

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

BETREUT VOM



PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie

Fabrikplanung, Betriebsmanagement, Digitale Fabrik

Wege in die Zukunft der Produktion

Ganzheitliche Mitarbeiterinbindung als Befähiger für die Transformation zur Industrie 4.0

T. Knothe, A. Ullrich, N. Weinert

Die Transformation in die „intelligente“ und vernetzte Fabrik der Zukunft folgt einem schrittweise iterativ ablaufenden Prozess. Besonderer Wert ist dabei auf die schnelle Realisierung von Prototypen und einzelnen Maßnahmen zu legen, um rasch Ergebnisse zu erzielen. Gefördert wird mit diesem Vorgehen nicht zuletzt auch das Verständnis und die Partizipationsbereitschaft der beteiligten Mitarbeiter, die somit früher in konkrete Entwicklungen eingebunden werden und diese mitgestalten können. Das Projekt „MetamoFAB“ hat Methoden sowie Hilfsmittel entwickelt, die beim Planen und Umsetzen der Transformation unterstützen. Diese wurden zudem exemplarisch in Fallbeispielen erprobt.

Pathways to the future of production - Holistic consideration of Employees as an enabler for the transformation to Industry 4.0

The transformation towards intelligent and interconnected factories of the future follows a stepwise, iterative approach. For quickly achieving results, a fast realization of haptic prototypes is crucial. By this, not at least understanding and willingness for participation of involved employees is raised, including them early phases of the transformation. The project MetamoFAB has developed methods and tools supporting this transformation process during planning and implementation. The applicability has been demonstrated exemplarily in use cases.

1 Wege in die Zukunft der Produktion

1.1 Konzepte der Industrie 4.0 umsetzen

Die Zukunft der Produktion, die seit 2011 in Deutschland unter dem Begriff der Industrie 4.0 firmiert, ist durch die zunehmende Integration von Digitalisierungslösungen zur Datenerfassung, Analyse und darauf aufbauend Steuerung von Produktionsabläufen geprägt. Als zentrales Prinzip der Industrie 4.0 wird zunächst die durchgängige Vernetzung der Entitäten der Produktion – sowohl Maschinen und Anlagen als auch Produkte und Mitarbeiter – gesehen, die die wesentliche Grundlage zur auftragsindividuellen (Re-) Konfiguration des Produktionssystems schafft (zum Beispiel [1]). Ebenso führt die zunehmende Verbreitung von Cyberphysischen Systemen (CPS – physische Artefakte mit der Fähigkeit zur Erfassung und Verarbeitung von physischen Daten sowie zur Kommunikation, beispielsweise [2]) zu einer vermehrt selbstorganisierten Entscheidungsfindung der Systeme. Produktionsabläufe werden dynamisch angepasst – bis dahin, dass ein Produkt auf Basis seiner Vorgabemerkmale mitunter selbst entscheidet, welche Maschine den nächsten Fertigungsschritt ausführt.

Für den einzelnen Betrieb stellen die Ansätze der Industrie 4.0 vor allem Chancen dar, mit denen die eigene Wettbewerbsfähigkeit gestärkt werden kann. Die einzelnen Lösungen sind kein „Selbstzweck“, sondern tragen zur wirtschaftlichen Betriebsführung bei. Konsequenterweise ist damit auch eine individuelle Interpretation der Prinzipien und Lösungsansätze im Sinne einer individuellen Auswahl und Gestaltung von Transformationsmaßnahmen für die Realisierung und Nutzung zur Wertsteigerung von hoher Relevanz. Auch existieren

