

# Entwicklung eines lebenszyklusorientierten Bedienkonzeptes für automatische Montageanlagen

Leif GOLDHAHN

*Hochschule Mittweida, Fakultät Ingenieurwissenschaften  
InnArbeit – Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft  
Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida*

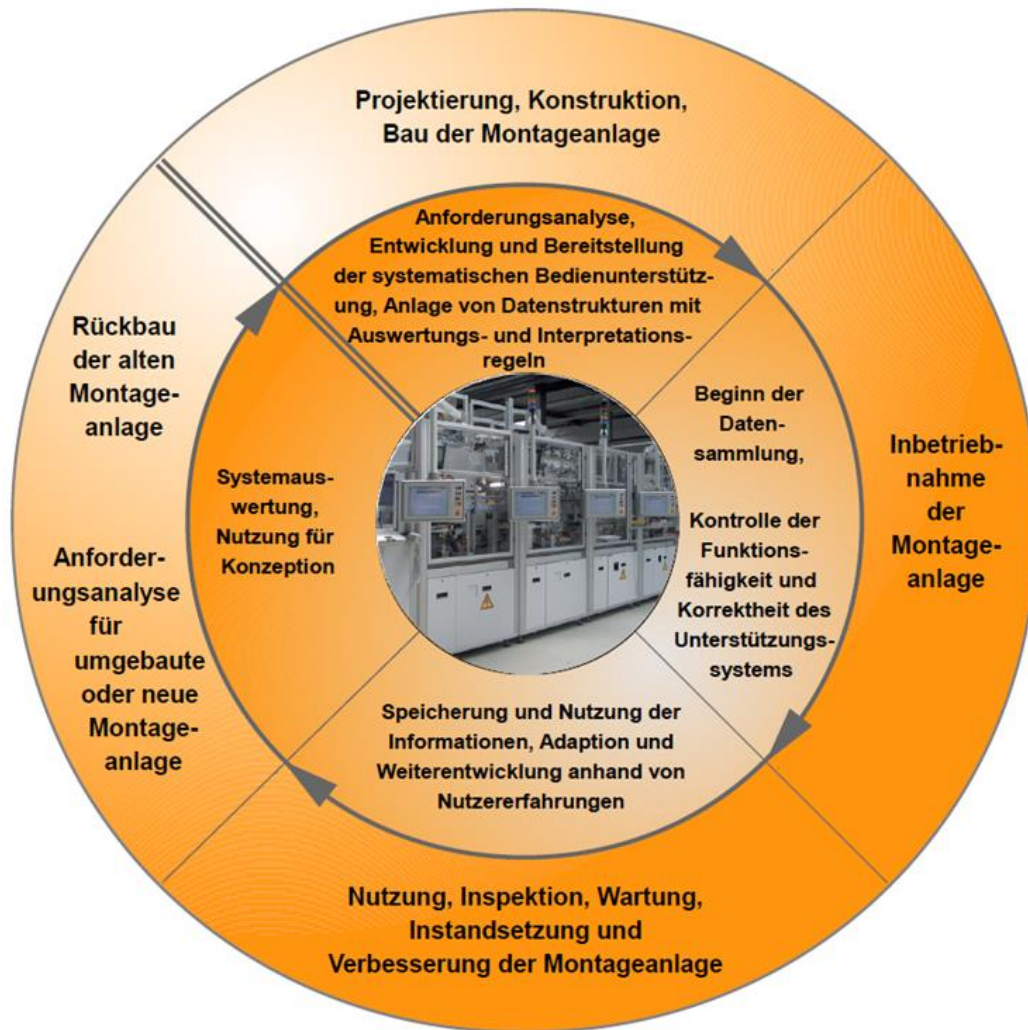
**Kurzfassung:** Während der Projektierung automatischer Montageanlagen stehen vor allem Montageprodukt, Fertigungs- und Prüfverfahren sowie notwendige Anlagenkomponenten im Blickpunkt. Diese Sichtweise sollte um die Konzeption der Bedienanforderungen und -handlungen systematisch ergänzt werden. Deshalb entstand ein Bedienkonzept, welches die Gestaltungsaspekte ganzheitlicher Anlagennutzung durch verschiedene Nutzergruppen im Lebenszyklus der Anlage aufzeigt und diese durch ausgewählte Gestaltungsregeln und fallweise virtuelle Untersuchung von Bedienhandlungen untersetzt. Schwerpunkte des Beitrages bilden ein Inhaltsüberblick zum Bedienkonzept, wichtige Gestaltungsmerkmale sowie die virtuelle Modellierung, Animation und Überprüfung interaktiver Elemente des Konzeptes und entsprechender Mensch-Maschine-Interaktionen.

