

Qualifizierungsmanagement in der vernetzten Produktion – Ein Ansatz zur Strukturierung relevanter Parameter

André Ullrich, Gergana Vladova

Die digitale Vernetzung der Produktion schreitet unaufhaltsam und mit großen Schritten voran. Damit einhergehend steigen die Anforderungen an die Qualifikationen der Mitarbeiter im Produktionsumfeld. Technische Entitäten verfügen zunehmend über Entscheidungskompetenz und Prozesskontrolle. Diesen steigenden Anforderungen müssen Unternehmen und Mitarbeiter gezielt entgegentreten und mit entsprechenden maßgeschneiderten Weiterbildungskonzepten antworten. Ziel des Beitrages ist es, einen Ansatzpunkt zur Strukturierung relevanter Parameter des Qualifizierungsmanagements darzustellen. Im Ergebnis liegt ein Morphologisches Tableau zum Qualifikationsdurchführungsmanagement vor, anhand dessen beispielhaft die Anwendung bei der Entwicklung von Lernszenarien aufgezeigt wird.

1 Einleitung

Die Veränderungen der industriellen Fertigung durch cyber-physische Systeme betreffen Fertigungsunternehmen aller Branchen und Größen. Industrie 4.0 eröffnet Unternehmen erhebliche Chancen, die allerdings auch einen umfassenden Weiterbildungsbedarf der in der Produktion tätigen Qualifikationsgruppen der Hochqualifizierten und der Facharbeiter nach sich ziehen. Fachkräfte zu Industrie 4.0 sind am Markt kaum verfügbar, sondern müssen in der Belegschaft, unter Berücksichtigung der Diversität und demographischer Faktoren selbst weitergebildet werden. Klassische Weiterbildungsangebote, die abseits des realen Fertigungsprozesses weitgehend konforme Inhalte an Gruppen von Beschäftigten vermitteln, greifen hier fehl. Vielmehr sind prozessnahe und prozessintegrierte Weiterbildungsformen erforderlich, die auf den Ausgangsbedingungen jedes einzelnen Mitarbeiters basieren und genau das vermitteln, was in der jeweiligen Qualifizierungssituation erforderlich ist.

Gegenwärtig schreitet die digitale Vernetzung der einzelnen Entitäten (Mensch, Produkt, Informationssysteme, Maschinen und Anlagen) sowie

der Prozesse einer Fabrik enorm voran. Dies führt mitunter zum Verlust der individuellen Prozesskontrolle an Informationssysteme und erfordert unter Umständen neue Entscheidungsregeln sowie entsprechendes Entscheidungsverhalten der betroffenen Akteure. Vor allem für die Mitarbeiter vollzieht sich hier ein fundamentaler Wandel. Wurden doch bisher Entscheidungen fast ausschließlich durch den Menschen auf Basis von bereitgestellten Daten getroffen, so ist es nun möglich, dass - im Sinne einer dezentralen Produktionssteuerung - auch technische Entitäten über diese Kompetenz verfügen. Wenn diese nun in einer Entscheidungssituation im Produktivprozess einem Mitarbeiter neu vorgeben, wie er seinen Arbeitsprozess zu strukturieren und zu organisieren hat, dann ist dies bis auf wenige Ausnahmen eine völlig neue Situation für die Mitarbeiter. Ein neues Gesamtverständnis der Mensch-Maschine-Interaktion muss erschaffen werden und von den Betroffenen, bei denen das Bewusstsein für die Notwendigkeit geschaffen werden muss, verinnerlicht werden. Entsprechende Sensibilisierungs- und Qualifizierungsmaßnahmen gliedern sich hervorragend in einen ganzheitlichen Wandlungsmanagementansatz ein.

Hochspezialisierte flexible Produktionstechnik, eine Tendenz zur prozessorientierten Organisation der Produktion sowie die Forderung nach flexibel skalierbarer Losgrößenproduktion und die damit einhergehenden notwendigen Fähigkeiten der Mitarbeiter auf dem brownfield treiben den Bedarf an Kompetenzen in den produktionstechnischen Prozessen voran und erfordern eine stark individualisierte, wirtschaftliche und sehr Fertigungsprozess nahe Weiterbildung. Mögliche Ansatzpunkte zur Strukturierung der Durchführung von Qualifizierungsmaßnahmen sind gängige Methoden der Kompetenzentwicklung, die sich unter zeitlichen, inhaltlichen und räumlichen Aspekten klassifizieren lassen (Krämer 2007, S. 64). Im Kontext des Qualifizierungsdurchführungsmanagements existiert weiterhin eine Reihe von relevanten Parametern, die es kontextabhängig zu strukturieren gilt, um Industrie 4.0 spezifisch die systematische Auswahl und den zielgerichteten Umgang mit Qualifizierungsmaßnahmen sicherzustellen. Einerseits können darauf aufbauend konkrete individuell-relevante Lernszenarien entwickelt werden und andererseits stellen diese die Grundlage zur kontextsensitiven Modifikation von Qualifizierungsmaßnahmen dar.

Ziel des vorliegenden Beitrages ist es, einen Ansatzpunkt zur Strukturierung der relevanten Parameter und ihrer Ausprägungen vorzustellen, der Hilfestellung bei der Entwicklung von realen Lernszenarien und dem Einsatz von Qualifizierungsmaßnahmen leisten soll. Dies geschieht auf Basis

der Industrie 4.0 spezifischen Herausforderungen an die Kompetenzentwicklung, die im Verlauf dargestellt werden.

Ausgehend von der Betrachtung sozio-technischer Systeme sowie relevanter Kompetenzentwicklungsdimensionen wird eine Strukturierung unterschiedlicher Kompetenzfacetten vorgenommen und auf Ansätze der Kompetenzentwicklung eingegangen (Kapitel 2). Darauf folgend werden Herausforderungen bei der Kompetenzentwicklung von Mitarbeitern im Zuge der veränderten Anforderungen durch Industrie 4.0 skizziert, um anschließend die Entwicklung von Lernszenarien näher zu beleuchten und einen möglichen Lösungsansatz darzustellen (Kapitel 3). Darauf aufbauend werden die Anwendung exemplarisch dargestellt und mögliche Szenarien skizziert (Kapitel 4). Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung und das Aufzeigen von weiterem Forschungsbedarf (Kapitel 5).

2 Kompetenzentwicklung im Industrie 4.0-Kontext - Rahmenbedingungen und theoretische Grundlagen

Die tiefgreifenden Veränderungen, die durch die Durchdringung einer Fabrik mit den konkreten Möglichkeiten des Industrie 4.0-Paradigma entstehen, eröffnen in Bezug auf die Mitarbeiter operativen und strategischen Entwicklungsbedarf. Dieser betrifft sowohl ihre Kompetenzen als auch die allgemeine Sensibilisierung und Motivation. Die zwei wesentlichen Analysebereiche hierzu sind der Kontext und das Individuum (der Mitarbeiter als Objekt und Subjekt der Veränderung). Nachfolgend werden diese Analysebereiche kurz verdeutlicht: Zum Einen werden die Besonderheiten des sozio-technischen Systems im Hinblick auf mitarbeiterrelevante Aspekte vorgestellt (Kontext der Veränderung), um zum Anderen die neue Rolle des Mitarbeiters und die damit verbundene Notwendigkeit der individuellen Weiterentwicklung sowie das passende Methodeninstrumentarium hierzu (Mitarbeiter als Subjekt und Objekt der Veränderung) aufzuzeigen.