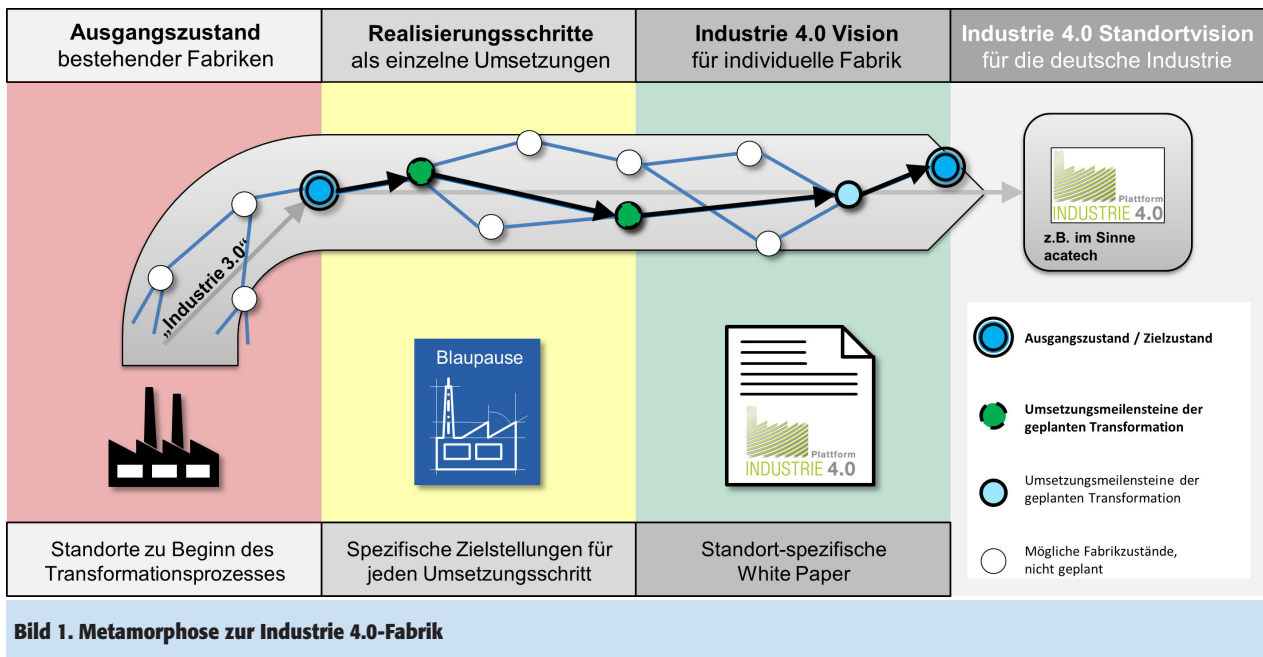
Dr.-Ing. Thomas Knothe
Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK – Geschäftsprozess- und Fabrikmanagement
Pascalstr. 8–9, D-10587 Berlin
E-Mail: thomas.knothe@ipk.fraunhofer.de
Internet: www.ipk.fraunhofer.de

Dipl.-Kfm. André Ullrich
Universität Potsdam
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme
August-Bebel-Str. 89, D-14482 Potsdam
E-Mail: aullrich@lswi.de
Internet: www.lswi.de

Dr.-Ing. Nils Weinert
Siemens AG – Corporate Technology – CT RDA AUC MSP-DE
Otto-Hahn-Ring 6, D-81739 München
E-Mail: nils.weinert@siemens.com
Internet: www.siemens.com/ingenuityforlife

Förderhinweis

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt MetamoFAB wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegen bei den Autoren.



keine fertigen, als Ganzes zukaufbaren Lösungen: Vielmehr bietet der Wandel zur Industrie 4.0 Gestaltungsspielraum für individuelle Betriebe und Unternehmen, basierend auf den jeweils gegebenen Ausgangsbedingungen. Die Veränderung muss dabei individuell initiiert werden, sodass diese im Sinne einer Metamorphose Veränderungschancen identifiziert und nutzt.

Den Ausgangszustand stellt dabei die heutige Fabrik dar – ob real oder lediglich als Planung vorliegender Zustand. Der Zielzustand besteht in der individuellen, langfristigen Zielstellung der Industrie 4.0-Transformation. Die Transformation vom Ausgangs- in den Zielzustand verläuft in mehreren, aufeinander aufbauenden Schritten. Während die jeweils ersten Schritte nach einem erreichten Zustand bereits konkret geplant und umgesetzt werden können, kann für spätere Umsetzungsschritte nur eine grobe Festlegung von Kernaspekten erfolgen (**Bild 1**). Während die schrittweise Implementierung schnell zu Ergebnissen führt und so in kurzer Zeit Verbesserungen erreicht werden, ist es auch möglich, dass die in einem frühen Schritt umgesetzten Lösungen beziehungsweise Prinzipien ihre volle Wirksamkeit erst durch die Umsetzung späterer Schritte entfalten können. Ebenso können unterschiedliche Umsetzungswege und teilweise Reihenfolgen gewählt werden, um ein avisiertes (Zwischen-)Ziel zu erreichen. Wichtig ist es jedoch stets, die übergeordnete Zielstellung im Blick zu behalten und die Einzelschritte während der jeweiligen Planung auf einen Beitrag zu dieser zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen.

1.2 Projekt MetamoFAB

Um die Planung und Durchführung des Transformationsprozesses zu unterstützen, hat das Projektkonsortium des BMBF-geförderten Verbundprojekts „MetamoFAB – Metamorphose zur intelligenten und vernetzten Fabrik“ eine phasenbasierte Vorgehensweise entwickelt (**Bild 2**). Das iterative Vorgehen startet mit der Analyse interner und externer Ziele, Lösungselemente und Einschränkungen und leitet daraus das mittel- bis langfristige Zielszenario für die betrachtete Fabrik ab. Anschließend folgt nach einer Auswahl zentraler Lösungselemente eine

Gliederung des Umsetzungsprozesses in einzelne Umsetzungsschritte, die nachfolgend sukzessive realisiert werden. Die einzelnen Phasen sind ihrerseits in Subprozesse gegliedert; ein interaktiver Leitfaden bietet zu diesen Detail-Informationen und weist auf Hilfsmittel zur eigenständigen Umsetzung hin. Der Leitfaden ist unter www.metamofab.de abrufbar.

