

Ansatz eines menschenzentrierten ortsspezifischen Bedienkonzepts für Werkzeugmaschinen auf Basis applikations- und situationsabhängiger Informationsbereitstellung

Christian BRECHER¹, Simon SITTIG¹, Tobias HELLIG²,
Markus OBDENBUSCH¹, Werner HERFS¹

¹*Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen, Werkzeugmaschinenlabor (WZL)
der RWTH Aachen, Steinbachstraße 19, D-52074 Aachen*

²*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Begründet durch eine zunehmende Funktionsintegration in Werkzeugmaschinen kommt es zu einem stetigen Anstieg der Steuerungs- und Bedienkomplexität. Im Zuge der wissenschaftlichen Herausforderungen im Kontext Industrie 4.0 müssen im Besonderen auch Mensch-Maschine-Schnittstellen zukünftig menschenzentrierter, verständlicher und allgemein intuitiver gestaltet werden. Dies erfordert es, heute vielfach aus dem Consumerbereich bekannte mobile Geräte in die Arbeitswelt zu integrieren, um insbesondere eine ortsungebundene Bereitstellung von Informationen und Interaktionen langfristig zu ermöglichen. Der Beitrag stellt ein Konzept vor, welches eine sinnvolle Integration dieser Basis-Technologien in den bestehenden Arbeitsablauf des Maschinenbedieners ermöglicht und zugleich die Datendurchgängigkeit zwischen konventionellen Steuerungssystemen und neuen Endgeräten gewährleistet.

Schlüsselwörter: Mensch-Maschine-Interaktion, Werkzeugmaschine, mobile Mensch-Maschine-Schnittstelle, Industrie 4.0

1. Einleitung

Aktuelle Entwicklungen in der Werkzeugmaschinen-domäne befassen sich mit der Erweiterung klassischer Mensch-Maschine-Schnittstellen (z. B. statisches Bedienterminal) um mobile Geräte wie z. B. Tablet oder Smartwatch (Schamari 2012; Schäfer 2015) zur verbesserten Unterstützung des Benutzers, da sie eine ortsungebundene Bereitstellung von Informationen und Eingabe von Steuerungsbefehlen ermöglichen. Um ein menschenzentriertes Bedienkonzept entwickeln zu können, müssen jedoch sowohl bestehende als auch neue Mensch-Maschine-Schnittstellen (MMS) sinnvoll in den Arbeitsablauf des Maschinenbenutzers sowie bestehende Architekturen integriert werden.

Im Rahmen einer Anforderungsanalyse wurden im BMBF geförderten Projekt MaxiMMI typische Arbeitsaufgaben eines Maschinenbedieners an einer Werkzeugmaschine für die Fräsbearbeitung erfasst. Zu diesen gehören z. B. „Spannvorrichtung vorbereiten“, „Werkstück einlegen und Nullpunkt setzen“ oder „Maschinenstatus/Prozess überwachen“. Im heutigen Produktionsumfeld besteht eine besondere Herausforderung darin, dass Bediener aufgrund ihrer Zuständigkeit im Rahmen eines Mehrmaschinenbedienkonzepts oder weiterer Nebentätigkeiten (z. B. Arbeitsvorbereitung eines Folgeprozesses) ihren aktuellen Bedienkontext verlassen. Während der

örtlichen Abwesenheit benötigt der Maschinenbediener daher Informationen zu ablaufenden Prozessen aller Maschinen, die ihn in der situativen Planung seiner Arbeitsschritte unterstützen. Derzeit existieren – abgesehen von einem zentralen Leitstand – jedoch fernab der Maschine keine Möglichkeiten, Informationen über deren Status im Sinne des Prozessfortschritts situativ zu erhalten. Signalsäulen erlauben keine detaillierten Rückschlüsse auf den Programmfortschritt und befinden sich nicht immer im Sichtfeld des Benutzers. Durch den Einsatz mobiler Bediengeräte (Smart Devices) kann grundsätzlich eine gesteigerte Informationsdichte fernab der Maschine realisiert werden.

