

Modellieren des Umgangs mit Wissen für Industrie 4.0

Norbert Gronau, Universität Potsdam

Modeling the Usage of Knowledge for Industry 4.0

This paper describes an analysis and design method for knowledge management integrating man and machine in the age of the 4th Industrial revolution (Industry 4.0). Digitized work processes require employees in an Industry 4.0 environment to have the competence to adequately deal with fluid situations on the basis of their own knowledge and the ability to place this knowledge in situation-specific contexts. To this end, the development of a comprehensive understanding of processes is elementary.

Keywords:

KMDL, training, business process modeling, machine learning

Dieser Beitrag beschreibt eine Analyse- und Gestaltungsmethode für ein Mensch und Maschine integrierendes Wissensmanagement im Zeitalter von Industrie 4.0.

Digitalisierte Arbeitsprozesse erfordern von den Mitarbeitenden in einer Industrie 4.0-Umgebung die Handlungskompetenz, fluiden Situationen auf Basis eigenen Wissens und der Fähigkeit, dieses in situationsspezifische Kontexte setzen zu können, adäquat begegnen zu können [1]. Dafür ist zuerst die Herausbildung eines umfassenden Prozessverständnisses [2] elementar.

die sich strukturiert und kreativ einbringen. Nur diese können aufgrund ihres umfangreichen Prozess- und Fachwissens gezielt und lösungsorientiert zur Optimierung von innerbetrieblichen und unternehmensübergreifenden Strukturen beitragen.

Wissen von Maschinen berücksichtigen

Bisher wird stillschweigendes Wissen als Set an Kriterien angewendet, das aus Informationen fachlicher Einsicht, Wertvorstellungen, Erfahrungen und Kontext besteht [7, 8]. Auch Kompetenzen basieren auf Wissen. Herkömmliche Konzepte zur Unterscheidung von stillschweigendem und expliziten Wissen [9] oder des Umgangs mit Wissen, wie das SECI-Modell [10], verorten stillschweigendes Wissen ausschließlich bei menschlichen Wissensträgern. Dies ist aufgrund der Durchdringung von Organisationen und deren Leistungserstellungsprozessen mit Cyber-Physischen Systemen [11] als selbstorganisierende und entscheidungsfähige technische Entitäten nicht mehr zeitgemäß. Entscheidungskompetenzen liegen nun auch bei technischen Akteuren. Digitalisierung, Virtualisierung und das Internet der Dinge forcieren wesentliche Veränderungen der Rollen der Mitarbeiter sowie der technischen Akteure. Daten werden an Informationssysteme – die wiederum empfangen, verarbeiten und versenden – weitergeleitet; analog der Aufnahme, Verarbeitung und Versendung von Informationen beim Menschen. Das „Verarbeiten“ inkludiert dabei sowohl die Verwendung von Informationen entsprechend vordefinierter Regeln und einem vorgegebenen Raum alternativer Lösungspfade und -möglichkeiten (Inferenz) als auch das (kreative) Erschließen von Sachverhalten und Lösungen über vorgegebene Strukturen hinweg mit vorab nicht bestimm-

Geschäftsprozesse müssen vor diesem Hintergrund so gestaltet werden, dass sie sowohl die Kommunikationsaspekte, wie Machine-to-Machine-Communication [3] und Human-Machine-Interaction [4], als auch die individuellen Kunden- und Lieferantenwünsche berücksichtigen. Die Qualifikation der Fachkräfte (Führungs- und Ausführungsebene) spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle, da der Automatisierungsgrad in den Produktionsprozessen zunimmt [5]. Ebenso steigt die Individualität von Produkten bei kürzeren Produktlebenszeiten, was zu einer erheblichen Zunahme der Komplexität in Produktionsprozessen führt.

Notwendige schnelle und qualifizierte Entscheidungen in Störfällen bei Werkzeugen oder Prozessen können nur gut ausgebildete Spezialisten treffen [6].