In der entwickelten Vorgehensweise wird neben technologischen und organisatorischen Fragestellungen insbesondere auch der Mensch als relevanter Akteur der industriellen Wertschöpfung in der Industrie 4.0 betrachtet. Berücksichtigt werden hier beispielsweise neue Anforderungen hinsichtlich Aus- und Weiterbildungszielen, das Erreichen dieser in entsprechenden Maßnahmen oder auch die Gestaltung der Arbeitsteilung zwischen Mensch und technischen Entitäten. Dabei stehen neben der reinen Betrachtung von Aufgaben des Menschen und seinen Fähigkeiten zur Bewältigung dieser auch Einbindung und Akzeptanzgewinnung sowie die Unterstützung des Menschen durch neue Technologien mit im Vordergrund.

Insgesamt ist zu erwarten, dass der Mensch zunehmend als flexibel agierender Problemlöser aktiv ist, der vor allem im Fall von Standardabläufen abweichenden Situationen in kurzer Zeit reagieren und entscheiden muss. Die Herausforderung besteht daher vor allem darin, die für die jeweils zu treffende Entscheidung – diese kann beispielsweise Fertigungsabläufe, Instandhaltungs-/Reparaturmaßnahmen oder auch Produktpassungen enthalten – relevanten Informationen bereitzustellen oder abrufbar zu machen. Andernfalls kann eine fundierte, häufig unter Zeitdruck zu treffende Entscheidung nur schwer die erforderliche Berücksichtigung der aktuellen betrieblichen Situation gewährleisten.

Im Projekt MetamoFAB wurde die Transformation hin zur Industrie 4.0-Fabrik und die dabei zu erwartenden Entwicklungen für die Rollen der Mitarbeiter anhand dreier Fallbeispiele detailliert analysiert. Für die drei betrachteten Fabriken (von Infineon, Festo und der Siemens AG) wurden Transformationsziele und -pfade erarbeitet. Für die jeweils ersten Transformationsschritte sind konkrete Ausarbeitungen entstanden, die neben der technischen Entwicklung auch die für den Menschen

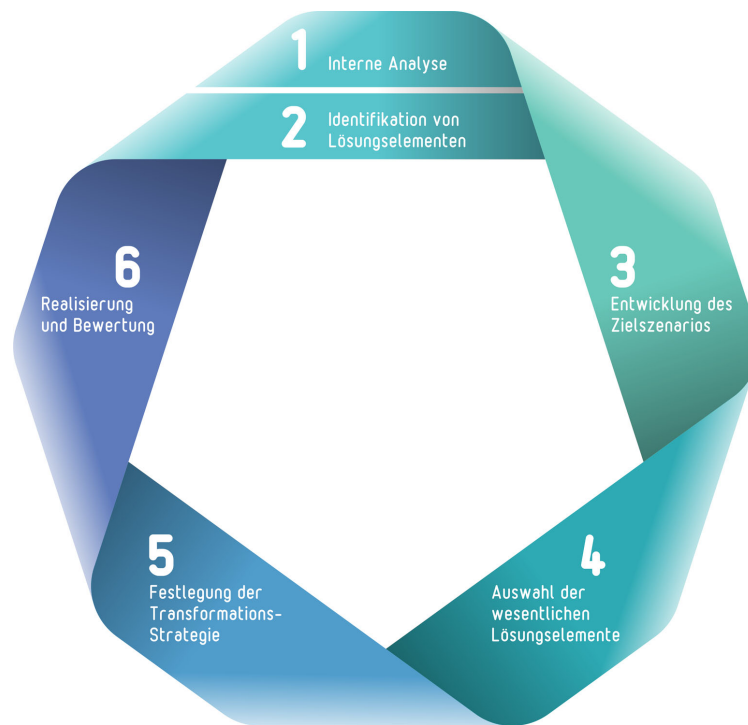


Bild 2. Planungs- und Umsetzungsphasen der Transformation

zu übernehmenden Aufgaben, Verantwortungen und damit verbundenen Anforderungen beispielsweise hinsichtlich Kenntnissen und Fähigkeiten beschreiben. Bei Festo betrifft dies die Einführung eines Energietransparenzsystems auf Werksebene, in dem Mitarbeiter in unterschiedlichen Rollen – wie Energiemanager oder Fertigungsmitarbeiter – Steuerungsentscheidungen mit dem Ziel der effizienten Produktion bei minimalem Energieeinsatz treffen. Für Siemens wurde ein Konzept entwickelt, bei dem Mitarbeiterentscheidungen bei Zielkonflikten eines standardmäßig automatisiert laufenden Lastmanagementsystems zu treffen sind. Für Infineon steht die Überwachbarkeit der Fertigungsabläufe bei der Wafer-Produktion mit einer immensen Zahl an Ablaufmöglichkeiten im Vordergrund. Gemeinsam haben somit alle drei Fälle die Anforderung, dass Mitarbeiter für komplexe, teilweise zeitkritische Entscheidungen aktuelle Informationen benutzerfreundlich bereitgestellt bekommen müssen.

