16 Statistische und Echtzeit-Daten aus verschiedenen Perspektiven

Durch eine entsprechende Datenhaltung und –aufbereitung sollte das HMI-Tool den Entwickler dabei unterstützen, mit geringem Aufwand Sichten mit umfangreichen Informationen zu historischen Daten und Echtzeitdaten aus verschiedenen Perspektiven zu erzeugen, insbesondere:

- Produkt: Welche Arbeitsschritte wurden wann, von wem und an welchem Equipment durchgeführt? Welche Unregelmäßigkeiten und Fehler sind dabei aufgetreten?
- Maschine/Werkzeug: Welche Produkte wurden wann mit dem Equipment bearbeitet? Wann sind welche Unregelmäßigkeiten und Fehler aufgetreten? Wann sind von wem welche geplanten und spontanen Wartungs- und Serviceaktivitäten durchgeführt worden?
- Charge/Auftrag: wie bei Produkt. Zusätzlich: welche Produkte sind Teil der Charge? Nach welchem Produktionsmuster (Rezept) wurde die Charge erstellt?
- Auswertung und KPI: Wie stehen wesentliche Kennzahlen und Leistungsparameter im Moment? Wie haben sie sich über die Zeit und in Abhängigkeit von relevanten Ereignissen entwickelt?



HMI-Tool 17 Datenkommunikation aus dem Produktionssystem heraus

Um den Zugriff auf wichtige Informationen, statistische und Echtzeit-Daten jederzeit und von jedem Ort zu ermöglichen, müssen HMI-Engineeringumgebungen Daten aus der Produktion auch außerhalb des Produktionssystems zur Verfügung stellen können. Ein interessantes Beispielszenario hierfür ist der Zugriff auf aktuelle KPI durch das Management vom Büro aus oder über mobile Geräte.



HMI-Design 14 Zugang zu begleitendem Informationsmaterial

HMIs für komplexere BediENAufgaben sollten einheitliche Zugangsmechanismen für begleitendes Informationsmaterial bereitstellen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Anzeige der begleitenden Informationen möglichst so erfolgen kann, dass die eigentliche Interaktionsaufgabe nicht beeinträchtigt wird.



HMI-Design 13 Aufgabenbedingten Informationsbedarf decken

Während der HMI-Konzeption sollte für jeden Bedienschnitt und jede Bildschirmansicht gründlich der potenzielle Informationsbedarf der Nutzergruppen analysiert werden. Daraufhin sollten gezielt Informationsmaterialien wie Dokumentationen, Illustrationen, Erläuterungen etc. zur Verfügung gestellt werden.



HMI-Tool 18 Templates für aufgabenbegleitende Informationen

HMI-Tools sollten das Angebot aufgabenbegleitender Informationsdarstellung durch geeignete Templates für Darstellung und Navigation unterstützen.

4.4.2 Systemintelligenz und Automation Hand-in-Hand mit den Nutzern

Vernetzte und intelligente Produktionssysteme bieten große Potenziale für eine kontextsensitive Automatisierung und Optimierung wichtiger Planungs- und Produktionsprozesse. Dies erfordert jedoch ein sehr umfangreiches Wissen über die komplexen Zusammenhänge von möglichen Ereignissen und geeigneten Systemreaktionen. Sowohl hier als auch bei der benötigten Sensorleistung (vgl. Abschnitt 4.2.1 Mensch als Sensor) ist eine enge Kooperation zwischen System und Mensch sinnvoll. Ein Beispielszenario, in dem das Zusammenspiel von Systemintelligenz und Nutzer besonders interessant erscheint, ist die kontextabhängige Delegation anstehender Arbeitsaufgaben an bestimmte Mitarbeiter, die aufgrund ihrer Rolle, ihrer Erfahrung, ihrer aktuellen Aktivität und ihres Ortes als geeignet gelten. Wenn die benachrichtigten Personen nun Arbeitsaufträge auch an andere Kollegen weiterleiten können oder über entsprechende Kommunikationsmöglichkeiten die optimale Aufgabenbesetzung im Team aushandeln können, dann können die Vorschläge des Systems im Sinne einer optimalen Produktivität und Ressourcennutzung verfeinert oder korrigiert werden (vgl. Beispielprojekt EPIK, Abschnitt 5.1).

Intelligente Automatismen müssen daher transparent gemacht werden und der Nutzer muss weitreichende Einflussmöglichkeiten erhalten, um die Systemperformanz zu optimieren, indem er Fehler korrigiert, fehlendes Wissen ergänzt und im Bedarfsfall schwierige Entscheidungen selbst trifft. Neben den in Kapitel 4.2 aufgeführten Anforderungen ist hierfür noch Folgendes wichtig.



HMI-Tool 19 Dynamisches Nutzerprofil

HMI-Tools sollten eine offene und erweiterbare Nutzerverwaltung ermöglichen, die neben statisch definierten Nutzereigenschaften auch dynamische Nutzervariablen wie beispielsweise den aktuellen Ort des Nutzers oder die zuletzt erledigten Aufgaben erfassen kann.



HMI-Tool 20 Nutzerspezifische Benachrichtigungen

HMI-Engineeringumgebungen sollten die Realisierung von HMI-Benachrichtigungen an einzelne bestimmte Nutzer und definierte Nutzergruppen (z.B. über Rollen oder Skills) unterstützen. Neben der technischen Funktionalität ist dabei HMI-Tool 20 nutzerspezifische Benachrichtigungen auch eine übersichtliche und leicht handhabbare Möglichkeit zur Definition der Benachrichtigungsregeln wichtig.

4. HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE PRODUKTION



HMI-Tool 21 Nutzerspezifische Aufgabenlisten

Aktuelle HMIs sind meistens einem spezifischen Equipment zugeordnet und zeigen demzufolge die an dieser Maschine oder Anlage anliegenden Aufgaben an (»Dispatcher«). Durch die zunehmenden Verbreitung von mobilen Geräten und der Auflösung der 1:1-Zuordnung von Operator zu Maschine, wird es wichtiger werden, personenbezogene Aufgabenlisten generieren zu können. Das HMI-Tool sollte hierfür die technischen Grundlagen und Standardtemplates bereitstellen.



HMI-Tool 22 Aufgabenzuweisungen ablehnen und weiterleiten

Das HMI-Tool sollte Kommunikationsfunktionen bereitstellen, die die Möglichkeit bieten, Aufgabenzuweisungen abzulehnen und Aufgabenzuweisungen an andere Kollegen oder Kollegengruppen weiterzuleiten, z.B. vom Schichtleiter zu seinen Mitarbeitern und wieder zurück.



HMI-Design 15 Bewusste Entscheidung für Ausmaß der Mitarbeiterbeteiligung

Bei der HMI-Konzeption sollten die Möglichkeiten einer kooperativen Arbeitsorganisation und Aufgabendelegation im Zusammenspiel von Systemintelligenz und Mitarbeitern analysiert werden (vgl. HMI-Tool 22 Aufgabenzuweisungen ablehnen und weiterleiten). Dabei müssen die organisatorischen Rahmenbedingungen und die möglichen Auswirkungen auf die Produktionsabwicklung bedacht werden. Bei allen Vorzügen einer Mitarbeiterbeteiligung in Koordinationsprozessen sollten die oben beschriebenen Mechanismen nur so eingesetzt werden, dass sie nicht einen Missbrauch der gebotenen Einflussmöglichkeiten begünstigen (z.B. Arbeitsverweigerung durch systematisches Ablehnen von Aufgaben).

Ähnlich wie im Bereich der Sensorleistung (vgl. HMI-Design 4) sollten auch die anderen Funktionen einer intelligenten Produktionssteuerung für die Nutzer transparent und kontrollierbar gestaltet werden. Dabei werden sich unterschiedliche Zielgruppen für jeweils andere Mechanismen interessieren. Während der Schichtleiter eventuell Einblicke und Einflussmöglichkeiten in eine automatische Aufgabendelegation erhalten will, werden umfassendere Reaktionen auf kurzfristige Veränderungen in der Auftragsituation eher für die Produktionsleitung von Interesse sein. Der einfache Maschinenbediener wird insbesondere die Mechanismen nachvollziehen wollen, die ihn persönlich und sein direktes Umfeld betreffen, wie z.B. Tracking und Management seiner aktuellen Tätigkeit und der Zustände des Equipments, für das er verantwortlich ist.



HMI-Design 16 Intelligente Mechanismen und Regeln transparent und kontrollierbar

Neben den Ergebnissen der intelligenten Systemfunktionen sollte das HMI bestimmten Nutzergruppen auch Einblicke in die zugrundeliegenden Mechanismen und Regeln gewähren, um eine Transparenz und ein Verständnis auf Seiten der Nutzer zu ermöglichen. Dabei werden teilweise vereinfachte Darstellungsformen notwendig werden, um die Verständlichkeit und Akzeptanz zu sichern.

Des Weiteren sollten die intelligenten Mechanismen und Regeln im Sinne eines kontinuierlichen Lernens durch die Nutzer angepasst und erweitert werden können.

Sowohl bei der Anzeige als auch der Manipulation der intelligenten Mechanismen und Regeln ist Umfang und Darstellungsform je nach spezifischer Nutzergruppe genau abzuwägen.



HMI-Tool 23 Bidirektionale Schnittstellen zu intelligenten Systemkomponenten

Um eine Anzeige und Editierbarkeit der intelligenten Mechanismen und Regeln ermöglichen zu können (vgl. HMI-Design 16), muss die technische HMI-Umgebung bidirektionale Schnittstellen zu den verantwortlichen Systemkomponenten (z.B. als Bestandteil des MES) bieten.

Ein grundsätzlicher Aspekt betrifft die Frage, wie stark Vorgänge automatisiert werden sollten. In den Arbeitswissenschaften wird diese Frage immer noch kontrovers diskutiert. Während die Aufstellung in sogenannten MABA-MABA-Tabellen (»Men are better at«-»machines are better at«) die grundsätzlichen Potenziale einer optimalen Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik aufzeigen, gibt es inzwischen einigen Anlass, bestehende Automatisierungspotenziale nicht voll auszuschöpfen. Es hat sich gezeigt, dass Nutzer, die in höherem Ausmaß in die Arbeitsprozesse (manuell) einbezogen sind, in Ausnahme- oder Fehlersituationen deutlich effizienter reagieren können als Mitarbeiter, die aufgrund eines hohen Automatisierungsgrades kaum involviert sind²³.



HMI-Design 17 Handlungsfähige Mitarbeiter trotz Automatisierung

Automatisierungsstrategien müssen Hand in Hand mit den Mensch-Technik Schnittstellen entwickelt werden. Einerseits wird in der Zukunft gründlich abzuwägen sein, welche manuellen und kognitiven Leistungen des Menschen automatisiert werden sollten. Andererseits ist darauf zu achten, dass im Falle einer Automatisierung ein hohes Maß an »User Involvement« beibehalten werden kann, um eine leistungsfähige Reaktionsfähigkeit in Ausnahmefällen zu gewährleisten. Dies ist insbesondere auch über transparente Visualisierungen von automatisierten Abläufen zu erreichen (vgl. HMI-Design 16 Intelligente Mechanismen und Regeln transparent und kontrollierbar).

²³ Lavie, T. & Meyer, J. (2010). Benefits and costs of adaptive user interfaces. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 68, 8 (August 2010), S. 508-524.