2.1 Vernetzte Produktion - Das sozio-technische System

Eine zentrale strukturelle Veränderung, die Industrie 4.0 für die Unternehmen mit sich bringt, ist die Einführung neuer autonomer Akteure (Maschinen, Produkte, Informationssysteme) und die Organisation der Beziehungen dieser untereinander und zu dem Menschen im Rahmen von einem dynamischen und offenen sozio-technischen System in Wechselwirkung mit seiner Umwelt. Die beiden Teilsysteme - technisch und sozial (bestehend aus einem personellen und einem organisatorischen Teil) - sind von-

einander abhängig, wobei das technische eine einschränkende Rolle auf das soziale in Bezug auf seine Gestaltungsmöglichkeiten ausübt. Andererseits bestehen spezifische arbeitspsychologische und soziale Merkmale, welche sich auf die Funktionen des technologischen Teilsystems auswirken (Hirsch-Kreinsen 2014, S. 11-12, Rice 1963, S. 182, Ulich 2011, S. 198).

Der technische Teil beinhaltet die räumlichen und technologischen Bedingungen und schließt Betriebsmittel, Maschinen, Systeme u.ä. ein. Zum sozialen Teilsystem gehören die Mitarbeiter, ihre einzelnen und gruppenspezifischen Bedürfnisse, ihre Kompetenzen, Kenntnisse und Fähigkeiten. Die Verknüpfung der beiden Teilsysteme geschieht durch die Arbeitsrolle, welche die Funktion festlegt, die der Mitarbeiter im Produktionsprozess wahrzunehmen hat sowie die Beziehungen zwischen den Mitarbeitern bestimmt (Ulich 2011, S. 198).

Auch wenn ein Großteil der Prozessvorgänge durch die Einbindung der neuen autonomen Akteure umgestaltet wird, bleibt der Mitarbeiter in der Zukunft weiterhin ein wichtiger Bestandteil des Prozesses. Durch die Standardisierung der Arbeit können die technischen Entitäten ebenso die Entscheidungsfunktion übernehmen, was jedoch nicht bedeutet, dass die Mitarbeiter nur eine passive Rolle ohne wirkliche Handlungskompetenzen einnehmen und einen geistlosen Niedriglohnjob ausführen werden. Eine viel wahrscheinlichere Vision ist, dass sich durch die Veränderungen neue herausfordernde Arbeitsinhalte mit Eigenverantwortung und weitgehende Entfaltungsmöglichkeiten in Bezug auf das Kompetenzmanagement ergeben. Dabei stellen die neuen Technologien den Kontext dar und werden als Unterstützung angesehen (IG Metall 2013, Kurz 2013, S. 32).

Im Kontext von Industrie 4.0 soll es dem Menschen ermöglicht werden, unter bestmöglicher Einsatz seiner Kompetenzen Kreativität, Einfühlungsvermögen, Intelligenz sowie Motorik in das komplexe Produktionssystem einzubinden (Gorecky et al. 2014, S. 525; Schließmann 2014, S. 451 ff). Der neue Produktionskontext und die neuen autonomen Akteure erfordern hierzu insgesamt „eine Beherrschung der zunehmenden Komplexität, selbstverantwortliches Arbeiten, dezentrale Führungs- und Steuerungsformen sowie eine neue, kollaborative Arbeitsorganisation“ (Russwurm 2013, S. 33).

Neben den manuellen (auch wenn in einer veränderten Form) Aufgaben im Produktionsprozess, kommen für die Mitarbeiter neue koordinierende, planerische und entscheidungstechnische Aufgaben hinzu. Die weitge-

henden Kompetenzen der neuen technischen Akteure führen dazu, dass sich die Fabrikaufgaben im klassischen Sinne für die Mitarbeiter verringern (Siemens 2013, S. 11-12) und ihre Verantwortungsbereiche künftig darin bestehen werden, Produktionsstrategien vorzugeben, umzusetzen und innerhalb der selbstorganisierten Herstellungsprozesse zu überwachen sowie beim Auftreten von komplexen Problemen die Rolle des kreativen Problemlösers zu übernehmen (Gorecky et al. 2014, S. 526). Weiterhin werden sich durch die veränderten Arbeitsabläufe neue und erweiterte Arbeitsstrukturen und vielfältigere Arbeitsfelder für die Beschäftigten ergeben (Windelband/Spöttl 2011, S. 11). Neben den planerisch-schöpferischen Aufgaben wird es auch in Zukunft erforderlich sein, vor Ort in die Prozesse einzugreifen, um z.B. Reparaturvorgänge oder Wartungsarbeiten vorzunehmen (Gorecky et al. 2014, S. 526).

Die dargestellten positiven Veränderungen in den Qualifikationsgruppen der Hochqualifizierten sowie der Facharbeiter mit ihren Rollenbildern (z.B. Entwickler, Instandhalter, Maschinenbediener, Systemregulierer) werden trotz und aufgrund der neuen technischen Möglichkeiten nicht für alle Qualifikationsgruppen zutreffen. Vor allem beim Tätigkeitstyp des Maschinenbedieners kann in Einzelfällen auch eine Verarmung der Aufgabenkomplexität und -vielfalt auftreten.

Es lässt sich schlussfolgern, dass trotz der veränderten Bedingungen durch die Einführung neuer autonomer technischer Akteure der Rolle des Mitarbeiters im Rahmen des sozio-technischen Systems der Industrie 4.0-Fabrik eine entscheidende Bedeutung zuzuschreiben ist. Bei vielen Rollenbildern steigen die Anforderungen an den Menschen, insbesondere in Bezug auf seine Kompetenzen sowie an das Unternehmensmanagement, welches die Rahmenbedingungen für die Qualifizierung, Kompetenzentwicklung und – nicht an letzter Stelle – für die Prozess- und Veränderungsakzeptanz bereitstellen soll.

2.2 Der kompetente Mitarbeiter in der Produktion

Aus der Sicht der Kompetenzlehre wird das sichtbare menschliche Verhalten im Wesentlichen durch zwei Bausteine bestimmt: 1.) Die immanent vorhandenen Kompetenzen, die die Grundlage für das potenziell mögliche Ausführen von zielgerichteten Tätigkeiten bilden und lediglich dann voll ausgeschöpft werden können, wenn 2.) die Einstellung in Form der Motivation zur Ausführung einer vorliegenden Tätigkeit vorhanden und auch voll ausgeprägt ist. Wesentliche Einflussfaktoren auf das menschliche

Verhalten lassen sich in folgende Modalitäten strukturieren: „Können“ (Fähigkeiten, Fertigkeiten), „Kennen“ (Information, Wissen) und „Dürfen“ (Aufbauorganisation, Ablauforganisation) für die Kompetenzen und das „Wollen“ (Einstellung, Anreize) für die Motivation (vgl. Heinen 2011, S. 25).