2 Mitarbeiterbindung und -akzeptanz

Der technologiegetriebene Wandel sowie die Verschmelzung von digitaler und realer Welt führen zu Prozessveränderungen in den Fabriken. Damit einhergehend wandeln sich das Aufgabenspektrum der Mitarbeiter, die Kommunikationsbeziehungen, Interaktionsmöglichkeiten sowie Entscheidungsfindungsstrukturen zwischen Mensch und Technik. Einerseits müssen die Mitarbeiter den neuen Anforderungen gewachsen sein. Die Befähigung – „fähig für den Wandel“ – kann anhand entsprechender Qualifizierungsmaßnahmen geschehen. Andererseits muss der Mitarbeiter auch offen für die bevorstehenden Veränderungen – „bereit für den Wandel“ – sein. Schon hier wird die Schlüsselrolle der Einstellung der Mitarbeiter deutlich. Eine positive Einstellung gegenüber Veränderungen führt zu „akzeptierendem“, eine neutrale zu „tolerierendem“ und eine negative Ein-

stellung zu „opponierendem“ Verhalten. Somit ist die Akzeptanz der Mitarbeiter als positive Einstellung gegenüber einem Ob- oder Subjekt wesentlich für den Erfolg von Wandlungsvorhaben. Akzeptanz – im vorliegenden Kontext – ist die nachweisliche Bereitschaft

1. in neuen Arbeitsprozessen zu arbeiten,
2. neue und andersartige Arbeitsaufgaben auszuführen sowie
3. eine Technologie für die Aufgaben zu nutzen, für die diese entwickelt wurde [3, 4].

Individuen streben in aller Regel danach, Zustände zu bewahren. Dementsprechend können Transformationsvorhaben bei beteiligten Mitarbeitern zu sub- oder objektiv wahrgenommenen Barrieren oder Widerständen führen. Fehlende Zeit oder Ressourcen, fehlendes Bewusstsein für die Notwendigkeit der Veränderung, aber auch Autoritäts- oder Gruppendruck sind einige Beispiele hierfür. Zur Überwindung solcher Barrieren müssen diese zuerst erkannt und interpretiert werden. Anschließend können Sensibilisierungsmaßnahmen im Rahmen eines partizipativen Ansatzes ganzheitlicher Mitarbeiterbindung eingesetzt werden. Partizipation als Prinzip nachhaltiger Unternehmensentwicklung ist die Einbindung und Beteiligung von Mitarbeitern an Entscheidungen, die sie selbst betreffen. Dabei geht Partizipation über das klassische einseitige „Informieren“ hinaus. Die ganzheitliche Mitarbeiterbindung umfasst auch den Austausch mit den Beteiligten in Form von „Involvieren“, formale Mitspracherechte durch „Verhandeln“ sowie das „Einbinden“ und das damit einhergehende Zugeständnis von Selbstbestimmung und Entscheidungskompetenz in übertragenen Verantwortungsbereichen (**Bild 3**) (in Anlehnung an [5]).

Der Einsatz von Sensibilisierungsmaßnahmen unterstützt die Reduktion von Barrieren und Widerständen auf Seite der betroffenen Mitarbeiter. Klassische Maßnahmen gliedern sich in die drei Blöcke „Bewusstseinsbildung“, „Information und Motivation“ sowie „Durchführung und Feedback“. Vor allem zu Be-

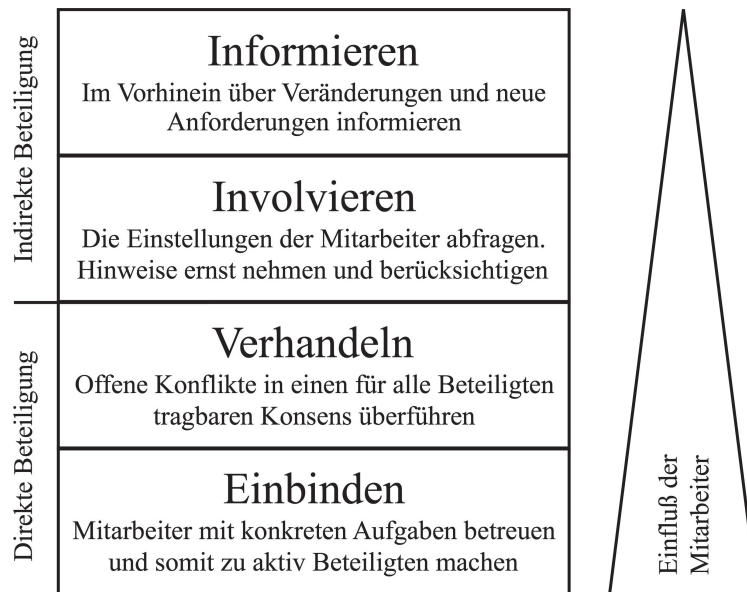


Bild 3. Formen der Mitarbeiterbeteiligung (in Anlehnung an [5])