4.5 Ein Design – viele Varianten

Viele der in dieser Studie behandelten Trends erfordern ein HMI-Design, das sich in unterschiedlichen Situationen und Kontextbedingungen in unterschiedlicher Weise darstellt. Beispielhafte Anwendungsszenarien umfassen:

- Unterschiedliche Ausprägungen eines gemeinsamen Look & Feels für unterschiedliche Maschinen einer Produktionslinie oder für die verschiedenen Modelle oder Modellvarianten eines Maschinen- oder Anlagenherstellers (vgl. Abschnitt 3.7 Produktvielfalt und kurze Produktzyklen).
- Für verschiedene Nutzergruppen (Rollen) sollen unterschiedlich umfangreiche und detaillierte Informationen dargestellt werden. Je nach Nutzerkompetenzen sollen unterschiedliche Darstellungsformen gewählt werden (vgl. Abschnitt 3.4 Mitarbeiterqualifikation).
- Individuelle Besonderheiten der Nutzer erfordern eine spezifische Anpassung, z.B. Darstellung in unterschiedlichen Sprachen oder unterschiedliche graphische Aufbereitung für Menschen mit visuellen Beeinträchtigungen (vgl. Abschnitt 3.8 Internationalisierung).
- Unterschiedliche Layouts, Darstellungs- und Interaktionsmechanismen für verschiedene Endgeräte, wie z.B. Bedienpanel mit Touchbedienung, Smartphone, Desktop-Computer mit Maus und Tastatur, kleines monochromes Display mit Hardware-Tasten, etc. (vgl. Abschnitt 3.10 Mobile Geräte).

Aus der Forschung stehen bereits Ansätze für adaptive und adaptierbare Benutzungsschnittstellen zur Verfügung, d.h. für automatische Anpassungen an unterschiedliche Kontextbedingungen und für weitreichende Anpassungen durch den Nutzer. Darüber hinaus gibt es Ansätze für modellbasiertes User Interface Design, das verschiedene Zielplattformen mit einem Entwurf bedienen kann²⁴. Einige dieser Ansätze sind noch weit von einer Umsetzung in der Praxis entfernt. Im Bereich der Internetgestaltung ist jedoch mit dem »Responsive Design« ein vielversprechender Ansatz im Vormarsch, der ein dynamisch veränderliches Layout für Webseiten ermöglicht.

Eine wesentliche Grundbedingung für einen Designansatz mit mehreren HMI-Varianten ist die saubere Trennung von Interaktionslogik und Darstellung (vgl. HMI-Tool 13 Trennung von Darstellung und Interaktionslogik). Darüber hinaus lassen sich für die HMI-Gestaltung und zukunftsichere HMI-Tools die folgenden Kriterien und Empfehlungen ableiten:

Im Rahmen der HMI-Konzeption muss das Kosten-Nutzen-Verhältnis jedoch sorgfältig geprüft werden, da adaptive HMI in der Implementierung aufwändig und komplex sind. Des Weiteren müssen auch die möglichen negativen Folgen von automatischen Anpassungen berücksichtigt werden und es muss sichergestellt werden, dass die Anpassungen für den Nutzer stets transparent und kontrollierbar gestaltet sind.

²⁴ Siehe z.B.: Coutaz, J. (2010). User interface plasticity: model driven engineering to the limit!. In Proceedings EICS ,10. New York: ACM. S. 1-8. Nichols, J., Rothrock, B., Chau, D. H. & Myers, B. A. (2006). Huddle: automatically generating interfaces for systems of multiple connected appliances. In Proceedings UIST ,06. New York: ACM. S. 279-288. Paterno, F., Santoro, C. & Spano, L. D. (2009). MARIA: A universal, declarative, multiple abstraction-level language for service-oriented applications in ubiquitous environments. ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. 16, 4, Article 19 (Nov. 2009), 30 Seiten. Peissner, M., Häbe, D., Janssen, D. & Sellner, T. (2012). MyUI: Generating accessible user interfaces from multimodal design patterns. In Proceedings EICS ,12. New York: ACM. S. 81-90.



HMI-Tool 24 Unterstützung von HMI-Design- varianten

HMI-Engineeringumgebungen sollten die Entwicklung von HMI-Varianten gezielt unterstützen. Für vorhersehbare Varianten wie z.B. verschiedene Displaygrößen, Sprachen oder verschiedene Nutzerrollen sollte das Tool eine geeignete Infrastruktur mit erweiterbaren und bearbeitbaren Templates bieten.



HMI-Tool 25 Parametrieren statt program- mieren

Der bereits teilweise etablierte Ansatz des Parametrieren eines Basisprogramms bietet auch entscheidende Vorteile, wenn es darum geht, effizient verschiedene Varianten eines HMI zu erstellen. Auch wenn ein parameterbasierter Ansatz vielleicht nicht alle Spezialfälle erschöpfend abdecken kann, so kann ein HMI-Tool damit dennoch eine sehr effiziente Unterstützung für die Entwicklung konsistenter HMI-Varianten bieten.



HMI-Design 18 Einheitliche Darstellungscodes, Informationsarchitekturen und Be- dienmechanismen

Trotz der spezifischen Adressierung von Besonderheiten der Nutzergruppen, Endgeräte, Produktionsabläufe, etc. ist es von großer Bedeutung, dass eine gewisse Einheitlichkeit der Gestaltungsvarianten gewahrt wird. Insbesondere ist ein gemeinsames Look & Feel wichtig für eine schnelle Orientierung des HMI-Nutzers an einem anderen Gerät oder einer anderen Maschine, um z.B. eine hohe Personalflexibilität (vgl. Absatz 3.3) zu sichern. Dabei ist es besonders wichtig, einheitliche Darstellungscodes, Informationsarchitekturen und Bedienmechanismen über alle Varianten des HMI hinweg zu definieren.