Mit dem vorliegenden Konzept soll die Grundlage für eine kontextabhängige Anpassung von Mensch-Maschine-Schnittstellen (MMS) an Werkzeugmaschinen hinsichtlich Informationsbereitstellung sowie der Interaktionsfunktionalitäten geschaffen werden. Dies erfordert eine Beschreibung des Benutzers hinsichtlich seines Aufenthaltsorts bzw. seiner aktuellen Arbeitsaufgaben und die Entwicklung eines Datenmodells zur applikationsspezifischen Auswahl zu visualisierender Daten. Dazu wird ein allgemeiner Ansatz vorgestellt, wie unterschiedliche Endgeräte durch generische Beschreibung des Nutzungskontexts und mittels standardisierter Schnittstellen in das Produktionsumfeld von Werkzeugmaschinen integriert werden können.

2. Stand der Technik

Die Komplexität von Werkzeugmaschinen hat in den letzten Jahrzehnten – bedingt durch steigende Produkthanforderungen und kürzere Produktlebenszyklen – stetig zugenommen und geht mit einer Zunahme der zur Maschinenbedienung erforderlichen Bedienelemente einher (Kolster 2014). Der stetig wachsenden Steuerungskomplexität steht eine unzureichende Weiterentwicklung der Bedienkonzepte gegenüber, wodurch zunehmend längere Anlernzeiten für neue Mitarbeiter erforderlich sind (Brecher et al. 2011). Daraus erwächst die Forderung nach einer stärkeren Nutzerorientierung von Mensch-Maschine-Schnittstellen, die einerseits jungen Mitarbeitern das Erlernen des Umgangs mit komplexen Steuerungen erleichtern, andererseits ältere, erfahrene Maschinenbenutzer in der routinierten Ausübung ihrer Tätigkeiten nicht behindern.

Ein menschenzentriertes Bedienkonzept für Werkzeugmaschinen zeichnet sich dadurch aus, dass Benutzer in der Lage sind, Werkzeugmaschinen ohne zusätzliche Hilfestellung „intuitiv“ in einer Weise zu nutzen, die ihnen eine effiziente und zufriedenstellende Ausführung der Arbeitsaufgaben ermöglicht (EN ISO 9241-210 2010). Die Effizienz und die Akzeptanz im Umgang mit technischen Geräten können durch eine ansprechende, übersichtliche Gestaltung der Benutzeroberflächen sowie den gezielten Einsatz spielerischer Elemente gesteigert werden (Ruppert 2015). Aus mehreren forschungstechnischen Ansätzen und Arbeiten geht zudem die Notwendigkeit einer stärkeren Handlungsorientierung hervor, da der Mensch ebenfalls in Handlungsmustern und somit situationsorientiert denkt (Kolster 2014; Brecher et al. 2011). Eine situationsabhängige Informationsbereitstellung erfordert eine Adaption der Benutzungsschnittstellen an den vorliegenden Nutzungskontext (Ablaßmeyer 2009). Der Nutzungskontext beschreibt den Benutzer, die durchzuführende Arbeitsaufgabe und die zur Verfügung stehende Ausrüstung sowie physische und soziale Umgebungsbedingungen, die in einem Anwendungsfall vorliegen (EN ISO 9241-210 2010).

Gemeinsame Interessengruppen, die sich hinsichtlich der vorrangigen Aufgabenverfolgung ähneln, können in Form von Benutzerrollen aggregiert werden. Somit beschränkt sich die Adaption der Benutzungsschnittstellen auf bestimmte Rollenprofile und muss nicht für jeden Benutzer separat vorgenommen werden (Kolster 2014).