Stärkerer Bedarf an Qualifizierung

Die Gestaltung komplexer Wertschöpfungsketten mit raschen Technologiewechseln, sich verkürzenden Produktionszyklen und einer Vielzahl von Schnittstellen zwischen den beteiligten Unternehmen und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern erfordert kompetente Fachkräfte,



Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gronau ist Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik, Prozesse und Systeme sowie Direktor des Zentrum Industrie 4.0 an der Universität Potsdam.

norbert.gronau@wi.uni-potsdam.de

tem Ergebnis (Intelligenz [12]). Diese vernetzten Informationen bestehen aus Daten mit entsprechender Semantik sowie Daten in einer vordefinierten Syntax. Mit gegenwärtig vorhandener Technik sind sowohl menschliche als auch technische Akteure in der Lage, Zeichen, Daten, Informationen und auch Wissen zweckorientiert zu verarbeiten.

Als technische Akteure werden dabei alle Einheiten in Produktions- oder Logistikprozessen betrachtet, die als Cyber-Physische Systeme aufgefasst werden können, weil sie über große Fähigkeiten zur Verarbeitung von Informationen verfügen und miteinander vernetzt sind.

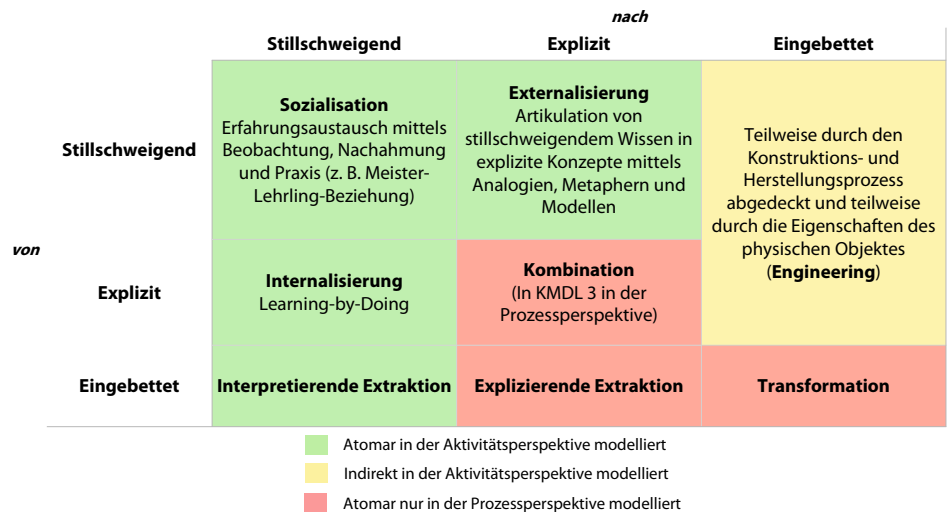
Dementsprechend liegt es nahe, nunmehr auch technische Entitäten als potenzielle Wissensträger zu begreifen und behandeln. Im Zeitalter der immer intensiver die Wertschöpfungsprozesse durchziehenden Cyber-Physischen Systeme können demzufolge einige der in den herkömmlichen Konzepten aufgestellten Kriterien für das personengebundene Wissen inzwischen auch Maschinen zugeschrieben werden. Dabei handelt es sich um die Aspekte der fachlichen Einsicht in die jeweilige spezielle Domäne und die Erfahrung, die eine Maschine durchaus beispielsweise durch Verfügbarmachung eines Case-Based-Reasoning-Werkzeugs aufweisen kann.

Operationalisieren von Wissen

In den meisten Modellierungsansätzen für wissensintensive Geschäftsprozesse war die Abbildung von Wissen bisher rein qualitativ. Das wurde als unbefriedigend angesehen, da Wissen häufig konstruktivistisch erklärt wird und daher auch mit mehreren voneinander unabhängigen Beurteilungsmaßstäben eingeschätzt werden sollte.

1. Modellierung wissensintensiver Prozesse mit KMDL

Die KMDL ist eine semiformale Modellierungssprache, die auf einer eindeutig festgelegten Symbolmenge sowie einer vorgegebenen Syntax basiert. KMDL in der Version 2 ist z. B. in [13] ausführlich beschrieben worden. Die KMDL dient der Analyse, Modellierung und Bewertung von wissensbasierten Geschäftsprozessen, indem neben den Ablauf- und Informationsaspekten auch personengebundenes Wissen, Anforderungen an wissensintensive



Aufgaben sowie die Umwandlungsmechanismen (genannt Konversionen) zwischen den Wissensarten berücksichtigt werden.