HMI-Tool 26 Anlegen und Nutzen von generi- schen HMI-Elementen unterstützen

HMI-Tools sollten ein hohes Maß an Konsistenz (Einheitlichkeit) innerhalb eines HMI und zwischen den Varianten eines HMI unterstützen, indem die Anlage und die Nutzung generischer Elemente wie zum Beispiel grundlegender Widgets und Bedienelemente, Icons und Darstellungen unterstützt werden. Ein moderner Ansatz zur Konsistenzsicherung und zum Management von Designwissen in Teams stellen Design Patterns dar, die für wiederkehrende Gestaltungsprobleme bewährte Lösungen oder Lösungskomponenten definieren²⁵.

²⁵ Borchers, J. O. (2001). A pattern approach to interactive design. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.

4. HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE PRODUKTION



HMI-Design 19 Individualisierung durch den Nutzer

Ein modernes HMI-Design sollte dem Nutzer Individualisierungsmöglichkeiten bieten, so dass der Nutzer das Design selbst nach seinen individuellen und situativen Anforderungen einrichten kann.

Dabei ist das geeignete Ausmaß der Individualisierung im Einzelfall zu bestimmen. In vielen Fällen sollte eine Einstellung der HMI-Sprache und der angezeigten Schriftgröße ausreichen. Bei sehr umfangreichen HMIs kann eine nutzerdefinierte Zusammenstellung und Positionierung der angezeigten Sichten hilfreich sein, um unterschiedliche Informationsbedarfe, die sich auch je nach Aufgabenspektrum und Verantwortlichkeit unterscheiden können, entsprechend zu bedienen.



HMI-Design 20 Hochwertiges Default HMI trotz Individualisierung

Das Angebot weitreichender Individualisierungsmöglichkeiten stellt keinen Ersatz für ein zielgruppengenaues und aufgabenangemessenes HMI-Design dar. Stets muss ein effizientes und verständliches HMI als Default angeboten werden, mit dem zumindest die Basisfunktionen von allen Nutzern leicht bedient werden können.

Grundlage hierfür ist ein detailliertes Verständnis der Nutzergruppen, ihrer Aufgaben und Kompetenzen und der Nutzungsumgebung.



HMI-Tool 27 HMI-Individualisierung unterstützen

Nutzerinitiierte Individualisierungen (vgl. HMI-Design 19 Individualisierung durch den Nutzer) müssen durch eine entsprechende Infrastruktur des HMI-Tools erst ermöglicht werden. Dabei ist das Tool stets auf der sicheren Seite, wenn sehr umfangreiche und vielfältige Individualisierungsfunktionen angeboten werden, aus denen der Entwickler oder Designer dann auswählen kann. Ein aktuelles Beispiel für eine weitreichende Individualisierung stellt die Behandlung von HMI-Sichten in der Form von Widgets dar, die vom Nutzer ein- und ausgeblendet werden können und deren Größe und Position verändert werden können. So kann sich der Nutzer sein individuelles HMI zusammenstellen.



HMI-Design 21 Bedarfsgerechte Unterstützung durch selbstständige Adaption

Ein HMI, das sich automatisch an den situativen Informationsbedarf und aktuelle Anforderungen anpassen kann, bietet interessante Potenziale. Beispiele umfassen:

- Die Anpassung des Informations- und Hilfeangebot an den Kenntnisstand des jeweiligen Nutzers kann in besonderer Weise Anreize für Lernen und individuelle Weiterentwicklung bieten. So können Berufsanfänger oder Saisonarbeiter beispielsweise ausführliche Erläuterungen erhalten, die mit fortschreitender Zeit und Übung immer knapper ausfallen. Dafür können dann weiterführende Detailinformationen angeboten werden.
- Die Anpassung von Darstellungsparametern wie Helligkeit und Kontrast an aktuelle Lichtverhältnisse und Schriftgröße an individuelles Sehvermögen und Leseabstand kann eine mühelose Wahrnehmbarkeit fördern.
- Die Anpassung des Informations- und Interaktionsangebots an den aktuellen Ort und die aktuelle Tätigkeit des Benutzers sowie den aktuellen Systemzustand kann den Interaktionsaufwand reduzieren.
- Ebenso können die Reihenfolge und Dominanz von Menüeinträgen und Funktionszugriffen angepasst werden, um häufige Abläufe besonders effizient zu unterstützen.



HMI-Tool 28 Sensordaten und Anpassungsregeln für automatische Adaptionen

Automatische HMI-Anpassungen erfordern eine zuverlässige Erkennung der Umstände, an die das HMI angepasst werden soll. Als Voraussetzung muss das HMI-Tool entsprechende Schnittstellen zu verschiedenen Wissensbasen unterhalten und Mechanismen zur Definition von Anpassungsregeln bieten.

4. HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE DER MENSCH-TECHNIK INTERAKTION FÜR DIE PRODUKTION

5 BEISPIELPROJEKTE

Die folgenden beiden Referenzprojekte des Fraunhofer IAO veranschaulichen die beschriebenen Trends und Herausforderungen und zeigen Lösungsmöglichkeiten auf. Dabei wird deutlich, dass neben innovativen HMI-Designstrategien auch technische funktionale Voraussetzungen geschaffen werden müssen, um erfolgreiche Nutzungsszenarien für die Zukunft zu ermöglichen.

5.1 EPIK – Effizienter Personaleinsatz durch intelligentes und adaptives Kooperations- und Informationsmanagement in der Produktion

Das von der Baden-Württemberg Stiftung geförderte Forschungsprojekt »EPIK«²⁶ greift einige der in dieser Studie behandelten Themen auf. Insbesondere zeigt der Ansatz Möglichkeiten, wie die Ideen des flexiblen Personaleinsatzes (vgl. Abschnitt 3.3) sowie der individuellen Qualifizierungsmaßnahmen von Mitarbeitern durch individualisierte und adaptive Systeme (vgl. Abschnitte 3.4 und 4.5) mithilfe des Einsatzes von mobilen Geräten umgesetzt werden können. Mobile Geräte dienen zusätzlich auch zur Positionsbestimmung der Mitarbeiter (vgl. Abschnitt 3.10).