ginn ist es wichtig, die zukünftige Vision konkret und greifbar zu machen, damit nicht ein diffuses Bild schon anfänglich zu Ablehnung führt. Die Ziele und Maßnahmen müssen beschreib-, dokumentier- und überprüfbar sein [6]. Die Einbindung der beteiligten Mitarbeiter zu einem Thema wie beispielsweise Energietransparenz kann in einer Kick-Off-Veranstaltung mit einem Ideenwettbewerb zu konkreten Prozess- und Technologieverbesserungen initiiert werden. Durch den testweisen Einsatz von Prototypen, mit denen die Mitarbeiter erste Erfahrungen sammeln konnten, wurde bei Festo praktisches Bewusstsein geschaffen. In Infomails und Workshops wurden den Mitarbeitern die bevorstehenden Veränderungen sowie insbesondere deren Nutzen aufgezeigt. Feedback wurde gesammelt, bewertet und resultierende Implikationen in weitere Maßnahmen integriert. Durch aktive Kommunikation und Partizipation konnte die Einstellung der Mitarbeiter in Bezug auf den Wandel nachhaltig positiv beeinflusst werden.

Mitarbeiter reagieren unterschiedlich auf Sensibilisierungsmaßnahmen. Reaktionen können sich offen, etwa in aktiver Zustimmung (Promotoren) oder Ablehnung (Widerständler), aber auch verdeckt zeigen. Viel hängt dabei mit der Einschätzung der Risiken der Veränderung zusammen.

Der Ursprung offen ablehnender Einstellungen liegt oftmals in Hemmnissen aufgrund realer, fiktiver oder virtueller Barrieren. Auf personaler Ebene lassen sich zwei Barrieretypen unterscheiden: Fähigkeits- und Willensbarrieren [7]. Fähigkeitsbarrieren basieren auf limitierter Motivation sowie nicht aufgabengerechter Qualifikation. Willensbarrieren wiederum treten auf, wenn der Status quo bevorzugt wird und Veränderungen per se als negativ betrachtet werden. Sie spiegeln daher eine fehlende Wandlungsbereitschaft wider. Neben dem Willen kann die individuelle Risikoeinschätzung der Ursprung für opponierendes Verhalten sein [8]. Opponenten (oder aktive Widerständler) schätzen sowohl die persönlichen als auch die sachlichen Risiken der Veränderung hoch ein. Bremsen hingegen versuchen den Veränderungsprozess aufgrund wahrgenommener hoher persönlicher Risiken zu hemmen. Die dritte Gruppe der

Skeptiker sieht zwar hohe sachliche Risiken der Veränderung, diese werden jedoch nicht auf ihre Person bezogen.

In den TAM- [9], TTFM- [10] und FITT [11]-Modellen sind bereits einflussausübende Faktoren auf die Mitarbeiterakzeptanz identifiziert worden. Eine Auswahl relevanter Faktoren ist in der **Tabelle** aufgelistet. Durch eine explizite Berücksichtigung dieser Faktoren, etwa bei der Gestaltung von integrierten Interaktionstechnologien oder technischen Systemen, kann die Mitarbeiterakzeptanz hinsichtlich dieser erhöht werden.

3 Technologische Lösungsoptionen zur Realisierung vernetzter Produktionssysteme

Technische Systeme sind sowohl vor dem Hintergrund einer erhöhten Effizienz als auch aus Sicht der Schaffung von neuen Anreizen gezielt in das Veränderungsmanagement zu integrieren. Auf Basis des MetamoFAB-Projekts sowie weiterer Forschungs- und Industrieprojekte werden im Folgenden zwei geeignete Optionen aufgeführt:

- schnelle modellbasierte Prototypen zur besseren haptischen Einbindung von Mitarbeitern und Führungskräften, wie im Fallbeispiel von Festo beschrieben, sowie
- modellbasierte Systeme zur kontextuellen Informationsversorgung während der Betriebsphase eines Industrie 4.0 Systems, zum Beispiel für das Lastmanagement von Öfen im Fallbeispiel des Siemens-Transformatorwerks.