Konversionen stehen im Mittelpunkt des Konzepts der KMDL. Ausgehend von der Annahme, dass sich das personengebundene Wissen einer direkten Erfassung entzieht, setzt KMDL dort an, wo das personengebundene Wissen seine Form wechselt oder gewonnen wird. KMDL stellt Beschreibungsmechanismen zur Verfügung, um z. B. die Internalisierung von Wissen durch Lesen eines Textes, die interpretierende Extraktion durch fachkundiges Analysieren eines physischen Gegenstands oder die Externalisierung durch Verfassen eines Textes aus dem Gedächtnis heraus deutlich zu machen. Auch die vielleicht bedeutendste Konversion, die Sozialisierung, beschreibt den direkten Austausch von Wissen zwischen Menschen durch Kommunikation, Beobachtung oder Nachahmung. Erst mit Berücksichtigung dieser Konversionen wird es möglich, auch personengebundenes Wissen in die Gestaltung von Geschäftsprozessen einzubeziehen.

Wissen in KMDL

Die Betrachtung von stillschweigendem (engl. tacit) und explizitem Wissen in der KMDL zielt auf die Beschreibung der unterschiedlichen Artikulierbarkeit von Wissen [9]). Stillschweigendes Wissen ist für den Menschen häufig unbewusst und liegt im Verborgenen [14]. Es besteht aus komplexen Elementen wie z. B. Erfahrungen und äußert sich in intuitiven Prozessen. Die unbewusste Anwendung stillschweigenden Wissens führt dazu, dass dieses nur begrenzt formal artikuliert bzw. transferiert werden kann [15]. Stillschweigendes Wissen ist damit stark personenabhängig. Explizites Wissen ist jener Wissensbestandteil, der in einer formalen und systematischen Sprache formu-

Bild 1: Arten der Wissensumwandlung in KMDL.

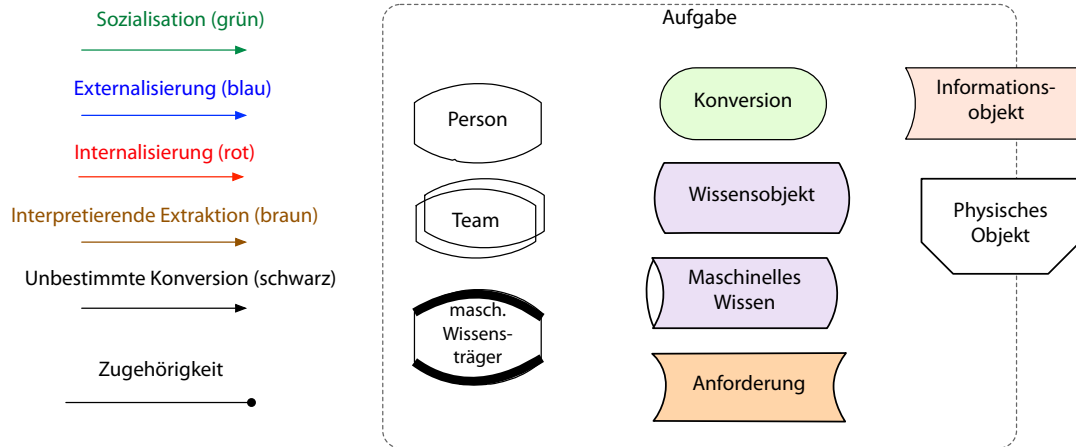


Bild 2: Objekte der Wissensperspektive von KMDL.

liert sowie leicht übertragen und ausgetauscht werden kann [16]. Im Verständnis der KMDL wird explizites Wissen mit Information gleichgesetzt [17].

Um den Gewinn von personengebundenem Wissen aus der Betrachtung physischer Objekte darstellen zu können, wurde die Konversionsart „interpretierende Extraktion“ eingeführt.

Eingebettetes Wissen oder Embodied Knowledge ist dasjenige personenbezogene Wissen, welches sich in von Menschen geschaffenen Objekten manifestiert. Die Konversion vom stillschweigenden zum eingebetteten Wissen wird als Engineering bezeichnet.

Unter Embodied Knowledge werden diejenigen physischen Objekten innewohnenden Attribute verstanden, die durch fachkundige Betrachtung dem Objekt wieder entnommen werden und in stillschweigendes Wissen umgewandelt werden können. Diese Konversion wird als interpretierende Extraktion bezeichnet.