Projektpartner

- Fraunhofer IAO (Koordinator)
- Fraunhofer IPA
- Hobart GmbH
- KHS GmbH

Kontakt

Matthias Peissner
Telefon +49 711 970-2311
matthias.peissner@iao.fraunhofer.de

Web

www.epik-projekt.de

Gefördert von

**Baden-
Württemberg
Stiftung**

WIR STIFTEN ZUKUNFT



In jeder Situation sollen genau die benötigten Kompetenzen innerhalb kürzester Zeit und mit geringstem Aufwand an Ort und Stelle verfügbar sein. Dadurch können Fehler und Störungen im Produktionsablauf vermieden bzw. schnellstmöglich behoben werden.

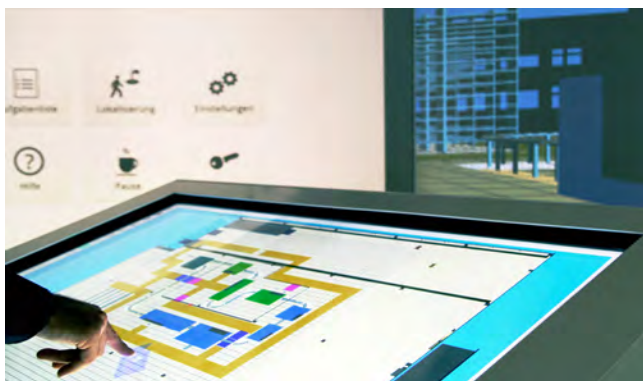
Um dies zu erreichen führt »EPIK« anhand der Maschinenmeldungen eine Aufgabenerkennung durch und weist erkannte Aufgaben geeigneten Mitarbeitern zu. Bei dem Auswahlverfahren werden neben der Berechtigung auch Faktoren wie die aktuelle Verfügbarkeit, die Aufgabenerfahrung und die Position des Mitarbeiters in der Produktionsumgebung herangezogen. Je nach Dringlichkeit einer Aufgabe werden diese anders priorisiert. Die Mitarbeiter werden über die ihnen zugewiesenen Aufgaben durch mobile Geräte informiert, mit denen jeder Mitarbeiter ausgestattet ist. In Abbildung 12 C ist z.B. die Aufgabenliste eines Mitarbeiters zu sehen, der noch zwei Aufgaben zu erledigen hat. Im EPIK-Hauptmenü stehen dem Mitarbeiter weitere Optionen zur Verfügung (siehe Abbildung 10 B). Beispielsweise kann über die Pause-Funktion der Verfügbarkeitsstatus geändert werden. In der Zeit, in der Mitarbeiter pausieren, werden sie vom System nicht für dringende Aufgaben berücksichtigt

Zusätzlich werden Mitarbeiter dabei unterstützt, die gestiegene Komplexität ihrer Aufgaben zu bewältigen. Mithilfe einer individualisierten und kontext-adaptiven Mensch-Maschine-Schnittstelle wird dabei eine Effizienzsteigerung individueller Arbeitseinsätze erreicht. Je nach Kompetenz und Erfahrung erhält jeder Mitarbeiter genau die Informationen und Interaktionsmöglichkeiten, die er benötigt, um die aktuelle Aufgabe zu erledigen.

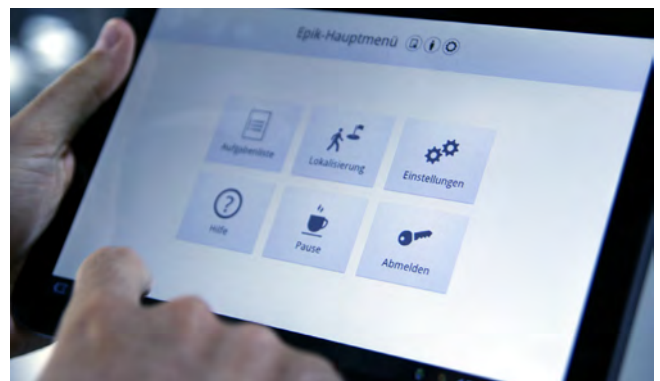
²⁶ EPIK - Effizienter Personaleinsatz durch intelligentes und adaptives Kooperations- und Informationsmanagement in der Produktion

Unerfahrene Mitarbeiter werden Schritt für Schritt bei der Aufgabebearbeitung unterstützt. Neben allgemeinen Informationen zur Aufgabe und den zur Bearbeitung benötigten Ersatzteilen werden dem Mitarbeiter Wegbeschreibungen und detaillierte Handlungsanweisungen eingeblendet. Abbildung 12 D zeigt die Hilfe zu einem konkreten Handlungsschritt. Die Doppelcodierung mit Text und Bild soll zu einem einfachen Verständnis beitragen. Mitarbeiter, die schon Erfahrungen mit bestimmten Aufgabentypen gemacht haben, bekommen dagegen nur eine Übersicht der zu erledigenden Handlungsschritte angezeigt. Bei Bedarf können sie aber auch die detaillierten Informationen einblenden.