**Schlüsselwörter:** Montageanlagen, Projektierung, Bedienkonzept, Virtual Reality, Lebenszyklus, Automation

## 1. Motivation

Montageanlagen und andere Sonderanlagen für die Stückgutfertigung in großen Stückzahlen sind häufig hoch automatisiert. Sie enthalten zahlreiche automatisierte Subsysteme mit eigenen Steuerungen und Bedienanforderungen, z. B. Handhabungskomponenten, Klebe- oder Schweißeinrichtungen, Mess- und Überwachungssysteme. Im Projektierungs- und Konstruktionsprozess dieser Anlagen betrachtet man vordergründig die technischen Anforderungen und zugehörige Lösungen. Bedienanforderungen und -festlegungen bleiben außen vor oder finden erst spät nähere Betrachtung, was die Gestaltung deutlich erschwert. Deshalb wurde im Verbundforschungsprojekt „ELMES – Entwicklung lebenszyklusorientierter Bedienkonzepte für komplexe, mechatronische Sonderanlagen“ ein Ansatz zur Entwicklung eines lebenszyklusorientierten Bedienkonzeptes für solche komplexen Sonderanlagen erarbeitet (Abbildung 1).

Durch die Entwicklung eines standardisierten Bedienkonzeptes rückt der Mensch als Nutzer und Erhalter der Anlage in den Fokus. Kunde und Maschinenbauer kommunizieren gezielt darüber. Für ausgewählte Bedienhandlungen lassen sich virtuelle Modelle nutzen, um Anlagengeometrie und -zustände sowie Interaktionen zwischen Mensch und Maschine zu simulieren. Dies unterstützt die menschengerechte Gestaltung der Anlage in der Projektierungsphase für Neuanlagen oder bei umfangreichen Umbauten und Erneuerungen. Die potentiellen Handlungen an Montageanlagen umfassen auch Bauteil-Handling, Qualitätskontrolle, Störungsbetrachtung, Wartung u. a., die neben klassischen Mensch-Computer-Interaktionen zu beachten sind.



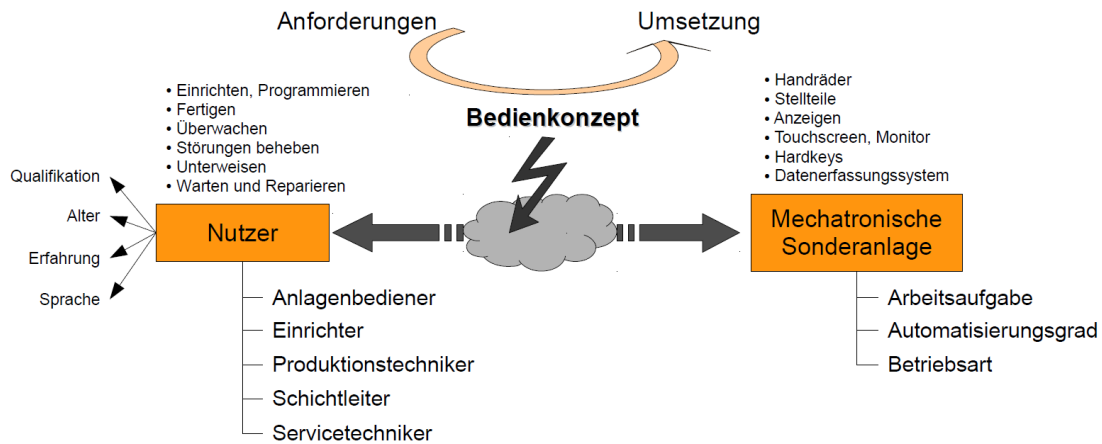
**Abbildung 1:** Ansatz zur Entwicklung lebenszyklusorientierter Bedienkonzepte für automatische Montageanlagen Bild: Hochschule Mittweida