In der Entwicklungspsychologie beschreibt das Modell der Kompetenzstufenentwicklung (vgl. Oerter/Montada 2002) die Entwicklung von kontextabhängig inkompetenten zu kompetenten Individuen. Dies geschieht über die vier Stufen: unbewusste Inkompetenz, bewusste Inkompetenz, bewusste Kompetenz und unbewusste Kompetenz. Zuerst ist das Individuum nicht in der Lage, die eigenen Defizite wahrzunehmen (vgl. Kruger und Dunning 1999); in einer konkreten Situation kann es Zusammenhänge nicht erkennen (unbewusste Inkompetenz). In der Phase der bewussten Inkompetenz erkennt das Individuum bereits seine Defizite, es ist ihm jedoch noch nicht möglich, einen eigenen Lösungsansatz zu kreieren. In der Phase der bewussten Kompetenz sucht das Individuum nach Möglichkeiten diese Defizite auszugleichen, das eigentliche theoretische und praktische Lernen findet hier statt. Ein hoher bewusster kognitiver Aufwand kennzeichnet diese Phase. Anhand der vielen praktischen Erfahrungen im Kontext der neuen Anforderungen ist das Individuum in der Phase der unbewussten Kompetenz in der Lage, die Ausführung einer vorher neuen vorliegenden Tätigkeit bereits ohne den erhöhten kognitiven Aufwand durchzuführen.

Ein weiterer wesentlicher Punkt ist die (Selbst-)Erfahrung. Erfahrungen des Erfolgs nehmen für die kognitive Entwicklung eines Individuums einen anderen Stellenwert ein, als Erfahrungen des Scheiterns, insbesondere beim Auftreten von Fehlern (Schneider/Stern 2010). Greift in diesem Prozess des Scheiterns die Angst in das bewusste Erleben ein, dann nimmt die emotionale Wahrnehmung überhand und beeinflusst die kognitive Verankerung negativ. Ein wiederholtes fehlerinduziertes Scheitern beeinträchtigt das positive Veränderungsvermögen eines Individuums nachhaltig und führt zur Ausbildung einer sekundären Inkompetenz (vgl. zu diesem Kompetenz-Inkompetenz-Zusammenhang Langemeyer 2010).

Die drei kurz skizzierten Aspekte (die zwei Modalitäten der Kompetenz, die Stufen der Kompetenzentwicklung sowie die Bedeutung der Selbsterfahrung) spannen einen Rahmen für die kontextspezifische und individuumangepasste Methodenentwicklung und -nutzung im Unternehmen auf. Dieser soll entsprechende Bedingungen schaffen, welche allgemeine mit individuellen Aspekten verknüpfen, um bestehende Kompetenzen der Mitarbeiter zu nutzen oder auszubauen (North/Reinhardt 2005, S. 9) oder

neue Kompetenzen aufzubauen und somit innovativ und erfolgreich zu bleiben.

Abbildung 1 visualisiert den Rahmen für die eigene Methodenentwicklung. Wesentliche Aspekte sind dabei 1) die Einstellung der Mitarbeiter sowie 2) ihre Fähigkeiten - beide beeinflussen 3) das Verhalten - und 4) die kontextspezifischen Anforderungen. Die Anforderungen ergeben sich durch die operativen und strategischen Veränderungen mit Hinblick auf Industrie 4.0 und stellen den Kontext für die Kompetenzentwicklung. Aus diesem Grund sollten diese Anforderungen seitens der Entscheidungsträger und -finder im Unternehmen klar formuliert und verständlich kommuniziert werden.

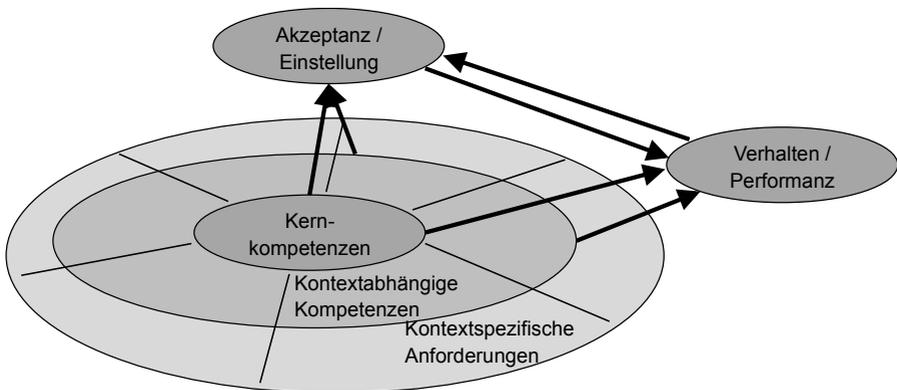


Abbildung 1: Kompetenzen, Einstellung und Leistungsfähigkeit (Eigene Darstellung)

Bei den Kompetenzen wird in Kernkompetenzen sowie kontextabhängige Kompetenzen unterschieden. Wobei die ersten die allgemeinen Kompetenzen eines spezifischen Tätigkeitstyps (bspw. Maschinenbediener, Systemregulierer etc.) repräsentieren und die zweiten die konkreten Tätigkeitstypsspezifischen Antworten auf die kontextspezifischen Anforderungen sind. So stellt z.B. die umfeldspezifische Ausprägung externes Drucks in Form eines geforderten hohen Flexibilitätsgrades der Fertigung bezüglich unterschiedlicher Produkte und Losgrößen für den Maschinenbediener die Notwendigkeit dar, zusätzlich zu seiner Kernkompetenz (Aufrechterhaltung des Produktionsvorgangs der Maschinen) produktdiversifikationsbedingte kleinere Umrüstmaßnahmen (kontextabhängige Kompetenz) selbst durchführen zu können.

Das erreichte Kompetenzniveau sowie die eigene Kompetenzwahrnehmung beeinflussen ihrerseits die Einstellung der Mitarbeiter in Bezug auf die neuen Aufgaben sowie ihr Verhalten und ihre Performanz. Die empfundene Unsicherheit in Bezug auf die Kontextanforderungen oder auf die eigenen Fähigkeiten, diesen Anforderungen nicht erfolgreich begegnen zu können, führen zum tatsächlichen Scheitern im Prozessverlauf (negative Performanz) sowie in Folge dessen zu verstärkter Inakzeptanz und Unwilligkeit zur Kompetenzentwicklung.

Die Kompetenzen in ihrer Eigen- und Fremdwahrnehmung sollen vor diesem Hintergrund etwas intensiver betrachtet und in Kategorien unterteilt werden, um nachfolgend die Möglichkeiten für Ihre Weiterentwicklung im Kontext von Industrie 4.0 aufzuzeigen.

Kompetenzen sind „Fähigkeiten einer Person zum selbstorganisierten, kreativen Handeln in für sie bisher neuen Situationen“ (Erpenbeck 2010, S. 15). Sie sind durch „Wissen fundiert, durch Werte konstituiert, als Fähigkeiten disponiert, durch Erfahrungen konsolidiert und auf Grund von Willen realisiert“ (Erpenbeck/von Rosenstiel 2003, S. 366).

Eine zentrale Rolle im Leben sowie im Unternehmenskontext spielt die Handlungskompetenz. Diese ist notwendig, um auf neuartige Anforderungen eingehen sowie erforderliche Aufgaben durchführen zu können. Diese setzt sich aus unterschiedlichen Kompetenzfacetten (Fachkompetenz, personale Kompetenz, Methodenkompetenz etc.) sowie entsprechenden Elementen (Wissen, Fähigkeiten, Selbstständigkeit etc.) zusammen (vgl. Abbildung 2). Im Zuge von Industrie 4.0 erscheinen neue Kompetenzen, wie z.B. Kooperationskompetenz, Organisationskompetenz oder Prozesskompetenz, tätigkeitstypübergreifend erforderlich und genau hier setzen die Notwendigkeiten für Qualifizierungsmaßnahmen an.