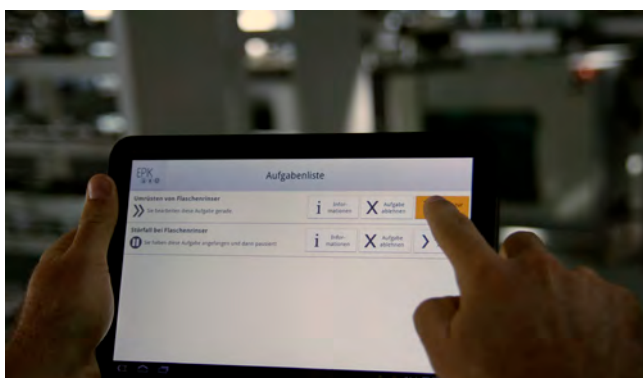
Auf Wegbeschreibungen wird verzichtet, da erfahrene Mitarbeiter Wege zu Zielen in der Produktionsumgebung in den meisten Fällen kennen. Eine Kommentarfunktion ermöglicht es Wissen anderen zugänglich zu machen bzw. das Wissen im System zu verbessern. So können z.B. Anmerkungen zu bestimmten Handlungsschritten geschrieben werden, die auch für andere Mitarbeiter interessant sein können.



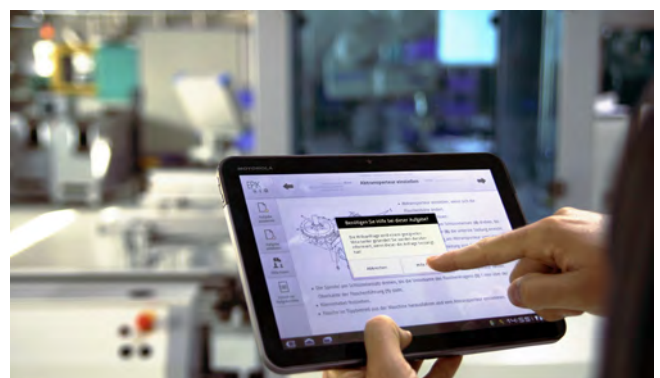
A - Virtuelle Simulationsumgebung



B - Hauptmenü



C - Aufgabenliste



D - Hilfe bei der Aufgabebearbeitung

Abbildung 12: Benutzungsschnittstellen des EPIK-Demonstrators.

Darüber hinaus bietet das System Interaktions- und Kommunikationsmöglichkeiten, um die Potenziale der Selbstorganisation der Belegschaft zu fördern und den Mitarbeitern die Korrektur von Fehleinschätzungen durch das intelligente System zu ermöglichen. Beispielsweise können Mitarbeiter zugewiesene Aufgaben ablehnen oder pausieren. Im Fall dass die Informationen bei der Aufgabenbearbeitung nicht ausreichen, können Mitarbeiter Hilfe bei einem Kollegen anfordern.

»EPIK« wurde im Rahmen eines Usability und User Experience Test mit Personen aus der Produktion getestet. Dabei wurden wichtige Aspekte der Usability betrachtet, wie Informationsdarstellung, Zielgruppenangemessenheit, effiziente und effektive Bedienbarkeit, sowie Interaktionsdesign und Inhaltsauswahl. Weiterhin wurden subjektive Bewertungen abgefragt, um das gesamte Nutzererlebnis der Personen zu betrachten. Nutzer haben die Anwendung dabei als »nützlich«, »klar strukturiert« und »einfach bedienbar« bewertet.

Schließlich wurde mit Hilfe der Planungstischsoftware i-Plant (siehe Abbildung 12 A) eine automatisierte Simulation einer Abfüllanlage durchgeführt und die Daten von mehreren Szenarien gesammelt. Verglichen wurde die Aufgabendelegation durch EPIK und die feste Zuweisung von Mitarbeitern zu Maschinen, jeweils mit einer unterschiedlichen Anzahl an Mitarbeitern. Die Bedingungen (zu bearbeitende Aufträge, Anzahl an Flaschen bei dem eine Meldung ausgelöst wird, Testzeitraum usw.) waren bei allen durchgeführten Simulationsläufen gleich. Eine ausführliche Analyse brachte Aufschluss über Effizienz, Ressourcenauslastung und Passgenauigkeit.

5.2 KapaflexCy - Selbstorganisierte Kapazitätsflexibilität in Cyber-Physical-Systems

Projektpartner

- Fraunhofer IAO (Koordinator)
- Universität Stuttgart IAT
- BORGWarner BERU Systems GmbH
- Bruker Optik GmbH
- Flughafen Stuttgart GmbH
- Introbest GmbH & Co. KG
- Kaba GmbH
- SAP AG
- Seca GmbH & Co. KG
- Trebing & Himstedt
- Prozeßautomation GmbH & Co. KG

Kontakt

Dr.-Ing. Stefan Gerlach
Telefon +49 711 970-2076
stefan.gerlach@iao.fraunhofer.de

Web

www.kapflexCy.de

Gefördert von



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Starre Anwesenheitszeiten von 7-16 Uhr sind Relikte der Vergangenheit. Zukünftig stimmen Arbeitsgruppen ihre Einsatzzeiten per Smartphone ab. Eigenverantwortlich, kurzfristig, flexibel. Gearbeitet wird nach Bedarf – genau dann, wenn der Kunde ordert.

Im Forschungsprojekt »KapaflexCy« werden Lösungen entwickelt, die es Unternehmen erlauben, ihre Produktionskapazitäten gemeinsam mit den Mitarbeitern hochflexibel, kurzfristig, und unternehmensübergreifend zu steuern.

Als Produktionsstandort besitzt Deutschland die herausragende Stärke, technisch anspruchsvolle und qualitativ hochwertige Produkte schneller und zuverlässiger als weltweite Wettbewerber herzustellen. Voraussetzung hierfür ist höchste Flexibilität – sowohl der Produktionsanlagen als auch des eingesetzten Personals. Eine schlanke Produktion am Puls des Kunden erfordert es, den flexiblen Personaleinsatz möglichst echtzeitnah zu steuern. Heute erfolgt die kurzfristige Personaleinsatzsteuerung immer noch mündlich.