Sommer (2015) stellt mit iWindow einen Ansatz vor, benötigte Informationen direkt im Sichtfeld zur Verfügung zu stellen. Zur Unterstützung des Einfahrprozesses werden dem Benutzer nützliche Prozessinformationen wie Werkzeugpfade via Augmented Reality direkt in die Schutzscheibe eingeblendet. Durch Headtracking werden die überlagerten Informationen für den Benutzer dabei perspektivisch korrekt dargestellt. Um Informationen jederzeit zur Verfügung stellen zu können, bietet sich der Einsatz mobiler Geräte (Smart Devices) an. So realisiert beispielsweise die Fa. Asys Group (2015) eine permanente Überwachung und Kontrolle komplexer Maschinen durch den Einsatz von Tablet und Smartwatch. Ähnliche Konzepte finden sich auch in (Heymann 2015). Durch Einbezug von Ortsinformationen können Anwenderdialoge die vorliegende Situation besser berücksichtigen. Die BMW Group (2015) setzte in einem Pilotprojekt Smartwatch-basierte kontextsensitive Assistenzsysteme in der Montage ein.

Grundsätzlich kann im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion eine Unterteilung der Schnittstellen nach Anzeigen und Bedienelementen vorgenommen werden (Bruder & Didier 2015). Da die eingesetzten Geräte sich in der Größe der Anzeige und damit in der Menge an gleichzeitig darstellbarer Information unterscheiden, ist eine applikationsspezifische Selektion der darzustellenden Daten notwendig. Eine Studie zu Bedienelementen auf kleinen Anzeigen findet sich in Backhaus & Brandenburg (2013). Software-technische Lösungen zur kontextbasierten Informationsfilterung und -aufbereitung finden sich z. B. in Form von Zoomable Interfaces in der Entwicklung von Fahrassistenzsystemen (Ablaßmeyer 2009).

3. Anforderungen an ein nutzerzentriertes Bedienkonzept für Werkzeugmaschinen

Eine nutzerzentrierte Gestaltung der Überwachung und Steuerung von Werkzeugmaschinen erfordert die Betrachtung technischer und nicht-technischer Einflussfaktoren. Die Entwicklung eines ganzheitlichen Konzepts muss sich dabei multidimensionalen Herausforderungen stellen.

Aktuelle Steuerungen bieten nicht die Möglichkeiten, Daten für die externe Darstellung aufzubereiten. Darüber hinaus existiert eine hohe Steuerungsheterogenität: Der Zugriff auf Maschinendaten und die Möglichkeiten der externen Manipulation unterscheiden sich in Abhängigkeit des Steuerungsherstellers, der vorliegenden Steuerungsgeneration und der verwendeten Software. Standardisierte Übertragungsprotokolle wie OPC UA (OLE (object linking and embedding) for Process Control Unified Architecture) werden nur zu einem Teil von Steuerungen unterstützt und erlauben nur eingeschränkten Variablenzugriff (z. B. rein lesender Zugriff auf PLC-Variablen).

Existierende Systeme sind nur unzureichend an das konkrete Aufgabenspektrum des Nutzers angepasst. Eine stärkere Ausrichtung der Dialoginhalte auf die Rolle des Nutzers ist daher notwendig und erfordert geeignete Identifikationsmethoden. Zudem fehlt es häufig an Individualisierbarkeit der Benutzeroberflächen. Des Weiteren werden Interaktionsorte des Nutzers derzeit nicht oder nur unzureichend in die Beschreibung des Nutzungskontexts einbezogen. Zur Gewinnung ortsspezifischer Informationen müssen geeignete Lokalisierungstechnologien identifiziert und, unter Be-

rücksichtigung des Datenschutzes, valide Lokalisierungsstrategien entwickelt werden. Verschiedene als Benutzungsschnittstellen einsetzbare Endgeräte unterscheiden sich stark in der Menge an sinnvoll darstellbaren Informationen und im Spektrum der Interaktionsmöglichkeiten. Es fehlen einheitliche Beschreibungsmodelle zur Charakterisierung von Gerätetypen.