Physische Objekte sollten bei der Modellierung wissensintensiver Aktivitäten berücksichtigt werden, wenn sie Embodied Knowledge enthalten oder in ihnen Embodied Knowledge erzeugt wird. Beurteilungsmaßstab ist der Zweck der Modellierung. Bild 1 zeigt einen Überblick über die in KMDL 3.0 verwendeten Konversionsarten.

In der KMDL werden prinzipiell zwei Perspektiven eingenommen, die Prozessperspektive und die Wissensperspektive. Während die Prozessperspektive den Geschäftsprozessablauf sowie Konzepte zur Abbildung organisationaler Beziehungen betrachtet, stehen in der Wissensperspektive Konzepte zur Erfassung des Umgangs mit personengebundenem

so einer Untersuchung zugänglich macht. In diesem Beitrag wird nur die Wissensperspektive betrachtet.

Die Wissensperspektive von KMDL

Die KMDL-Wissensperspektive stellt verschiedene Notationselemente zur Verfügung, um den Umgang mit Wissen innerhalb einer Aufgabe modellieren zu können. Die Objekte der Wissensperspektive sind in Bild 2 dargestellt.

Die **Aufgabe** gibt den Bezug zwischen den Wissenskonversionen in der Wissensperspektive und der Prozessperspektive an. Eine Aufgabe in der Aktivitätssicht ist eine Referenz auf eine Aufgabe aus der Prozesssicht. Die Bezeichnungen der Aufgabe werden aus dem Prozessmodell übernommen.

Wissensobjekte sind Artefakte, die das Wissen einer Person oder eines Teams repräsentieren. Das Wissensobjekt umfasst die Abbildung der Kompetenzen, Erfahrungen, Fähigkeiten und Einstellungen der Person bzw. des Teams.

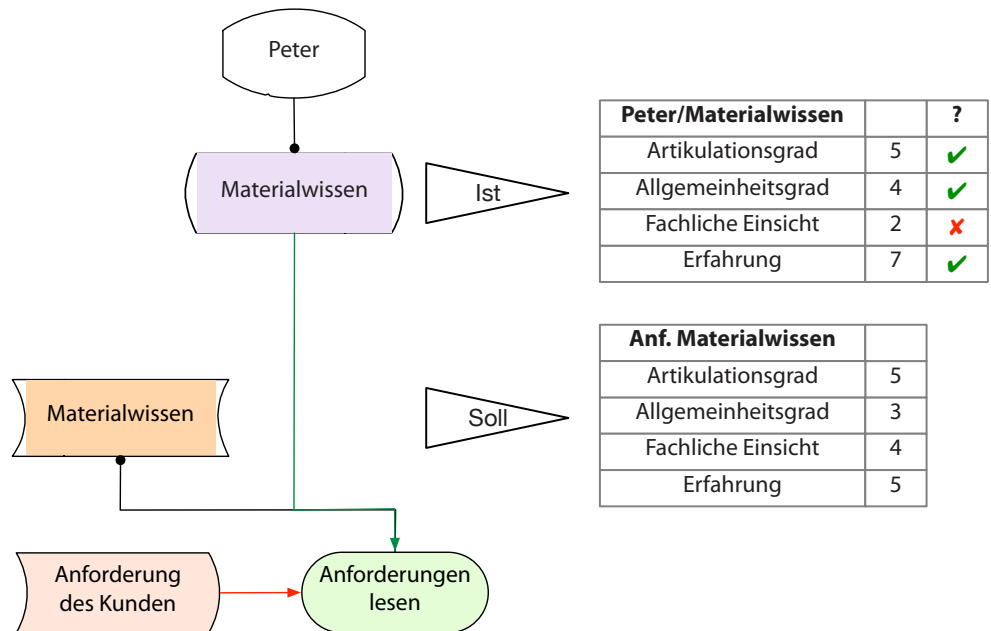
Das Objekt Maschinenwissen wurde eingefügt, um die stark gewachsenen Möglichkeiten technischer Entitäten, Daten auszuwerten und Zusammenhänge zu erkennen und dadurch z. B. Erfahrungen zu erlangen, ebenfalls in KMDL ausdrücken zu können. Wenn heute die Generierung, Verarbeitung und Nutzung von Wissen, z. B. im Produktionsbereich, untersucht werden, so muss gleichberechtigt neben das Wissen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter das Vermögen der Maschinen und anderer technischer Entitäten treten, Wissen zu erwerben und abzugeben. Wenn z. B. technische Entitäten über die Fähigkeit des Machine Learning [18, 19] verfügen, dann soll das genauso darstellbar und analysierter sein wie das Wissen einer Person.