## 2. Inhalt und Anforderungen Bedienkonzept

Ein Bedienkonzept sollte alle im Lebenszyklus erforderlichen Interaktionen zwischen Anlagennutzern und maschineller Anlage prospektiv aufzeigen. Allgemein aufgestellt, lässt es sich für spezifische Maschinenkomplexe adaptieren. Daraus ergeben sich grundlegende Anforderungen an das Bedienkonzept (Abbildung 2):

- Berücksichtigung verschiedener Nutzergruppen mit ihren Aufgaben bzw. Nutzungssituationen und Eigenschaften
- Modularität und Flexibilität zur Applikation für verschiedene Sonderanlagen
- Möglichkeit der Weiterentwicklung während des Lebenszyklusses
- Beachtung von Normen und Richtlinien zur gebrauchstauglichen Schnittstellengestaltung (Aufgaben-, Dialog-, und Informationsgestaltung).

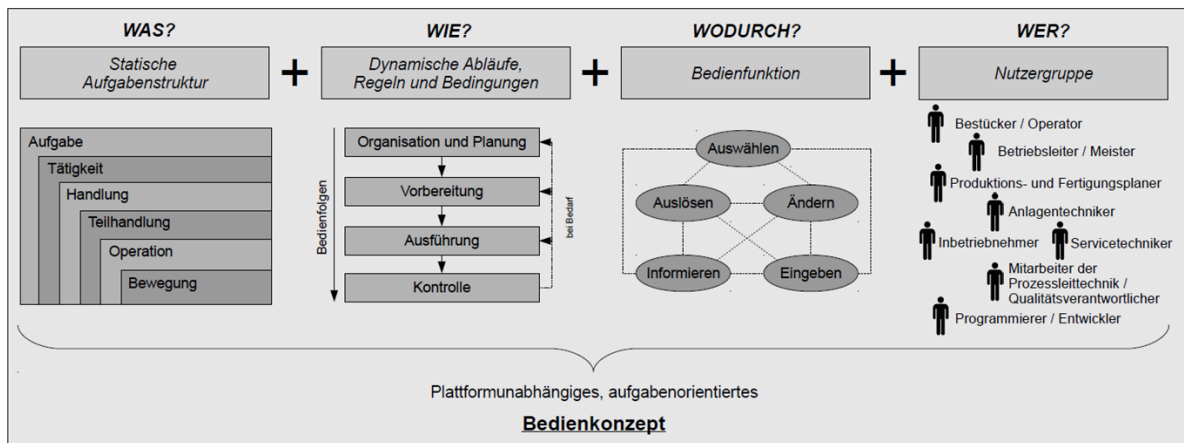
Eine weitere Vertiefung der Einflussfaktoren auf das Bedienkonzept findet sich in (Goldhahn et. al. 2015 a).



**Abbildung 2:** Struktur und Ausprägungen zur Anforderungsdefinition für das Bedienkonzept  
Bild: Hochschule Mittweida

### 3. Gestaltungsmerkmale des Bedienkonzeptes

Das aufgabenorientierte Bedienkonzept lässt sich durch vier Merkmalsgruppen eindeutig charakterisieren: hierarchische Aufgabenstruktur, Abläufe mit ihren Regeln und Bedingungen, Bedienfunktionen und Nutzergruppen (Abbildung 3).