Aus den genannten Herausforderungen lassen sich folgende technische und nicht-technische Anforderungen ableiten:

3.1 Technische Anforderungen

- *Standardisierung*: Schaffung einheitlicher Kommunikationsschnittstellen für einen standardisierten Informationsaustausch mit Werkzeugmaschinen
- *Informationsmodellierung*: Kontextsensitive Informationsaufbereitung und Interaktionsbereitstellung sowie produktions- und prozessspezifische Berücksichtigung von Rahmenbedingungen erfordern ein umfangreiches Datenmodell
- *Informationsskalierung*: Maschinendaten müssen hinsichtlich Relevanz und Semantik für die Interaktionsschicht gefiltert, strukturiert und einzelnen Funktionsmodulen zugeordnet werden.
- *Daten- und Übertragungssicherheit*: Realisierung und Einrichtung robuster und sicherer Funkübertragungsstandards.
- *Lokalisierungstechnologien*: Um den Ort des Benutzers mit hinreichender Genauigkeit bestimmen zu können, muss dieser mittels geeigneter Lokalisierungsstrategien erfasst werden.
- *Identifikation*: Um dem System die Rolle des Benutzers mitzuteilen bzw. Individualparameter abzulegen, muss sich dieser identifizieren.

3.2 Nicht-technische Anforderungen

- *Informationsfilterung*: In Abhängigkeit der Eingriffsnotwendigkeit und damit verbundenen Dringlichkeit wird der Benutzer spezifisch informiert. Im Bedarfsfall (z. B. zu hohe Spindelauslastung) kann der Benutzer in den Prozess eingreifen und ihn aus der Ferne stoppen (Steuerfunktionalität).
- *Ortsspezifische Dialoggestaltung/Meldungskonfiguration*: Der Aufenthaltsort ist Bestandteil des Nutzungskontexts und muss daher bei der Dialoggestaltung und im Interaktionsverhalten des Endgeräts berücksichtigt werden.
- *Transitionen/Zustände*: Während der Durchführung der Arbeitsaufgaben treten Ereignisse auf, die Einfluss auf die Handlungsschritte des Benutzers haben können. Relevante Transitionsbedingungen müssen in die Dialoggestaltung der abzuarbeitenden Workflows miteinfließen.
- *Rollenmodell*: Die Nutzerrolle (z. B. Einrichter oder Bediener) beschreibt den Nutzungskontext bezogen auf unterschiedliche Arbeitsaufgaben, die ein Nutzer ausführt. Es ist eine Anpassung der angezeigten Informationen bzw. verfügbaren Interaktionen (z. B. Zugriffsrechte) abhängig von der Benutzerrolle notwendig.
- *Endgerätetyp*: Der Endgerätetyp hat einen wesentlichen Einfluss auf die Menge der Informationen und Interaktionen, die dem Nutzer bereitgestellt werden können (z. B. Displayfläche Maschinen-HMI > Tablet > Smartwatch).

Anschließend müssen die im Datenmodell definierten Funktionselemente in den Nutzungskontext (Rolle, Arbeitsaufgaben) eingebracht werden. Dazu dient ein HMI-Editor, mit dem sich aus Funktionselementen, Transitionsbedingungen und vordefinierten, endgerätespezifischen Ansichten (Bedien- und Anzeigentemplates) Dialoge erstellen lassen. Diese können zu Workflows verkettet werden, welche passenden Nutzerrollen zugeordnet und mit den zu ihrer Ausführung benötigten Nutzerrechten klassifiziert werden.

Alle Einflussgrößen, die sich auf das Dialogverhalten und dessen Inhalte auswirken können, müssen ebenfalls generisch beschrieben werden: Daten, die von einem Fremdsystem (z. B. Lokalisierungssystem, Identifikationssystem) stammen, müssen über spezifische Schnittstellen einbezogen und analog zu den spezifischen Maschinendaten aufbereitet werden. Anhand der aggregierten Informationen (Zustände/Transitionen) kann beispielsweise ein ortsspezifisches Umschalten von Dialogen oder eine Modifikation des Interaktionsspielraums (z. B. orts- oder nutzerspezifische Steuerfunktionalität) realisiert werden. Da die Informationen im HMI-Editor generisch vorliegen (z. B. „Bediener steht an Werkzeugwechsler“) sind sie unabhängig von der Art des Fremdsystems (z. B. Identifikations-/Lokalisierungstechnologie).