Literatur

- [1] Teichmann, M. u. a.: Mobile IoT-Technologien in hybriden Lernfabriken. *Industrie 4.0 Management* 34 (2018) 3, S. 21-24.
- [2] Spötl, G.; Gorltd, C.; Windelband, L.; Grantz, T.; Richter, T.: *Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie*. München 2016.
- [3] Baum, G.; Borchering, H.; Broy, M.; Eigner, M.; Huber, A.; Kohler, H.; Russwurm, S.; Stümpfle, M.: *Industrie 4.0: Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM*. Wiesbaden 2013.
- [4] Gronau, N.: *Enzyklopaedie der Wirtschaftsinformatik - Industrie 4.0*. 2014. URL: www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/informationssysteme/Sektor-spezifische-Anwendungssysteme/cyber-physische-systeme/industrie-4.0, Abrufdatum 04.06.2020.
- [5] Bettenhausen, K.: *Erfolgsfaktoren Industrie 4.0: Qualifikation, Geschwindigkeit und Infrastruktur*. Baden-Baden 2014.
- [6] Hergesell, M.: *Mit Apps auf dem Milkrun*. In: WITTENSTEIN bastian (be)lebt Industrie 4.0, Wittenstein AG - Kundenmagazin move, Nr. 13 (2014), S. 12-17.
- [7] Davenport, T. H.; Prusak, L.: *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Boston 1998.

Konversionen beschreiben die Erzeugung, Anwendung und Verteilung von Wissen und die Erzeugung, Verteilung und Bewahrung von Informationen. Sie besitzen Input- und Outputobjekte, welche durch Informations- bzw. Wissensobjekte dargestellt sind.

Aktivitäten beschreiben wissensintensive Aufgaben. Aus der Aufgabe „Rezeptur erstellen“ können z. B. folgende Aktivitäten abgeleitet werden, in denen personenbezogenes oder Maschinenwissen zur Erledigung der Aufgabe genutzt werden: Rohstoffe bestellen, Rohstoffe prüfen, Testprodukt erstellen.



Die auf Wissen bezogenen **Anforderungen**, die an eine Konversion gestellt werden, um diese erfolgreich durchführen zu können, werden durch das Objekt „Anforderung“ erfasst. Anforderungen können durch das Wissen von Personen oder Teams abgedeckt werden. Eine Anforderung kann differenziert werden in fachliche, methodische, soziale und handlungsorientierte Aspekte.

Das Objekt **Person** repräsentiert eine real existierende Person oder im Falle eines Sollmodells eine ideale Person in einer Organisation, die Aufgaben in einem Geschäftsprozess durchführt und dabei eine oder mehrere Rollen einnimmt. Personen sind Wissensträger.

Ein Team repräsentiert eine Gruppe von Personen, die zusammen an einer wissensintensiven Aufgabe arbeiten. Teams sind ebenfalls Wissensträger. Das an ein Team modellierte Wissen (in Form von Wissensobjekten) repräsentiert das kollektive Wissen des Teams. Das kollektive Wissen eines Teams besteht aus der Gesamtheit des Wissens aller Individuen des Teams und zusätzlich aus dem Wissen, welches durch die Gruppe existiert, wie beispielsweise Verhaltensregeln oder Ansätze zur Problemlösung. Das Teamelement wird verwendet, wenn die Kriterien gut modelliert werden können und wenn die Gruppendynamik im Team nicht modelliert werden soll.

2. Nutzung für Industrie 4.0

KMDL in der Version 3 bringt zahlreiche neue Möglichkeiten, um den Anforderungen der 4. industriellen Revolution gerecht zu werden (Gronau 2020):

- Ableitung von Qualifizierungsbedarfen
- Maschinen können Wissen aufweisen
- Operationalisierung von Wissen

Ableitung von Qualifizierungsbedarf

Mittels eines KMDL-Modells der Aktivitätssicht kann z. B. der individuelle Weiterbildungsbedarf einer Person die eine Rolle ausfüllt, erkannt werden (Bild 3).