Handlungskompetenz			
Fachkompetenz		Personale Kompetenz	
Wissen	Fähigkeiten	Sozialkompetenz	Selbstständigkeit
Methodenkompetenz			
Technisch		Nicht-technisch	
Kulturtechnische Kompetenz			
Interkulturelle Kompetenz		Berufskulturelle Kompetenz	
Führungskompetenz			
Motivationsfähigkeit	Konfliktfähigkeit	Steuerung und Lenkung	Überzeugungsfähigkeit
Kooperationskompetenz	Organisationskompetenz	Prozesskompetenz	

Abbildung 2: Kompetenzmodell (Eigene Darstellung)

2.3 Ansätze der Kompetenzentwicklung

Nachdem die verschiedenen Aspekte von Kompetenzen besprochen sowie ein Rahmen für ihre Zuordnung aufgespannt wurde, soll nachfolgend auf verschiedene Ansätze der Kompetenzentwicklung eingegangen werden.

Ziel jeder Kompetenzentwicklungsmaßnahme ist die selbstorientierte Handlungsfähigkeit (Erpenbeck 2007), damit die individuell angeeigneten Kompetenzen ohne äußeres Zutun angewendet werden können. Die Methoden der Kompetenzentwicklung werden anhand von zeitlichen, inhaltlichen und räumlichen Kriterien strukturiert. Anhand der Ursache der Kompetenzentwicklung, wird zwischen into-, along- und out of the job-Maßnahmen unterschieden (Krämer 2007, S. 64). Innerhalb dieser Maßnahmengruppen wird darüber hinaus der räumliche Aspekt zur weiteren Unterteilung herangezogen. Mögliche Ausprägungen sind on the job, near the job oder off the job (vgl. Abbildung 3).

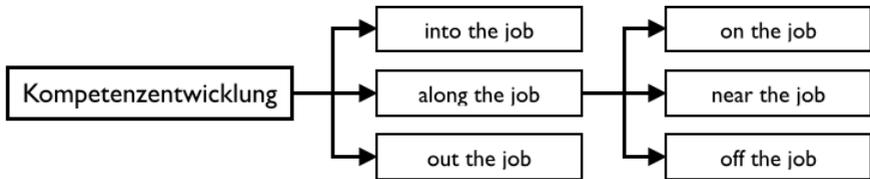


Abbildung 3: Klassifizierung der Kompetenzentwicklungsmaßnahmen (i. A. a. Krämer 2007, S. 64)

Die into the job-Maßnahmen dienen dem initialen Aufbau von Kompetenzen (Krämer 2007, S. 65) bei Mitarbeitern. Diese Maßnahmen weisen zum Teil eine zeitliche und räumliche Distanz, jedoch weitgehend inhaltliche Kongruenz zu den Aufgaben einer neu zu bekleidenden Position auf und wirken damit vorbereitend (Conradi 1983). Umgesetzt werden diese beispielsweise als Mitarbeiterberatung, programmierte Unterweisung oder Einarbeitung in Form von Vorbereitung des Arbeitsplatzes, Vorführen und Anlernen neuer Tätigkeiten sowie die Weitergabe von notwendigem Wissen an die zukünftigen Kompetenzträger (Scholz 2000).

Aufgrund des zeitlichen Umfangs werden die along the job-Maßnahmen als laufbahnbezogene Entwicklungsmethoden bezeichnet und dementsprechend laufbahnbegleitend durchgeführt (Klötzl 1996). Diese befassen sich mit der systematischen Veränderung der Position und der Weiterentwicklung von Kompetenzträgern und können in horizontaler oder vertikaler Richtung wie auch zentral erfolgen (Conradi 1983). Stellvertretend genannt seien: Laufbahnplanung, Erfahrungsgruppen und Fachtrainings.

Die out of the job-Maßnahmen gehören dem Zeitverlauf nach zu den abschließenden Entwicklungsmethoden, die das Ausscheiden aus der aktiven Arbeitswelt begleiten. Sie dienen jedoch auch als Vorbereitung auf interne oder externe Arbeitsplatzwechsel (Jung 2006). Beispiele hierfür sind die Ruhestandsvorbereitung, Berater-Pool oder das Outplacement.

Kompetenzentwicklungsmaßnahmen, die unmittelbar am Arbeitsplatz stattfinden, werden als on the job-Maßnahmen bezeichnet. Diese weisen eine zeitliche, räumliche und inhaltliche Nähe zu diesem auf. Die Nähe bietet den Vorteil, dass die theoretische Erfahrung und praktische Anwendung direkt miteinander in Verbindung stehen, was den Mitarbeitern jedoch ein hohes Maß der Offenheit abverlangt, sich aktiv am Entwicklungsprozess zu beteiligen. On the job-Maßnahmen können individuell auf den Kompetenzträger zugeschnitten und somit der Lern- bzw. Entwicklungsgeschwindigkeit angepasst werden (Jung 2006). Praktische Umsetzungen

zeigen sich in Form von Job Rotation, Job Enrichment oder Job Enlargement.

Arbeitsplatznahe near the job-Maßnahmen werden in Form von Weiter- oder Fortbildung im jeweiligen Unternehmen, jedoch nicht direkt am Arbeitsplatz bspw. in entsprechenden Lehrwerkstätten, durchgeführt. Gängige Beispiele sind Workshops, Projektgruppen oder das Coaching mit dem Ziel, die organisationale Effizienz zu fördern.

Off the job-Maßnahmen stellen eine Ergänzung zu den innerorganisationalen Maßnahmen dar. Sie werden außerhalb des Arbeitsplatzes durchgeführt und vermitteln tätigkeitsbezogenes Wissen und spezifische Fähigkeiten zur Durchführung einer Tätigkeit. Teambildungsmaßnahmen oder Intergruppen-Intervention sind mögliche Beispiele. Es können aber auch externe Weiterbildungen dazu gezählt werden.

Diese unterschiedlichen Ansätze der Kompetenzentwicklung stellen aufgrund der ihnen immanenten Strukturierung nach zeitlichen, räumlichen und inhaltlichen Kriterien einen Ansatzpunkt für den Einsatz von Qualifizierungsmaßnahmen sowie die Gestaltung von Lernszenarien dar.

3 Qualifizierungsmanagement in der vernetzten Produktion

Es werden zuerst gegenwärtige Herausforderungen des Qualifizierungsmanagements dargestellt, eine Brücke zur Gestaltung prozessbezogener Lernangebote gebaut und abschließend mit dem Morphologischen Kasten ein Ansatz zur Entwicklung von Lernszenarien im Speziellen (in diesem Beitrag verdeutlicht) und im Allgemeinen zum Einsatz von Qualifizierungsmaßnahmen in Unternehmen aufgezeigt.