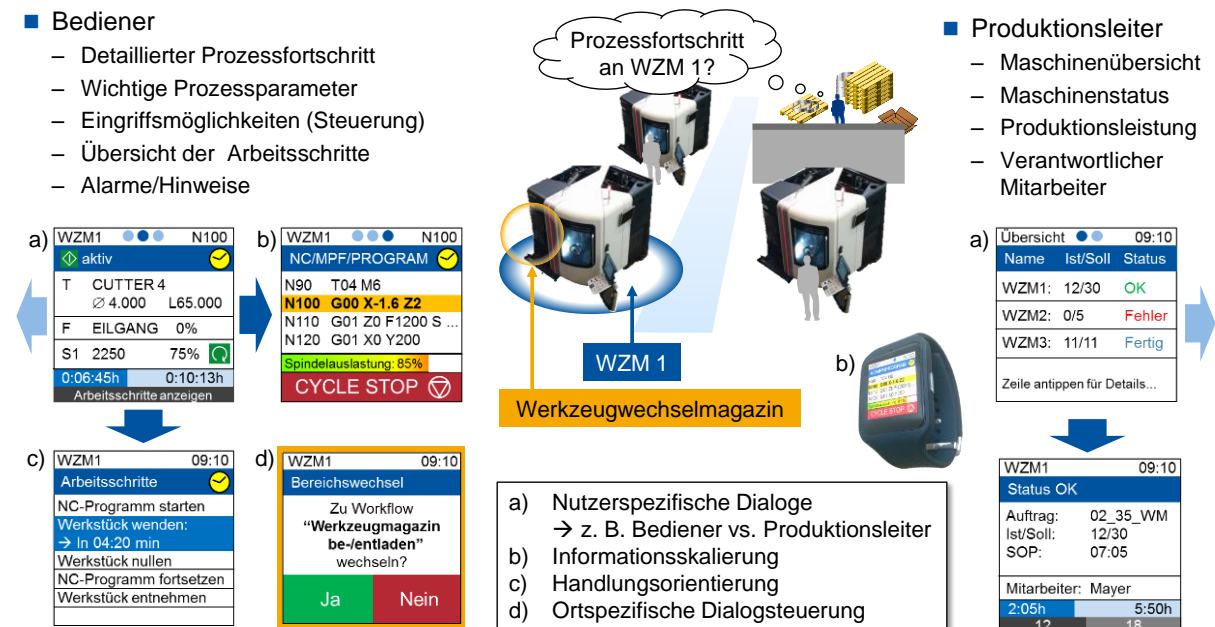


Abbildung 2: Nutzer- und kontextspezifische Dialoganpassung am Beispiel der Prozessüberwachung via Smartwatch; ortsspezifische Dialoggestaltung am Beispiel des Werkzeugwechslers

Über eine standardisierte Schnittstelle können beliebige Endgeräte (Clients) an die Middleware (Server) angebunden werden. Dazu verfügen die Geräte über eine App, welche diese Schnittstelle nutzt und eine Gerätebeschreibungsdatei zur Charakterisierung des Endgerätetyps generiert. Ausgehend von den Geräteinformationen bekommt das Gerät eine passende Workflow-Architektur sowie im Informationsinhalt skalierte Dialoge zur Verfügung gestellt. Sobald sich der Nutzer an der Werkzeugmaschine anmeldet, erhält er entsprechend seiner Rolle Zugriff auf die an dieser Werkzeugmaschine verfügbaren Workflows. In Abbildung 2 sind am Beispiel der Prozessüberwachung die unterschiedlichen Dialoginhalte für verschiedene Benutzerrollen (Bediener, Produktionsleiter) dargestellt.