Durch die verbesserte Operationalisierung von Wissen kann der Umfang der notwendigen Qualifizierungsmaßnahmen eingeschätzt werden. Damit wird es möglich, die persönlichen Profile der Mitarbeiter mit notwendigen – und dann auch erfolgreich abzuschließenden – Personalentwicklungsmaßnahmen zu verbinden.

Der Ausschnitt in Bild 3 zeigt, dass zur Interpretation der Anforderung des Kunden (diese liegt als Information vor) Materialwissen erforderlich ist (die orangefarbene Anforderung). Um den Weiterbildungsbedarf nun ermitteln zu können, ist eine Operationalisierung der Wissensobjekte erforderlich, deren Konzept im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

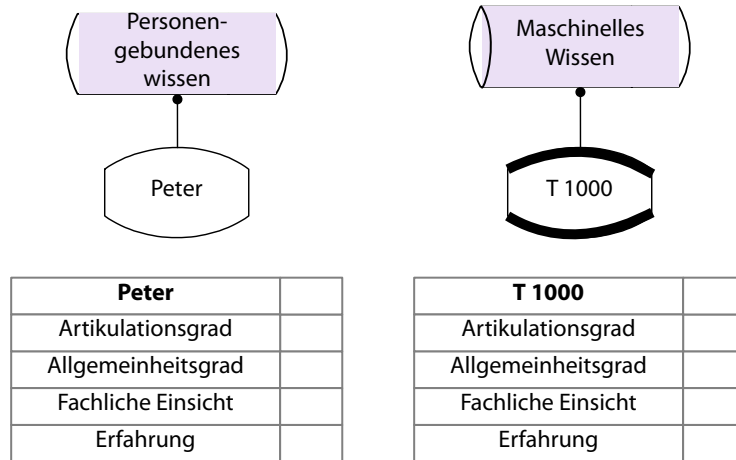
2.1 Operationalisierung von Wissen

Um Wissen operationalisieren zu können, wurden fünf Beurteilungskriterien für Wissen festgelegt [20], der Artikulationsgrad bzw. der Interpretationsgrad, der Allgemeinheitsgrad, der Grad an fachlicher Einsicht und der Grad an Erfahrung der Träger dieses Wissens. Artikulations- und Interpretationsgrad behandeln dabei die Konversion von Wissen aus der Sicht des

Bild 3: Erkennen des individuellen Weiterbildungsbedarfs.

[8] Gronau, N.: Wissen prozessorientiert managen. München 2009.
 [9] Polanyi, M.: The tacit dimension. Gloucester, USA 1966.
 [10] Nonaka, I.; Takeuchi, H.: The knowledge creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation. New York 1995.
 [11] Gronau, N.: Der Einfluss von Cyber-Physical Systems auf die Gestaltung von Produktionssystemen. In: Industrie Management 31 (2015) 3, S. 16-20.
 [12] Turing, A. M.: Computing machinery and intelligence. Mind 1950.
 [13] Gronau, N.: Handbuch Prozessorientiertes Wissensmanagement: Methoden und Praxis. Berlin 2014.
 [14] Renzl, B.: Zentrale Aspekte des Wissensbegriffs – Kernelemente der Organisation von Wissen. In: Wyssusek, B. (Hrsg.): Wissensmanagement komplex. Perspektiven und soziale Praxis. Berlin 2004.
 [15] Faber, S.: Entwicklung eines integrativen Referenzmodells für das Wissensmanagement in Unternehmen. Frankfurt am Main 2007.
 [16] Rehäuser, J.; Krcmar, H.: Wissensmanagement im Unternehmen. In: Schreyögg, G.; Conrad, P. (Hrsg.): Managementforschung 6: Wissensmanagement. Berlin 1996.

Bild 4: Gleichbehandlung von Personen- und maschinelles Wissen.



Ebenso kann der Interpretationsgrad anzeigen, wie umfangreich die in dem maschinellen Wissensträger vorhandenen analytischen und prognostischen Fähigkeiten ausgeprägt sind.

Der Allgemeinheitsgrad ermöglicht auch bei Maschinenwissen eine Einschätzung der Reichweite der dort abgebildeten Wissensdomäne.

Ebenso können zumindest die ersten Stufen der fachlichen Einsicht auch auf Maschinenwissen angewandt werden.

Allerdings erscheinen gegenwärtig Einstufungen größer als 6 noch unwahrscheinlich.