Im Rahmen von Industrie 4.0 werden häufig zunächst Konzepte mehr oder weniger ansprechend den Mitarbeitern grafisch oder textuell dargereicht. Für die Mitarbeiter sind jedoch diese Beschreibungen zum einen nicht bindend, zum anderen werden sie nur unzureichend verstanden, sodass eine erforderliche Auseinandersetzung ausbleibt. Hier können haptische Prototypen, die schnell realisiert werden können, eine Alternative sein. Dazu sind einerseits realitätsnahe Szenarien zu schaffen, die eine Identifikation der beteiligten Partner ermöglichen. Andererseits sind zur schnellen Realisierung aufwendige und zeitintensive Komponenten wegzulassen oder zu vereinfachen, soweit sie nicht als wesentliche Elemente des Prototypen erforderlich

Tabelle. Einflussfaktoren auf die Mitarbeiterakzeptanz

TAM (Venkatesh und Davis 2000)	TTFM (Goodhue und Thompson 1995)	FITT (Ammenwerth et al 2004)
Freiwilligkeit	Beziehung Informationssystem zu Benutzer	Computersicherheit
Erfahrung	Benutzerfreundlichkeit	Sicherheit im Umgang mit der Software
Subjektive Norm	Datenqualität, (Detailierungsgrad)	Arbeitskultur
Image	Produktionszeiten	Einfachheit der Bedienung
Jobrelevanz	Systemsicherheit	Stabilität und Performance der technischen Lösung
Ergebnisbeweisbarkeit		Qualität und Umfang der angebotenen Funktionalität
Outputqualität		Performanz
		Verfügbarkeit und Mobilität der Rechnersysteme
		Ort und Zeit der Aufgabendurchführung
		Umfang und Komplexität der spezifischen Aufgaben
		Qualität der hinterlegten Standards

sind. Mithilfe von beispielsweise modellkonfigurierten Steuerungen und im ersten Schritt realisierten Modellanlagen (zum Beispiel Fischertechnikanlagen), können neue Ansätze „anfasserbar“ realisiert werden. Ein wesentlicher Aspekt einer solchen Anlage ist, dass der Hauptfokus des Prototypen auf der Sicht-

barmachung von Informationen liegt, statt auf der Genauigkeit der Anlagenkinematik. **Bild 4** stellt so einen Prototypen zur modellkonfigurierten Steuerung dar, die einen Nachbau einer Montagelinie auf Basis von Fischertechnik direkt ansteuert. Der Fokus liegt hier in der Sichtbarmachung von Informationen auf

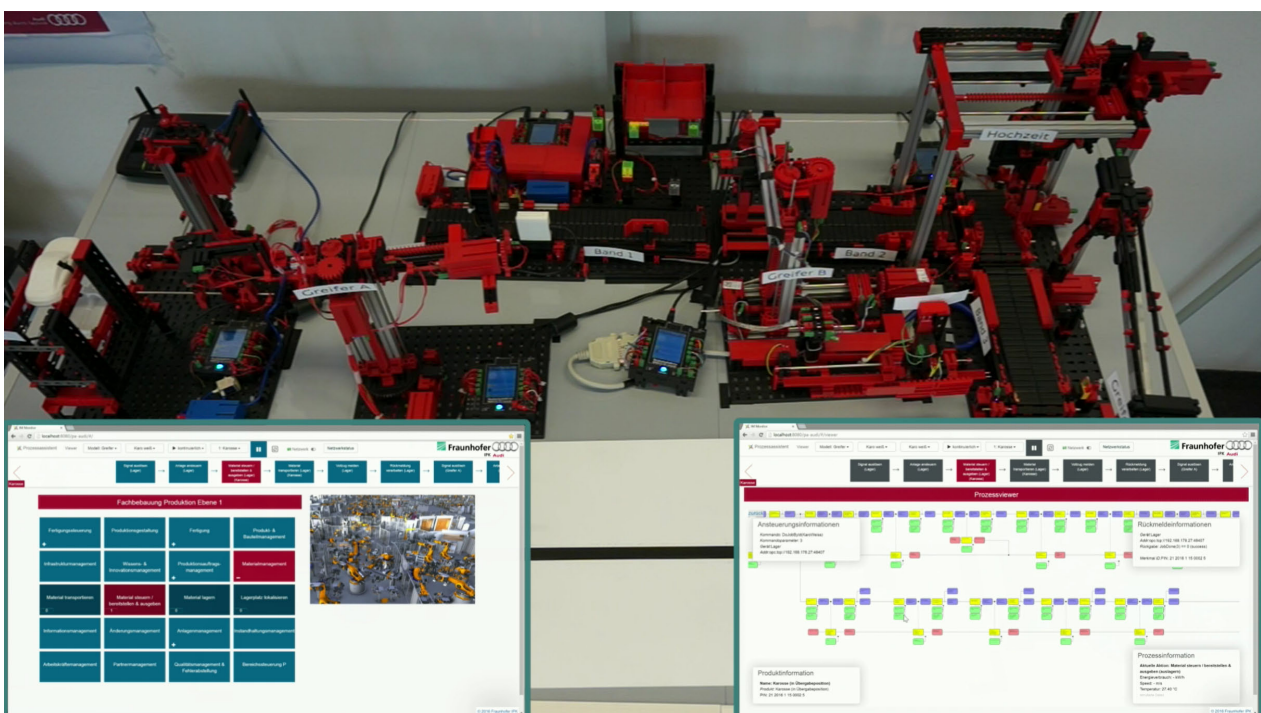


Bild 4. Prototyp zur Darstellung von modellbasierten Services für die modulare Shopfloor IT