5. Diskussion und Fazit

Das beschriebene Informationsmodell stellt einen Ansatz für die vereinfachte Integration mobiler Geräte in den Arbeitsablauf unter Berücksichtigung des Nutzungskontexts dar. Durch generische Informationsaufbereitung und standardisierte Endgeräteschnittstellen kann ein bestehendes System mit geringem Entwicklungsaufwand beliebig um zusätzliche Endgeräte erweitert werden. Eine Adaption an neue WZM erfordert die Implementierung spezifischer Schnittstellen, jedoch können bestehende Funktionselemente genutzt und neu verknüpft werden, um den Änderungsaufwand minimal zu halten. Informationen von Fremdsystemen werden generisch erfasst und liefern somit ebenfalls standardisierte Einflussgrößen, die in die Workflow-Entwicklung und die dynamische Dialoggestaltung einfließen. Im Gegensatz zu bestehenden Lösungen werden Ortsinformationen mit berücksichtigt und so der Nutzungskontext umfänglicher erfasst. Für andere Anwendungsfälle sind weitere Interaktionsorte denkbar: So könnte automatisch ein Dialog zur Unterstützung der Werkzeugverwaltung eingeblendet werden, sobald der Nutzer sich am Werkzeugwechselmagazin befindet. Zukünftige Arbeiten werden sich mit Funk-Lösungen im industriellen Umfeld sowie Fragestellungen des Arbeits- und Datenschutzes beschäftigen.

6. Literatur

- Ablaßmeier M (2009) Multimodales, kontextadaptives Informationsmanagement im Automobil. Dissertation, Technische Universität München, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
- Asys Group GmbH (2015) http://www.asys.de/agweb/images/aktuelles/newsletter/2015/08_Newsletter_PULSE/02_Newsletter_08_2015_D.pdf, Zugriff am 10.12.2015
- Backhaus N, Brandenburg S (2013) Wie viel ist zu viel? Empfehlungen für die Anzahl von Bedienelementen auf kleinen Displays. In: Brandenburg E, Doria L, Gross A, Günzler T, Smieszek H (Hrsg) Grundlagen und Anwendungen der Mensch-Maschine-Interaktion. 10. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme, 10.-12.Oktober 2013, 180-185
- BMW Group (2015) Neue Perspektiven in der Produktion: BMW Group nutzt Chancen der Digitalisierung zur Weiterentwicklung des Produktionsnetzwerks, Presseinformation 11.08.2015
- Brecher C, Kolster D, Herfs W (2011) Innovative Benutzerschnittstellen für die Bedienpanels von Werkzeugmaschinen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF) 106
- Bruder R, Didier M (2015) Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen. In: H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz, C. Singer (Hrsg) Handbuch Fahrerassistenzsysteme, ATZ/MTZ-Fachbuch, Wiesbaden: Springer, 634-645
- Europäisches Komitee Für Normung (2010) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (EN ISO 9241-210:2010)
- Heymann S (2015) Immer dabei und die Hände frei - Mit einer Smartwatch die Produktion steuern, IT&production, 01-2015, Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA)
- Kolster D (2014) Handlungsorientierte, multimodale Werkzeugmaschinen Benutzerschnittstellen. Dissertation RWTH Aachen, Aachen: Apprimus Verlag
- Ruppert G (2015) Industrieller Mittelstand 4.0 – Spielend effizienter in der Produktion. Industrieanzeiger 30: 44
- Schäfer R (2015) Bedienen und Steuern 4.0. Maschinenmarkt 201: 108-11
- Schamari UW (2012) Mobile IT-Techniken erobern den Maschinenbau. Maschinenmarkt 25: 14
- Sommer Ph (2015) Intelligentes Maschinenfenster in Werkzeugmaschinen mit Hilfe von Augmented Reality. In: ABS-Treffen, Aachen, 19.06.2015

Danksagung: Die Forschungsarbeiten wurden vom BMBF im Rahmen des Forschungsvorhabens "MaxiMMI – Multimodale, aufgabenorientierte Bediensysteme zur flexiblen und nutzerzentrierten Mensch-Maschine-Interaktion an Produktionsmaschinen" (FKZ: 16SV6237) gefördert. Projektträger ist der VDI/VDE-IT.