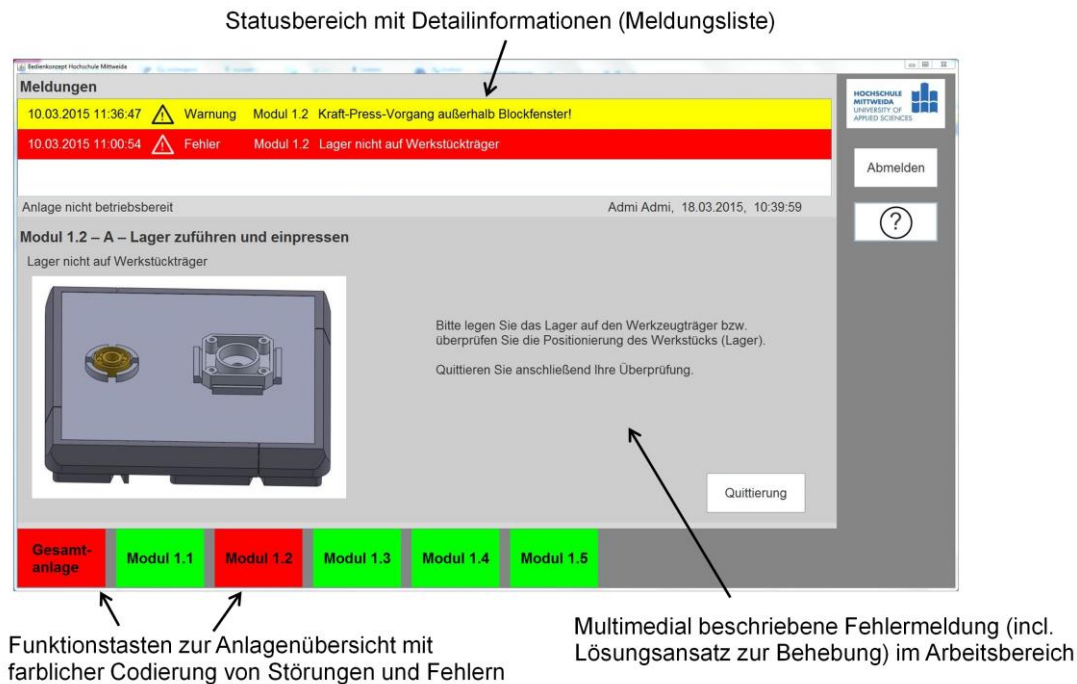


**Abbildung 3:** Elemente des Bedienkonzeptes (Goldhahn & Bock 2015) Bild: Hochschule Mittweida

Auf Grundlage der einzelnen Nutzergruppen sowie deren Arbeitsaufgaben an der Anlage wird das Bedienkonzept in drei grundlegende Varianten unterteilt:

- Primäres Bedienkonzept für Operatoren/Bestücker,
- Sekundäres Bedienkonzept für Einrichter/Maschinenführer, Meister, Mitarbeiter Prozessleittechnik bzw. Qualitätsverantwortlichen sowie
- Tertiäres Bedienkonzept für Produktions- und Fertigungsplaner, Programmierer/Entwickler, Anlagen- und Servicetechniker.

Die Unterscheidung erfolgt dabei zunächst durch die verwendeten Bediengeräte, wobei eine grundsätzliche Ausrichtung auf Touchscreens stattfindet. Während für das primäre Bedienkonzept Taster, Kontrollleuchten und einfache Anzeigegeräte (Monitore) mit Navigations- und Quittierungsmöglichkeit genügen, ist für das sekundäre zusätzlich ein mobiles Bediengerät mit Touch-Funktion vorgesehen. Das



**Abbildung 4:** Gestaltung der Touch-Bedienoberfläche am mobilen Gerät Bild: Hochschule Mittweida

tertiäre Bedienkonzept benötigt außerdem zusätzlich einen mobilen PC mit Tastatur und Maus.

Auf der Basis von Standards und Richtlinien (u. a. DIN 19235, VDI/VDE 3850, VDI/VDE 3699, Zühlke 2012) wurde eine Bedienoberfläche für mobile Geräte entwickelt (Abbildung 4). Durch das Login des Anwenders erfolgt seine Zuordnung zu einer der Nutzergruppen. Das Layout des Bildschirms und die Rechte orientieren sich an den entsprechenden Aufgaben der Gruppe. An erster Stelle oben sieht der Nutzer aktuelle Meldungen zum Anlagenstatus mit Farbcodierung: Zustände, Warnungen, Fehler u. ä.. Bei Anwahl einer dieser Meldungen bekommt er eine fallweise multimediale Information (z. B. Prüfergebnisse), Dokumentation, Anweisung oder Handlungsempfehlung im Arbeitsbereich (Bildmitte). Damit lassen sich auch Aktivitäten des Anwenders an der realen oder virtuellen Anlage initiieren, unterstützen und deren Erfolg rückmelden. Die Meldung kann er zusätzlich über die Zuordnung zum betroffenen Montagemodul in der unten eingeblendeten dynamischen Anlagenübersicht lokalisieren. Diese Übersicht ermöglicht auch eine Fokussierung auf einzelne Anlagenkomponenten und deren Meldungen. Zusätzlich finden sich am rechten Bildschirmrand globale Funktionstasten für Login, Navigation, Abbruch oder Bestätigung.