Die Erfahrung schließlich lässt sich bei Maschinenwissen zumindest auf der Basis des Zeitraums, für den auswertbare Daten vorliegen, einschätzen. Dadurch wird es möglich, in KMDL personengebundenes und Maschinenwissen innerhalb von Konversionen in gleicher Weise zu betrachten und deren Wirkung quantitativ zu beurteilen.

Für den Fall, dass in der grafischen Modellierung zwischen personengebundenem und Maschinenwissen differenziert werden soll, können Wissensträger und Wissensobjekt mit unterschiedlichen Symbolen (Bild 4) dargestellt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Industrie 4.0 und die Umbrüche der Digitalen Transformation stellen erhebliche neue Anforderungen an das Wissensmanagement und an die Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Cyber-Physischen Produktionssystemen und darüber hinaus.

Mit KMDL 3.0 liegt eine Modellierungssprache vor, mit deren Hilfe die Anforderungen von Industrie 4.0 an eine gesamthafte Darstellung der Generierung, Nutzung und Weitergabe von personengebundenem und Maschinenwissen erfüllt werden können. So können z. B. erforderliche Qualifikationsmerkmale erfasst und quantitativ bewertet werden. Dies stellt eine wesentliche Voraussetzung dar, um Qualifikationspläne personenindividuell erstellen zu können.

Schlüsselwörter:

KMDL, Qualifizierung, Modellierung von Geschäftsprozessen, Maschinenwissen

Senders (Artikulation) bzw. des Empfängers (Interpretation). In den Tabellen wird daher nur jeweils eines der Merkmale bewertet, je nachdem ob es sich um den Sender oder den Empfänger handelt. Für alle Quantifizierungskriterien stehen Tabellen zur Verfügung, die dem Modellierer eine Einschätzung erleichtern [20].

Personenwissen und maschinelles Wissen

Moderne im Fertigungsbereich eingesetzte Maschinen verfügen durchaus über einige Fähigkeiten zur Auswertung der von ihnen erzeugten Daten, die es sinnvoll erscheinen lassen, dies als Wissen zu bezeichnen. Dazu wurde in KMDL 3 ein Objekt eingefügt, das das Wissen einer Maschine mit den gleichen Operationalisierungsmöglichkeiten wie das Wissen eines Menschen ausstattet. So können auch die Wechselbeziehungen zwischen Maschinenwissen und personengebundenem Wissen analysiert werden und in Konzepte des betrieblichen Wissensmanagements aufgenommen werden.

Angesichts der zunehmenden Verbreitung Cyber-Physischer Systeme mit ihrem großen Datenspeicher und umfassenden analytischen und prognostischen Verarbeitungsfähigkeiten können diese Einstufungsmerkmale auch für das von Maschinen abrufbare Maschinenwissen, hier im folgenden maschinelles Wissen genannt, angewandt werden:

Der Artikulationsgrad beschreibt in diesem Fall, welches Erklärungsvermögen das Cyber-Physische System aufweist, um seine Entscheidungsvorschläge zu erläutern. Dieses Erklärungsvermögen kann z. B. bei bestimmten KI-Techniken wie Neuronalen Netzen sehr gering ausgeprägt sein, bei anderen (z. B. regelbasierte Systeme) sehr groß.

[17] Gronau, N.; Fröming, J.: KMDL – Eine semiformale Beschreibungssprache zur Modellierung von Wissenskonversionen. *Wirtschaftsinformatik* 48 (2006) 5, S. 349-360.
 [18] Windt, K.; Knollmann, M.; Meyer, M.: Anwendung von Data Mining Methoden zur Wissensgenerierung in der Logistik - Kritische Reflexion der Analysefähigkeit zur Termintreueverbesserung. In: Spath, D. (Hrsg.): *Wissensarbeit - Zwischen strengen Prozessen und kreativem Spielraum*. Berlin 2011.
 [19] Freitag, M.; Kück, M.; Ait Alla, A.; Lütjen, M.: Potenziale von Data Science in Produktion und Logistik. Teil 1 – Eine Einführung in aktuelle Ansätze der Data Science. In: *Industrie Management* 5 (2015), S. 22-26.
 [20] Gronau, N.: *Knowledge Modeling and Description Language 3.0. Eine Einführung*. Berlin 2020.