3.1 Herausforderungen des Qualifizierungsmanagements im Kontext der vernetzten Produktion

Im gegenwärtigen Arbeitsumfeld wirken neue Formen der Betriebs- und Arbeitsorganisation, neue Arbeitsinhalte und Tätigkeiten sowie neue Formen der Beschäftigungsverhältnisse auf die Ausgestaltung betrieblicher Arbeit und führen zu neuartigen Anforderungen (vgl. Böhle et al. 2013). Die Entgrenzung zwischen Berufs- und Privatleben in Form einer zunehmenden Auflösung von zeitlichen, räumlichen und sachlichen Strukturen betrieblich organisierter Arbeit aufgrund von Informations- und Kommunikationstechnologien und sich wandelnder Anforderungen fordert eine höhere Flexibilisierung der Arbeit und eine erhöhte

(Selbst-) Organisationskompetenz. Darüber hinaus werden vermehrt Arbeiten durchgeführt, deren höherer Zweck vom Arbeiter nicht immer unmittelbar zu erkennen ist. Auch der Interaktivitätsgrad der Arbeit nimmt aufgrund von zunehmend verteilter Arbeit und dem Einsatz von Informationstechnologien vermehrt zu. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Tendenz, dass Mitarbeiter mit ihrer Arbeitskraft zunehmend wie ein Unternehmer umgehen müssen. Eine verstärkte Selbstkontrolle, erweiterte Selbst-Ökonomisierung, Selbst-Rationalisierung sowie eine verbetrieblichte Lebensführung kennzeichnen diesen Typus (Pongratz/Voß 2003). Diese skizzierten Anforderungen (Subjektivierung von Arbeit, unbestimmte Arbeit, interaktive Arbeit und der Arbeitskraftunternehmer) führen dazu, dass sich die Ausprägungen der Kompetenzfacetten der unterschiedlichen Tätigkeitstypen ändern müssen.

Bei der Entwicklung des Qualifizierungsangebots und bei der Gestaltung des Qualifizierungsprozesses muss im Unternehmen eine Vielzahl von relevanten Parametern berücksichtigt werden. Die Rahmenbedingungen werden durch den Prozessverlauf festgelegt, die konkreten Schritte, an denen ein Mitarbeiter beteiligt ist, die ablauf- und aufbauorganisatorischen Beziehungen zu und Abhängigkeiten von den anderen menschlichen und technischen Akteuren sowie vom bereits vorhandenen Kompetenzniveau.

Der Prozess des Erwerbs und der Ausbau von Qualifikationen verläuft 1.) im Rahmen einer intendierten Qualifizierung (gezielt und mit dem Einsatz von Schulungen und Trainings; oder 2.) einer nicht intendierten Qualifizierung (unbeabsichtigt und häufig unbemerkt im Verlauf der eigentlichen Arbeitstätigkeit (Gronau 2009, S. 131 ff.). Beide Qualifizierungsarten sind mit Vor- und Nachteilen verbunden. Die nicht intendierte Qualifizierung ist mit keinen zusätzlichen Kosten verbunden und bewirkt eine Steigerung der allgemeinen Handlungskompetenz. Die intendierte Qualifizierung dagegen wird von einem gezielten Lernvorgang geleitet und sorgt für einen strukturierten und nachhaltigen Qualifizierungsprozess (ebd.). Dabei sollten die Lerninhalte und -formen auf den Lernenden abgestimmt werden, um diesen erfolgreich in die Lage zu versetzen, Lehrinhalte wahrzunehmen, zu verstehen und zu behalten. So ist es unter anderem sinnvoll, sowohl Schulungen als auch Trainings in das Qualifizierungsangebot von unterschiedlichen Seiten am Lernprozess zu integrieren. Dabei ermöglicht ersteres die primäre Wissensaufnahme und letzteres die Verarbeitung und Anwendung (ebd).

Im Zusammenhang mit den dargestellten Anforderungen ergeben sich eine Reihe von Fragen und Herausforderungen, die es zukünftig gemein-

sam von Theorie und Praxis zu beantworten und zu meistern gilt, um erfolgreiches Qualifikationsmanagement entwickeln, bereitstellen und durchführen zu können. Im Rahmen des Beitrags sind die folgenden relevant:

Welche Lernszenarien sind in welchen Prozesssituationen erfolgsversprechend und wie wird Lernerfolg/Weiterbildungserfolg gemessen?

Wie kann die Distanz zwischen Weiterbildungsumgebung und Produktivumgebung verringert und wie kann die Weiterbildung in den betrieblichen Kontext gebracht werden?

Im Zuge der Beantwortung dieser Fragen entsteht eine Reihe von Herausforderungen, die angegangen werden müssen. Die Autoren sehen als generische Herausforderung die Entwicklung und Anpassung individueller prozessbezogener Weiterbildungsangebote für MitarbeiterInnen und Führungskräfte im Rahmen von Industrie 4.0, sodass diese direkt, prozessorientiert oder -integriert, dezentral und situationsbedingt aus dem betrieblichen Kontext abgeleitet, gestaltet und eingesetzt werden können. In diesem Zusammenhang entstehen weitere Herausforderungen:

Entwurf von Methoden zur Ableitung des individuellen Weiterbildungsbedarfs: Ausarbeitung von Methoden zur Ableitung des individuellen Weiterbildungsbedarfs aus den konkreten Kontexten des betrieblichen Ablaufs und darauf aufbauend eine Systematisierung dieser Methoden anhand von Prozessebenen.

Entwicklung von Lernaufgaben und -modulen für die individuelle prozessbezogene Weiterbildung: Einerseits ist die Identifikation von relevanten Wissens- und Kompetenzdefiziten sowie andererseits die systematische Erfassung regulärer Prozesse und standardmäßiger Aufgaben in ihren Anforderungsdimensionen und die notwendige Differenzierung von eher untypischen Problemen nötig.

Entwicklung und Erprobung von Lernszenarien und Weiterbildungsangeboten: Dadurch wird die Distanz zwischen der Weiterbildungs- und der Produktivumgebung durch prozessorientierte bzw. -integrierte Lernformen verringert und die Weiterbildung in den betrieblichen Kontext eingebettet. Die unterschiedlichen Bedürfnisse der Mitarbeiter werden systematisch bei der Entwicklung von Lernaufgaben berücksichtigt und ihre Fähigkeit zur Selbstorganisation und zur Selbstmotivation gestärkt.

3.2 Gestaltung prozessbezogener Lernangebote

Bei der Gestaltung betrieblicher Angebote zur Kompetenzentwicklung und Qualifizierung im Bereich Industrie 4.0 sollen insbesondere der Kontext des betrieblichen Ablaufs, die organisatorischen Abläufe, die Produktionsprozesse sowie die technologischen Besonderheiten der Betriebe berücksichtigt werden, um vor diesem Hintergrund den individuellen Weiterbildungsbedarf ableiten und gestalten zu können. Die Entwicklungspfade adressieren einerseits individuell unterschiedlich verlaufende Weiterbildungsprozesse, sollen jedoch auf generalisierbaren und vielfältig anwendbaren Lernangeboten basieren.