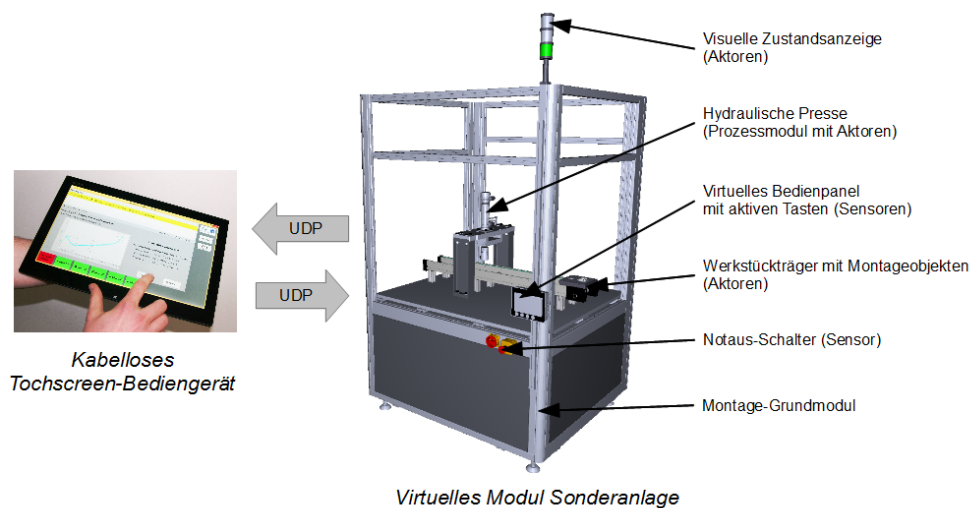
#### 4. Virtuelle Modellierung von interaktiven Elementen des Konzeptes

Um ein Bedienkonzept oder ausgewählte Nutzerhandlungen an einer Anlage prospektiv zu gestalten, bieten sich klassische Layout- und Ablaufdarstellungen aber auch die virtuelle Modellierung an (Abbildung 5). Zur virtuellen Modellierung erfolgt zunächst die Geometrieerzeugung für die wesentlichen Anlagenkomponenten, Bediengeräte und Bauteile, typischerweise im Softwaresystem der Projektanten und Konstrukteure: dem CAD-System. Die 3D-Daten müssen dann in die VR-Software (hier: Visual Decision Platform der ESI Group) übergeben sowie dort strukturiert,



definiert und animiert werden. Alternativ lässt sich auch eine spezielle Animationssoftware wie 3ds Max von AutoDesk verwenden.

Als flexibelste Lösung erwies sich die Erstellung und Wiedergabe der Animationen mittels Eigenprogrammierung in IDO.Script (Optionsmodul der VDP) und Phyton. Insbesondere für virtuelle Sensoren (Taster, Schalter u. ä.) und Aktoren (Lichtsignale, Anzeigen, Auslösung von Bewegungen u. ä.) erwies sich dies als beste, meist sogar einzig mögliche Lösung (Goldhahn et. al. 2015 b; Goldhahn et. al. 2015 a). Die Schnittstelle zwischen VR-Anlage und mobilem Bediengerät wurde mittels Phyton und UDP, welches einen schnellen Datentransfer ermöglicht, realisiert (ebenda).



**Abbildung 5:** Beispiel für ein modelliertes Montagemodul mit realisiertem Bediengerät (in Anlehnung an Goldhahn et. al. 2015 c) Bild: Hochschule Mittweida

## 5. Virtuelle Überprüfung von Mensch-Maschine-Interaktionen

Zur virtuellen Überprüfung von Mensch-Maschine-Interaktionen wurden drei Szenarien untersucht (Abbildung 6):

- (1) Virtuelle Anlage mit realem Bediengerät (Tablet-PC) und realem Bediener
- (2) Virtuelle Anlage mit virtuellem Bediengerät und realem Bediener sowie
- (3) Virtuelle Anlage mit virtuellem Bediengerät und virtuellem Bediener.

Die Varianten 1 und 2 liegen am nächsten an der realen Nutzungssituation der Anlage und werden somit für Projektierungsarbeiten und interaktive Untersuchungen am VR-System präferiert. Der Tablet-PC bietet darüber hinaus Vorteile bei der



**Abbildung 6:** Variante 1 – Kommunikation zwischen virtueller Anlage, realem Eingabegerät und realem Benutzer Bild: Hochschule Mittweida

flexiblen Visualisierung von Informationen anderer IT-Systeme, die z. B. mit Daten aus vorhandenen Datenbanksystemen gespeist werden. Hierfür wurden von den Projektpartnern eigene Applikationen entwickelt. Die Variante 3 eignet sich eher für Präsentationen und kurze Einführungen bzw. Einweisungen.