Teamleiter und Schichtführer koordinieren die An- und Abwesenheitszeiten der Mitarbeiter, fordern Unterstützung durch Teilzeitkräfte und Aushilfen an und planen den Einsatz von Zeitarbeitskräften. Hierfür kommunizieren sie täglich mit ihren Arbeitskräften, den Personalbetreuern, weiteren Teamleitern und Zeitarbeitsfirmen – in der Regel mündlich, selten und bei genügender Vorlaufzeit per E-Mail.

Einfacher und schneller geht es zukünftig mit mobilen Smartphones und Social-Media-Methoden. Bei Schichtänderungen erhalten alle in Frage kommenden Mitarbeiter Einsatzanfragen. Quasi in »Echtzeit« entscheiden sie dann via Gruppenabstimmung, wer die Zusatzdienste erbringt. So sind die Produktionsmitarbeiter zukünftig aktiv in Entscheidungen zur Einsatzplanung eingebunden und erhöhen in Eigenverantwortung die Flexibilität des Unternehmens. Unterstützt werden sie durch mobile Endgeräten und ein neu zu entwickelndes Cyber-Physisches-System (CPS). Das CPS liefert in Echtzeit Informationen über das Produktionsumfeld und lernt typische Anforderungssituationen sowie die hierzu passenden Kapazitätsprofile.

Die neue, selbstorganisierte Kapazitätssteuerung verkürzt für Unternehmen die Reaktionszeit bei schwankender Auftragslage und volatilen Märkten, vermeidet unproduktive Zeiten und reduziert den Aufwand für die Kapazitätssteuerung. Die Mitarbeiter erleben eine transparente Personaleinsatzplanung und stimmen ihre Einsatzzeiten untereinander ab. Der Ausgleich zwischen Arbeit, Familie und Freizeit gelingt ihnen besser und steigert so ihre Motivation. Das Projekt wird neue Formen der Kapazitätsflexibilität durch den Einsatz von Echtzeit-CPS-Daten, Mobilgeräten und Web 2.0-Technologien anwendungsnah aufzeigen. Dadurch wird die Grundlage geschaffen für neue Produkte und Dienstleistungen im Wachstumsmarkt kurzfristig flexibler Personaleinsatzplanung.



Abbildung 13: KapaflexCy ermöglicht eine selbstorganisierte Kapazitätssteuerung durch Smartphones und Social Media.

6 FAZIT UND VERZEICHNIS DER GUIDELINES

Längst beschränken sich Human-Machine Interfaces nicht mehr auf die bloße Steuerung einfacher Maschinenfunktionen. Die Mensch-Technik Interaktion nimmt bereits heute eine strategisch wichtige Rolle für die Hersteller und Betreiber von Produktionsmaschinen und Anlagen ein. Durch eine zunehmende Vernetzung und Virtualisierung des Produktionsgeschehens wächst insbesondere die Bedeutung einer umfassend informativen und zugleich einfach erfassbaren Visualisierung. Angesichts der Entwicklungen im Personalbereich und bei der Automatisierung wächst der Bedarf für bedarfsgerechte und effektive Hilfestellungen – insbesondere zur Unterstützung nicht-produktiver Tätigkeiten und zur Behebung von Ausnahmesituationen. Neue Entwicklungen und Innovationen aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik wie beispielsweise Social Media und die zunehmende Leistungsfähigkeit von mobilen Geräten bergen gleichzeitig neue Herausforderungen und riesige Potenziale.

Diese Studie betrachtet aktuelle Entwicklungen und zukünftige Rahmenbedingungen der industriellen Produktion und leitet daraus Anforderungen sowie Handlungsempfehlungen für die Gestaltung von Mensch-Technik Schnittstellen ab. Darüber hinaus werden Anforderungen und Qualitätskriterien für zukunftssichere HMI-Engineeringwerkzeuge formuliert, die den beschriebenen Entwicklungen Rechnung tragen. So werden im Zuge der Entwicklung zu einer »Industrie 4.0« die Schnittstellen zu anderen IT-Systemen innerhalb des Unternehmens und über Unternehmensgrenzen hinweg immer wichtiger. Außerdem erfordern komplexere Benutzungsschnittstellen einen systematischen, nutzerzentrierten Entwicklungsprozess, der sich auch in den Engineeringumgebungen widerspiegeln sollte. Schließlich wachsen die Ansprüche an Ästhetik und Interaktionseffizienz. Dadurch ergeben sich neue Anforderungen in den Bereichen der graphischen Darstellung und der Unterstützung alternativer Eingabemechanismen.

Die folgenden beiden Abschnitte geben einen zusammenfassenden Überblick über die Anforderungen und Gestaltungsempfehlungen, die sich für die Gestaltung effizienter Mensch-Technik-Schnittstellen und entsprechender Engineeringwerkzeuge jetzt und in absehbarer Zukunft ergeben. Neben dem Titel der einzelnen Anforderungen und Guidelines ist jeweils eine Seitenzahl angegeben, um eine schnelle Referenz zum vollständigen Text zu bieten. Selbstverständlich besitzen nicht alle dieser Anforderungen in jedem Fall dieselbe Priorität. Je nach Branche, Automatisierungsgrad und anderen Eigenschaften des konkreten Anwendungsszenarios lassen sich die einzelnen Leitsätze auf Dimensionen wie »unmittelbar« bis »mittelfristig/langfristig« und »unerlässlich« bis »weniger wichtig« kategorisieren. Für Personen, die in verantwortlicher Position die Gestaltung und Entwicklung von industriellen Mensch-Technik Systemen vorantreiben, können sie als Anregung und Orientierung für zukünftige Weiterentwicklungen dienen. Entscheider, die vor der Auswahl einer geeigneten Engineeringumgebungen stehen, können sie als Checkliste und Bewertungskriterien nutzen, um die Eignung und Zukunftssicherheit verschiedener Optionen abzuschätzen.