Wie bereits dargestellt, verlaufen die Prozesse und Beziehungen im Industrie 4.0-Kontext im Rahmen von sozio-technischen Systemen und die Aufgaben des Menschen entsprechen immer seltener denen eines standardisier- und planbaren Prozessverlaufs, sondern erfordern viel mehr ein komplexes und wissensintensives Arbeitshandeln, wobei insbesondere an der Schnittstelle zu den technischen Entitäten die Varianz und Unvorhersehbarkeit der Arbeitsabläufe steigen. Andererseits werden die Aufgaben für An- und Ungelernte in ihrer Komplexität abnehmen, sodass für diese Qualifikationsgruppe die Notwendigkeit von Weiterbildungsmaßnahmen stark nachlässt. Vor diesem Hintergrund verändern sich auch die Anforderungen an die Weiterbildung, von der Gestaltung von klassischen Lehrangeboten hin zur Förderung der dynamischen, kontinuierlichen Entwicklung individuellen Wissens sowie des präventiven und vorausschauenden Verhaltens. Um den Lernprozess und die Entwicklung von praktischen Kompetenzen und das problembasierte Handeln positiv zu beeinflussen, soll das Weiterbildungsangebot zum großen Teil unmittelbar in den Arbeitsprozess integriert sein (Upadhyay et al. 2011). Dabei sollen fähigkeitsgetriebene, einstellungsgetriebene und kompetenzgetriebene Lernmodelle gleichermaßen berücksichtigt werden (Goldman 2009).

Da im Mittelpunkt der Kompetenzentwicklung und Qualifizierung im Industrie 4.0-Kontext verstärkt der Umgang mit den neuen technischen Entitäten steht, sollen die Lernangebote den praktischen Umgang mit der Technik adressieren. Ansätze hierzu finden sich im Bereich Lernen und Wissensmanagement, beispielsweise in Bezug auf die Nutzung von Computerarbeitsplätzen (Griffin 2011, Chatti et al. 2007), sowie auf die Überführung von Lerninhalten in die Praxis in Skillslabs (Schewior-Popp 2005, S.148) oder Virtual Reality-Ansätzen (Lin et al. 2002).

Neben der Ausdifferenzierung der Lernszenarien nach Anforderungen durch den Arbeitsprozess sind ebenso Besonderheiten in der Belegschaft zu berücksichtigen. Bei der Wahl der Lernmethoden und der technologischen Mittel ist auf unterschiedliche Nutzungsstile zu achten, sodass das Weiterbildungsangebot bestmöglich von den Beschäftigten angenommen wird. Die Lernszenarien müssen weiterhin die Motivation der Mitarbeiter fördern und sie inhaltsübergreifend vorbereiten sowie sie anregen, aktiv und selbstständig an den neuen Lehr- und Lernangeboten teilzunehmen und im Arbeitsprozess proaktiv zu handeln. Wichtig ist die ganzheitliche Betrachtung der Organisation und die Berücksichtigung der Interessen verschiedener Gruppen. Hierzu können bestehende Management- und Wissensmanagementmethoden zur Mitarbeitermotivation in der Prozessgestaltung als Grundlage genutzt werden (vgl. Roehl 2000).

3.3 Morphologisches Tableau zur Entwicklung von Lernszenarien

Zur Entwicklung von Lernszenarien wird auf ein Instrument des systematischen Kreativitätsmanagements, das sich zur Konstruktion von Typologien eignet (Zelewski et al. 2008, S. 184), den Morphologischen Kasten, zurückgegriffen. Diese Matrix enthält in der ersten Spalte die relevanten Parameter eines Untersuchungsobjekts. Zu jedem dieser Parameter werden in den entsprechenden Zeilen mögliche relevante und zulässige Ausprägungen eingetragen, sodass sich bei endlichen Parametern eine endliche Menge an möglichen Kombinationen ergibt, die sich wiederum zur Gestaltung – wie im vorliegenden Fall – unterschiedlicher Lernszenarien nutzen lässt.

Ausgangspunkte der Identifikation relevanter Parameter sind die Methoden der Kompetenzentwicklung, die jeweilige Rolle im Prozess, digitale Medien, eine betriebswirtschaftliche Perspektive sowie demographische Faktoren, welche in einem Kreativworkshop (klassisches Brainstorming) identifiziert und danach iterativ strukturiert und weiterentwickelt worden sind. Abbildung 4 stellt einen Morphologischen Kasten der Klasse „Qualifikationsdurchführungsmanagement“ dar. Die Anwendung wird am Beispiel von zwei entwickelten Szenarien nachfolgend darstellt.

Parameter	Ausprägungen			
Klasse: Qualifikationsdurchführungsmanagement				
Ort der Maßnahme	Direkt an der Maschine	Maschinenumfeld	Fortbildungszentrum des Unternehmens	Externer Dienstleister
Zeitfenster der Maßnahme	Alles zu einem Zeitpunkt	Sequentiell über kurzem Zeitraum	Sequentiell über mittleren Zeitraum	Sequentiell über längeren Zeitraum
Zeitpunkt der Maßnahme	Akut	Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
Aufteilung der Durchführung	Alles zu einem Zeitpunkt	In wenigen Teilen	In vielen Teilen	
Eingesetzte Medien	Tablets	Demonstratoren	VR-Brille	PC
Eingesetzte Methoden	Virtuelle Simulation	Hardware-bas. Simulation	Entdeckendes Lernen	Mehrdimensionales Lernen
Eingesetzte Personen	Kollegen	Interner Fortbilder	Externer Fortbilder	
Mindestanzahl der Teilnehmer	Ein Mitarbeiter	Kleine Gruppe (2-5)	Mittlere Gruppe (6-10)	Große Gruppe (10-25)
Inhalte	Selbsterstellt	Selbsterstellt nach Standard	Extern eingekauft	
Kosten	Niedrig	Mittel	Hoch	
Kosten(-stelle)	Personalbudget	Maschinenbudget	Abteilungsbudget	Nicht direkt zuordnungsbar
Interdependenzen zu anderen Qual.-Maßnahmen	Nicht vorhanden - Lerneinheit ist unabhängig	Vorkenntnisse aus and. Lerneinheiten notwendig	Diese Lerneinheit stellt Vorkenntnisse für weitere M. bereit	
Rolle im Prozess	Ausführen	Gestalten	Entscheiden	Regulieren
Berufslebensphase der Teilnehmer	Anfang	Mitte	Ende	Irrelevant
Ruhezeit-abhängigkeit	In Produktivzeit	Während der Arbeitszeit	Neben der Arbeitszeit	
Interaktionsgrad	Niedrig	Mittel	Hoch	

Abbildung 4: Morphologischer Kasten – Qualifikationsdurchführungsmanagement

4 Anwendung in beispielhaften Einsatzszenarien

Die Ausgangssituation betrifft die Entscheidung auf Managementebene, in einem Großunternehmen, einen gesamten Produktionsbereich unter Industrie 4.0-Bedingungen neu einzurichten. Es entsteht ein neuer Prozess, welcher das Zusammenspiel neuer technischer Entitäten mit bereits lange im Unternehmen beschäftigten menschlichen Akteuren verknüpfen muss. Im Mittelpunkt dieses Prozesses stehen neue Industrie 4.0-Aufgaben. Alle relevanten Aufgabenebenen in diesem Produktionsbereich sind vom Wandel betroffen und durch eine gemeinsame Strategie und durchgehende technische Lösungen miteinander verknüpft.

Szenario 1 (Erwerb von notwendigem Grundwissen zur Industrie 4.0)

Über Kompetenz- und Anforderungsprofile, z.B. über ein Qualifizierungsbuch können im Vorfeld der prozessbezogenen Weiterbildung die notwendigen individuellen Lernziele und Lerninhalte und Weiterbildungspfade festgelegt werden.