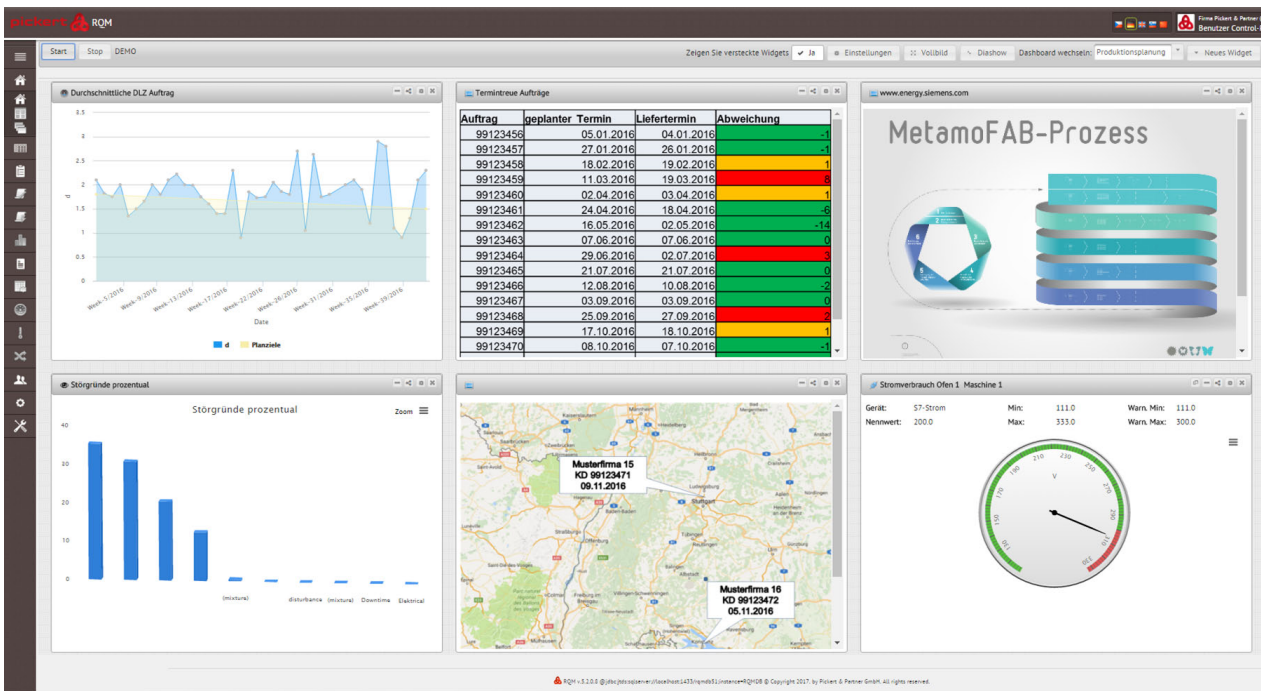


Bild 5. Modellbasiertes Cockpit für das Anwendungsbeispiel „Lastmanagement“

dem Hallenboden zur Konkretisierung einer modularen Shopfloor IT als Mittel zur Flexibilisierung von Produktionssystemen.

Mithilfe des Prototypen ließ sich einerseits der Nachweis erbringen, dass modulare Systeme auf Basis von Unternehmensmodellen realisiert werden können. Dazu wurden industrielle OPC-UA-Standards verwendet. Andererseits konnte mithilfe von Fischertechnik der Aufwand klein gehalten und die Realisierungszeiten auf nur einen Monat verringert werden. Zudem war die Darstellung in Miniaturform für die strategische und operative Weiterentwicklung ausreichend, da keine Genauigkeitsaspekte auf der Anlagenseite relevant sind.

Mit fortschreitender Digitalisierung und gleichzeitigen Individualisierung werden den Mitarbeitern immer mehr zusätzliche Informationen, beispielsweise über Sensordaten, zur Verfügung gestellt. Die vielen Bildschirme in Produktionsleitständen lassen dabei folgende Fragen aufkommen:

- Inwieweit sind Mitarbeiter durch die „Informationsflut“ überfordert?
- Wie fehleranfällig werden Handlungen der Mitarbeiter auf Basis dieser Informationsflut?
- Wie flexibel sind solche Systeme in Bezug auf generelle Änderungen des Produktionsablaufes sowie auf auftragspezifische Änderungen, zum Beispiel zusätzlich erforderliche Prozessschritte?