6.1 Überblick der Anforderungen und Guidelines für effektive HMI-Gestaltung

HMI-Design 1	HMI-Gestaltung in einem Human-Centered Design Prozess	40
HMI-Design 2	Design für menschliche Grundbedürfnisse	45
HMI-Design 3	Sensordaten darstellen: beiläufig und bedeutsam	48
HMI-Design 4	Leichter Zugang zu Detailinfos und Korrekturen von Sensorinformation	49
HMI-Design 5	Aufgabenangemessene und sparsame Visualisierung	51
HMI-Design 6	Interne Kommunikation über Social Media	51
HMI-Design 7	Schrittweise Anleitungen	52
HMI-Design 8	Hybride Informationsvisualisierung in der physischen Umgebung	53
HMI-Design 9	Ortsunabhängiges Informationsangebot	53
HMI-Design 10	Designstrategien zur Fehlervermeidung	54
HMI-Design 11	Handlungsanweisungen für Ausnahmesituationen anbieten oder durch Social Media unterstützen	55
HMI-Design 12	Alternative Ein- und Ausgabemechanismen mit gutem Kosten-Nutzen-Verhältnis	56
HMI-Design 13	Aufgabenbedingten Informationsbedarf decken	59
HMI-Design 14	Zugang zu begleitendem Informationsmaterial	59
HMI-Design 15	Bewusste Entscheidung für Ausmaß der Mitarbeiterbeteiligung	61
HMI-Design 16	Intelligente Mechanismen und Regeln transparent und kontrollierbar	62
HMI-Design 17	Handlungsfähige Mitarbeiter trotz Automatisierung	62
HMI-Design 18	Einheitliche Darstellungscodes, Informationsarchitekturen und Bedienmechanismen	64
HMI-Design 19	Individualisierung durch den Nutzer	65
HMI-Design 20	Hochwertiges Default HMI trotz Individualisierung	65
HMI-Design 21	Bedarfsgerechte Unterstützung durch selbstständige Adaptation	66

6.2	Überblick der Anforderungen und Guidelines für zukunftssichere HMI-Werkzeuge	
6.2.1	Unterstützung bei der effizienten HMI-Entwicklung	
HMI-Tool 1	Import aus professionellen Grafikprogrammen	37
HMI-Tool 2	Unterstützung iterativer Gestaltungsprozesse	41
HMI-Tool 7	Anpassbare Templates für Datenvisualisierung	50
HMI-Tool 9	Integration von Multimedia und PDF	52
HMI-Tool 13	Trennung von Darstellung und Interaktionslogik	57
HMI-Tool 16	Statistische und Echtzeit-Daten aus verschiedenen Perspektiven	59
HMI-Tool 18	Templates für aufgabenbegleitende Informationen	59
HMI-Tool 24	Unterstützung von HMI-Designvarianten	64
HMI-Tool 25	Parametrieren statt programmieren	64
HMI-Tool 26	Anlegen und Nutzen von generischen HMI-Elementen unterstützen	64
6.2.2	Grundlagen einer intelligenten und kontextsensiblen Produktionssteuerung	
HMI-Tool 4	Selbstlernende und selbstoptimierende Kontexterkenkung	49
HMI-Tool 19	Dynamisches Nutzerprofil	60
HMI-Tool 20	Nutzerspezifische Benachrichtigungen	60
HMI-Tool 21	Nutzerspezifische Aufgabenlisten	61
HMI-Tool 27	HMI-Individualisierung unterstützen	65
HMI-Tool 28	Sensordaten und Anpassungsregeln für automatische Adaptationen	66
6.2.3	Schnittstellen und Kommunikationsfunktionalität	
HMI-Tool 3	Bidirektionale Schnittstellen für eine effektive Kontexterfassung	49
HMI-Tool 6	Schnittstellen zu MES für eine Vorschau von Simulationsergebnissen	50
HMI-Tool 14	Schnittstellen zur Vernetzung mit relevanten IT-Systemen	48
HMI-Tool 15	Kompatibilität und Offenheit bezüglich Standards und Protokolle	48
HMI-Tool 17	Datenkommunikation aus dem Produktionssystem heraus	59
HMI-Tool 22	Aufgabenzuweisungen ablehnen und weiterleiten	61
HMI-Tool 23	Bidirektionale Schnittstellen zu intelligenten Systemkomponenten	62
6.2.4	Unterstützung neuer Technologien	
HMI-Tool 5	HMI-Design und Kommunikationsschnittstellen für mobile Geräte	50
HMI-Tool 8	Chat, Wiki und Blog	51
HMI-Tool 10	Unterstützung von Multitouch und Touchgesten	57
HMI-Tool 11	Unterstützung alternativer Cursoreingaben	57
HMI-Tool 12	Offen für neue Eingabemechanismen	57

Impressum

Kontaktadresse:

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und
Organisation IAO, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de

Matthias Peissner

Telefon +49 711 970-2311, Fax -2300
matthias.peissner@iao.fraunhofer.de

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografi-
sche Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-8396-0563-9

Druck und Weiterverarbeitung:

IRB Mediendienstleistungen
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB,
Stuttgart

Für den Druck des Buches wurde chlor- und
säurefreies Papier verwendet.

© by Fraunhofer IAO, 2013

Verlag: Fraunhofer Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 800469, 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-2500, Fax -2508
E-mail: verlag@fraunhofer.de
www.verlag.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich all seiner Teile urheberrechtlich
geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen
des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche
Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt
insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikrover-
filmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handels-
namen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme,
dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und
Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären
und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Soweit
in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften
oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus
ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für
Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.