Auf dieser Grundlage können Mitarbeiter in einem zweistufigen Verfahren weitergebildet werden: statisch zur Schaffung einer Ausgangsbasis, mit Schwerpunkten insbesondere auf die Maschine-zu-Maschine-Kommunikation sowie Automatisierung und Traceability in der Produktion. In einem zweiten Schritt können unter Anweisung durchgeführte Simulationen sowie Lernspiele den Prozess der Wissensweitergabe ergänzen, um das komplexe Zusammenspiel der einzelnen Akteure, Technologien und die Dynamik der Prozesse greifbar zu machen sowie Fehleranalyse, Dokumentation von Lernerfahrungen und deren schnelle Abrufbarkeit zu ermöglichen.

Szenario 2 (Arbeitsprozessintegrierter Wissenserwerb)

Die im ersten Szenario erworbenen Grundkompetenzen decken jedoch nicht alle Arbeitssituationen ab, es ist daher notwendig, die Lerngelegenheiten im Arbeitsprozess zu nutzen und damit variables und proaktives Verhalten und Reaktionsfähigkeit zu fördern. Anders als bei der bloßen Informationsaufnahme werden hier Mikrolerneinheiten zur Reflektion, Wiederholung und Vertiefung des Gelernten genutzt. Der Lernort ist hierbei der Arbeitsort. Es werden entweder Situationen genutzt, in denen der Lerner nicht aktiv mit der Maschine interagieren muss oder Situationen, die ein besonderes Maß an Aufmerksamkeit erfordern, z.B. beim Neueinrichten der Produktionsanlage, bei der Fehlerbehebung oder der Qualitätskontrolle. Über mobile Technologien soll es dem Lernenden möglich sein,

individuelle Lernsituationen zu identifizieren und auf entsprechendes Lernmaterial zuzugreifen. Über die Vernetzung der Produktionsobjekte, die breit angelegte Sensorik und die steten Datenflüsse im Produktionsprozess werden mittels Augmented Reality die Lerninhalte in die aktuelle Produktionssituation eingebettet. Hierdurch wird sowohl die Komplexität der Abläufe als auch das individuelle Handeln transparent und führt zum Kompetenzaufbau am individuellen Arbeitsplatz als auch zu einem Verständnis der Position im Gesamtprozess.

Der vorgestellte Morphologische Kasten kann zur strukturierten Ausgestaltung dieser zwei Lernszenarien genutzt werden. Abbildung 5 fasst beispielhaft die adressierten Ausprägungen pro Parameter für beide beschriebenen Fälle zusammen.

Die Ausprägungen adressieren die Anforderungen und Ausgestaltungsmöglichkeiten beider vorgestellter Ausgangssituationen und dienen der Generierung von entsprechenden Lösungsansätzen zur Gestaltung von Qualifizierungsmaßnahmen. Weiterhin weisen sie direkt auf entsprechende Vorteile der Szenarien hin – wie zum Beispiel im Szenario 2 die Kostenreduzierung durch Schulungen direkt an der Maschine in Produktivzeit sowie die Nutzung positiver Aspekte der sozialen Anbindung und Vermeidung von Unsicherheit durch Schulungen in Anwesenheit eines engeren Kreises direkter Kollegen und in vertrauter Umgebung.

Parameter	Ausprägungen Szenario 1	Ausprägungen Szenario 2
Ort der Maßnahme	Fortbildungszentrum des Unternehmens; externer Dienstleister; Maschinenumfeld	Direkt an der Maschine; Maschinenumfeld
Zeitfenster der Maßnahme	Sequentiell über kurzem Zeitraum	Sequentiell über mittleren oder längeren Zeitraum
Zeitpunkt der Maßnahme	Akut; kurzfristig	Mittelfristig; langfristig
Aufteilung der Durchführung	Alles zu einem Zeitpunkt; in wenigen Teilen	In vielen Teilen
Eingesetzte Medien	PC; Demonstratoren	Demonstratoren; Tablets; VR-Brille; PC
Eingesetzte Methoden	Hardware-basierte Simulation; mehrdimensionales Lernen	Virtuelle Simulation; mehrdimensionales Lernen; entdeckendes Lernen
Eingesetzte Personen	Interner und externer Fortbilder; Kollegen	Interner Fortbilder; Kollegen
Mindestanzahl der Teilnehmer	Kleine, mittlere oder große Gruppe	Ein Mitarbeiter; kleine Gruppe
Inhalte	Selbsterstellt nach Standard; extern eingekauft	Selbsterstellt (nach Standard)
Kosten	Mittel bis hoch	Niedrig bis mittel
Kosten(-stelle)	Personal- und Abteilungsbudget	Personal-, Maschinen und Abteilungsbudget
Interdependenzen zu anderen Qual.-Maßnahmen	Nicht vorhanden - Lerneinheit ist unabhängig; Vorkenntnisse aus and. Lerneinheiten notwendig; Diese Lerneinheit stellt Vorkenntnisse für weitere M. bereit	Nicht vorhanden - Lerneinheit ist unabhängig; Vorkenntnisse aus and. Lerneinheiten notwendig; Diese Lerneinheit stellt Vorkenntnisse für weitere M. bereit
Rolle im Prozess	Ausführen	Ausführen; gestalten; entscheiden; regulieren
Berufslebensphase der Teilnehmer	Anfang; Mitte; Ende	Anfang; Mitte; Ende
Ruhezeitabhängigkeit	Während und neben der Arbeitszeit	Während und neben der Arbeitszeit; in Produktivzeit
Interaktionsgrad	Mittel	Hoch

Abbildung 5: Parameterausprägungen in Lernszenarien

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel des vorliegenden Beitrages war es, einen Ansatzpunkt zur Strukturierung der relevanten Parameter des Qualifizierungsmanagements und deren Ausprägungen vorzustellen, der Hilfestellung bei der Entwicklung von realen Lernszenarien und dem Einsatz von Qualifizierungsmaßnahmen leisten kann. Dies geschah auf Basis von Industrie 4.0 spezifischen Anforderungen sowie Herausforderungen an die Kompetenzentwicklung. Das entwickelte Artefakt – der Morphologische Kasten zur Strukturierung der Parameter des Qualifikationsdurchführungsmanagements – wurde exemplarisch angewendet und im Rahmen von zwei Szenarien vorgestellt. Es kann zur Entwicklung von Lernszenarien im Speziellen (in diesem Beitrag verdeutlicht) genutzt werden sowie im Allgemeinen zum Einsatz von Qualifizierungsmaßnahmen in Unternehmen dienen.

Ausgehend von der Betrachtung sozio-technischer Systeme sowie relevanter Kompetenzentwicklungsdimensionen wurde darüber hinaus – dem Umfang des Beitrags geschuldet sehr generisch dargestellt – eine Strukturierung unterschiedlicher Industrie 4.0 relevanter Kompetenzfacetten vorgenommen und auf Ansätze der Kompetenzentwicklung eingegangen. Es wurden zwei aktuelle Kernfragen des Qualifizierungsmanagements in der vernetzten Produktion aufgedeckt, die den Anstoß für diesen Beitrag gaben und umfassend in fortlaufender Forschung adressiert werden.

Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Anwendung des Morphologischen Kastens in realen Produktionsumgebungen und damit einhergehenden gegebenenfalls notwendigen Modifikationen. In einem weiteren Schritt wird die Verknüpfung der Parameter sowie deren Ausprägungen mit konkret zu entwickelnden Kompetenzfacetten angestrebt.