## 6. Fazit und Ausblick

Das vorliegende Bedienkonzept für automatische Montageanlagen wurde zunächst allgemein als Gestaltungsrahmen entwickelt und dann bezüglich interaktiver, mobil unterstützter Handlungen spezifiziert. Die virtuelle Modellierung, Darstellung und Überprüfung ganzheitlicher Mensch-Maschine-Interaktionen erwies sich vor allem bei der Sensibilisierung für Bedienkonzepte und bei prinzipiellen Fragestellungen spezieller Bedienabläufe und -oberflächen als erfolgreich. Als bedeutende Vorteile eines systematisch in das Anlagenkonzept integrierten Bedienkonzeptes wurden von den Industriepartnern bestätigt: Vereinfachung der Bedienhandlungen und Verkürzung der Bedienzeiten, Erhöhung der Akzeptanz bei den Mitarbeitern, Reduzierung von Änderungszeit und -aufwand sowie Kostenreduzierung durch flexible Hard- und Software. Zukünftig sollten weitere Gestaltungsregeln aufgestellt und für eine effiziente Beschreibung und virtuelle Modellierung Bedienhandlungen anwendungsorientiert typisiert werden.

## 7. Literatur

- DIN 19235 - Norm DIN 19235. Meldung von Betriebszuständen
- Goldhahn L, Bock D (2015) Modellierung von Bedienhandlungen in Virtual Reality-Umgebungen. In: Prozessentwicklung 4.0. Scientific Reports. 24. Internationale wissenschaftliche Konferenz Mittweida, ISSN 1437-7624, 2015, Nr. 2, 13-16
- Goldhahn L, Bock D, Sewohl R, Thümer C (2015 a) Skript-basierte Animation von Bedienhandlungen. Erstellung und Anwendung skript-basierter Animationen zur realitätsnahen Darstellung von Bedienhandlungen und -folgen in virtueller Realität. ZWF Jahrg. 110 3, 88–93
- Goldhahn L, Thümer C, Bock D (2015 b) Echtzeitnahe Visualisierung hochdynamischer Maschinenbewegungen in Virtual Reality. In: Schenk M (Hrsg.): Digital Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme. Tagungsband, 18. IFF-Wissenschaftstage, Magdeburg. Stuttgart: Fraunhofer, ISSN 2196 – 7601, 170-176
- Goldhahn L, Thümer C, Bock D (2015 c) Systematisierung und virtuelle Abbildung von interaktiven Bedienvorgängen an automatisierten Sonderanlagen. In: Bullinger A C (Hrsg.): Mensch 2020 - transdisziplinäre Perspektiven. Verlag aw&I Wissenschaft und Praxis. Chemnitz. ISBN 978-3-944192-04-8, 221-232
- VDI 3699 - VDI/VDE Richtlinie 3699 – Prozessführung mit Bildschirmen. Berlin, Beuth
- VDI 3850 - VDI/VDE Richtlinie 3850 – Nutzergerechte Gestaltung von Bediensystemen für Maschinen. Berlin, Beuth
- Zühlke D (2012) Nutzergerechte Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen: Useware-Engineering für technische Systeme, 2.Aufl. Berlin: Springer, ISBN 978-3-642-22073-9

**Danksagung:** Das Forschungsprojekt „Entwicklung lebenszyklusorientierter Bedienkonzepte für komplexe, mechatronische Sonderanlagen – ELMES“ wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie in der Fördermaßnahme „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)“ (Förderkennzeichen KF-2003208WD3) gefördert und vom Projektträger AiF Projekt GmbH betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor. Das Projekt wurde von der Hochschule Mittweida, Fakultät Ingenieurwissenschaften, InnArbeit – Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft, der SITEC Industrietechnologie GmbH Chemnitz sowie der Hiersemann Prozessautomation GmbH Chemnitz bearbeitet. Den intensiv am Projekt mitwirkenden Hochschulmitarbeitern Frau Dorit Bock, Herrn Christian Thümer und Herrn René Sewohl sei besonders gedankt.