Das unter anderem im Rahmen des MetamoFAB entwickelte Industrie-Cockpit ist in der Lage, ein flexibles Prozessnetz zuverlässig zu überwachen und zu steuern. Das Cockpit bündelt modellbasiert sämtliche im Unternehmen verfügbaren Informationen und Prozesse. So können sie punktgenau überwacht und anschaulich nachvollzogen werden. Damit ist jederzeit eine exakte Übersicht über die Gesamtsituation des Betriebs gewährleistet – über sämtliche Prozesse ebenso wie über den Zustand der Fertigungsanlagen. Aus dieser Datenbasis lassen sich automatisch individuelle und dem Zustand des Prozesses kontextuelle Sichten und Dashboards für jeden Mitarbeiter ab-

leiten. Shopfloor-Mitarbeiter, Schichtleiter, Vertriebsmitarbeiter und Manager erhalten diese Informationen direkt an ihrem Arbeitsplatz. Bei der Arbeit mit den Daten wird jeder Mitarbeiter zum „Prozess-Controller“ für seinen Verantwortungsbereich. Während er seine Aufgaben verrichtet, passt das Cockpit die Informationen für alle weiteren von seiner Arbeit beeinflussten Prozessanteile automatisch an. So wird einerseits die Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen gefördert: Jeder Mitarbeiter bleibt in seiner Disziplin und tut, was er am besten kann. Gleichzeitig sieht er die Auswirkungen seiner Entscheidungen. Im Sinne der Anforderungen aus der Tabelle werden mit dem Cockpit nur die „relevanten“ Daten „benutzerfreundlich“ derart bereitgestellt, dass Prozessverantwortliche gelebt werden kann. Andererseits wissen leitende Ebenen zu jeder Zeit genau über den Gesamtstatus des Unternehmens und seiner einzelnen Aufträge Bescheid [12].

Im Fallbeispiel des Lastmanagements für das Siemens-Transformatorwerks wurden diese Prinzipien im modellbasierten Cockpit so umgesetzt, dass damit eine flexible Datenversorgung für den Mitarbeiter realisiert werden kann.

4 Zusammenfassung

Um die Prinzipien der Industrie 4.0 individuell in Fabriken einzuführen, bietet sich ein schrittweises, iteratives Vorgehen an. Für die Planung und Ausführung dieses Vorgehens hat das Projekt MetamoFAB ein ganzheitliches Vorgehen sowie einzelne Methoden für die spezifischen Dimensionen Mensch, Technik und Organisation entwickelt. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Frage der Rollenveränderung für beteiligte Mitarbeiter, deren Unterstützungswille und -fähigkeit für die Transformation von großer Wichtigkeit sind. Nicht zuletzt hat sich in der exemplarischen Anwendung gezeigt, dass eine schnelle Realisierung haptischer Prototypen von besonderem Nutzen für ein Transformationsvorhaben ist. →

Literatur

- [1] N. N.: Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen. acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.), München, 2016
- [2] Bauernhansl, T.; Krüger, J.; Reinhart, G.; Schuh, G.: WGP-Standpunkt Industrie 4.0. Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik WGP, Darmstadt, 2016
- [3] Dillon, A.: User acceptance of information technology. In: Karwowski, W. (Edit.): Encyclopedia of human factors and ergonomics. London/GB: Taylor and Francis 2001
- [4] Vogelsang, K.; Steinhüser, M.; Hoppe, U.: Theorieentwicklung in der Akzeptanzforschung – Entwicklung eines Modells auf Basis einer qualitativen Studie. 11th International Conference on Wirtschaftsinformatik, Leipzig, 27.02.–01.03.2013, S. 1425–1439
- [5] Erdmann, J.: Integriertes Prozessmanagement. Hamburg: Books on Demand 2000
- [6] Bruns, I.; Radel, J.: Performance und Mitarbeiterpartizipation – Gestaltungskriterien nachhaltiger Veränderungsprozesse. FIR+IAW – Unternehmen der Zukunft (2005) Nr. 4, S. 12–14
- [7] Witte, E.: Organisation für Innovationsentscheidungen. Göttingen: Otto-Schwarz-Verlag 1973
- [8] Mohr, N.; Woehe, J. M.: Diebold: Widerstand erfolgreich managen – Professionelle Kommunikation in Veränderungsprojekten. Frankfurt am Main: Campus Verlag 1998
- [9] Venkatesh, V.; Davis, F. D.: A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies. Management Science 46 (2000) No. 2, pp. 186–204
- [10] Goodhue, D. L.; Thompson, R. L.: Task-technology fit and individual performance. MIS Quarterly 19 (1995) No. 2, pp. 213–236
- [11] Ammenwerth, E.; Iller, C.; Mahler, C.; Kandert, M.; Luther, G.; Hoppe, B.; Eichstädter, R.: Einflussfaktoren auf die Akzeptanz und Adoption eines Pflegedokumentationssystems. UMIT-Schriftenreihe Nr. 1. UMIT – Privat Universität für Medizinische Informatik und Technik Tirol, Innsbruck, Österreich, 2004
- [12] Oertwig, N.: Industry Cockpit – Fit für kundenindividuelle Prozesse und Produkte. Kundenmagazin Futur (2015) Nr. 1, Fraunhofer-IPK, Berlin