Danksagung

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ (Förderkennzeichen: 02PJ4040 ff) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

- Böhle, F., Pfeiffer, S., Sevsay-Tegethoff, N. (Eds.), 2013. : Die Bewältigung des Unplanbaren. Springer-Verlag.
- Chatti, M. A., Jarke M., Frosch-Wilke, D., 2007. : The future of e-learning: a shift to knowledge networking and social software. *International Journal of Knowledge and Learning*, Vol. 3 (4/5), S. 404-420.
- Conradi, W., 1983: Personalentwicklung. Enke-Verlag.
- Erpenbeck, J., 2007.: KompetenzManagement. Methoden, Vorgehen, KODE und KODE-X im Praxistest. Wachsam Verlag, S. 11-164.
- Erpenbeck, J., Rosenstiel, L. von, 2003. : Handbuch Kompetenzmessung. Schäffer Poeschel Verlag.
- Erpenbeck, J., 2010. : Kompetenzen - Eine begriffliche Klärung. In: Heyse, V., Erpenbeck, J., Ortman, J. (Hrsg.): Grundstrukturen menschlicher Kompetenzen: Praxiserprobte Konzepte und Instrumente, Waxmann Verlag, S. 13-20.
- Goldman, S., 2009. : The Educational Kanban: promoting effective self-directed adult learning in medical education. *Academic medicine: journal of the Association of American Medical Colleges*, Vol.84(7), S.927-34.
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., 2014.: Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In: Bauernhansl, T., Ten Hompel, M., Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik – Anwendung, Technologien, Migration. Springer Vieweg, S. 525-542.
- Griffin, R., 2011. : Seeing the wood for the trees: workplace learning evaluation. *Journal of European Industrial Training*, Vol. 35 (8), S. 841-850.
- Gronau, N., 2009. : Wissen prozessorientiert managen. Methoden und Werkzeuge für die Nutzung des Wettbewerbsfaktors Wissen in Unternehmen. Oldenbourg.
- Hirsch-Kreinsen, H., Weyer, J., 2014. : Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. *Soziologisches Arbeitspapier Technische Universität Dortmund*, 38.
- IG Metall, 2013. : Welche Rolle spielt der Mensch in der Fabrik der Zukunft? Fachkonferenz Industrie 4.0-Arbeit 4.0 in Paderborn, 2013. Online: <http://www.igmetall.de/fachkonferenz-industrie-4-0-arbeit-4-0-in-paderborn-12391.htm>, (Letzter Zugriff: 30.05.2015).
- Jung, H., 2006.: Personalwirtschaft. 8. Auflage, Oldenbourg Verlag.
- Klötzl, G., 1996.: Personalentwicklung. Springer science+business media.
- Krämer, M., 2007.: Grundlagen und Praxis der Personalentwicklung. Vandenhoeck und Ruprecht Verlag.

- Kruger, J., Dunning, D., 1999.: Unskilled and unaware of it: how difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of personality and social psychology*, 77(6), 1121.
- Kurz, C., 2013.: Bessere Arbeit statt Taylorismus 4.0. In: *Ampere - Das Magazin der Elektroindustrie*, 1, S. 32.
- Langemeyer, I., 2010.: Lebenslanges Lernen im Kontext der Verwissenschaftlichung von Arbeit. Außerschulische Lernorte und Lernwege aus subjektwissenschaftlicher Sicht. *REPORT Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 33, 56-64.
- Lin, F., Ye, L., Duffy, V. G., Su, C. J., 2002.: Developing virtual environments for industrial training. *Information Sciences*, 140(1), 153-170.
- North, K., Reinhardt, K., 2005.: Kompetenzmanagement in der Praxis – Mitarbeiterkompetenzen systematisch identifizieren, nutzen und entwickeln. Mit vielen Fallbeispielen. Gabler.
- Oerter, R., Montada, L., 2002.: *Entwicklungspsychologie. Ein Lehrbuch*, 5. Auflage, Oerter/Montada, Beltz Verlag.
- Pongratz, H.J., Voß, G.G., 2003.: From employee to 'entployee': Towards a 'self-entrepreneurial' work force? *Concepts and Transformation*, Volume 8, Number 3, 2003, S. 239-254 (16).
- Rice, A. K., 1963.: *The Enterprise and its Environment – A System Theory of Management Organization*. Tavistock Publications.
- Roehl, H., 2000.: *Instrumente der Wissensorganisation*. Deutscher Universitätsverlag-Gabler.
- Russwurm, S., 2013.: Software: Die Zukunft der Industrie. In: Sendler, U. (Hrsg.): *Industrie 4.0 – Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM*. Springer Vieweg, S. 21-36.
- Schewior-Popp, S., 2005.: *Lernsituationen planen und gestalten: Handlungsorientierter Unterricht im Lernfeldkontext*. Thieme Verlag.
- Schließmann, A., 2014.: iProduction, die Mensch-Maschine-Kommunikation in der Smart Factory. In: Bauernhansl, T., Ten Hompel, M., Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik – Anwendung, Technologien, Migration*. Springer Vieweg, S. 451-480.
- Schneider, M., Stern, E., 2010.: The cognitive perspective on learning: Ten cornerstone findings. In: OECD (Hrsg.) *The nature of learning: Using research to inspire practice*, S. 69-90.
- Scholz, C., 2000.: *Grundzüge des Personalmanagements*. Vahlen.
- Siemens, 2013.: *Der Mensch entscheidet*. In: *Siemens Industry Journal*, 2, 2013; S. 10-17. Online: <http://www.industry.siemens.com/topics/global/de/magazine/industry-journal/2-2013/Documents/industry-journal-2-2013-de.pdf>, (Letzter Zugriff:17.05.2014).

- Staudt, E., Kailer, N., Kriegesmann, B., Meier, A. J et al., 2002.: Kompetenz und Innovation. Eine Bestandsaufnahme jenseits von Personalmanagement und Wissensmanagement. In Stadt, E. (Hrsg.): Kompetenzentwicklung und Innovation. Die Rolle der Kompetenz bei Organisations-, Unternehmens- und Regionalentwicklung. Waxmann Verlag, S. 127-235.
- Stephan, H., 2002.: Entwicklung der individuellen Handlungsfähigkeit. In: Stadt, E. (Hrsg): Kompetenzentwicklung und Innovation. Die Rolle der Kompetenz bei Organisations-, Unternehmens- und Regionalentwicklung. Waxmann Verlag, S. 375-435.
- Ulich, E., 2011.: Arbeitspsychologie. Schäffer-Poeschel Verlag.
- Upadhyay, S. K., Bhandary, S., Ghimire, S. R., 2011.: Validating a problem-based learning process assessment tool. Medical education, Vol.45(11), S. 1151-1152.
- Windelband, L., Spöttl, G., 2011.: Konsequenzen der Umsetzung des „Internet der Dinge“ für Facharbeit und Mensch-Maschine-Schnittstelle. In: FreQueNz Newsletter 2011. Online: [http://www.frequenz.net/uploads/tx_freqnewsletter/frequenz_newsletter_2011_web_final .pdf](http://www.frequenz.net/uploads/tx_freqnewsletter/frequenz_newsletter_2011_web_final.pdf), (Letzter Zugriff: 06.07.2014).
- Zelewski, S., Hohmann, S., Hügens, T., 2008.: Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme: Konzepte und exemplarische Implementierungen mithilfe von SAP R/3. Oldenbourg Verlag.