

Industrie 4.0: Wissenstransfer von der Forschung in die Praxis

Michael Riedl¹, Daniel García¹, Erwin Rauch², Dominik Matt^{1,2}

¹ Fraunhofer Italia Research s.c.a.r.l, Innovation Engineering Center (IEC), Bolzano

² Fakultät für Naturwissenschaft und Technik, Freie Universität Bozen-Bolzano

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Methodik eines effizienten Wissenstransfers im Kontext cyber-physischer Produktionssysteme von der Forschung in die industrielle Praxis vorgestellt. Die Methodik dient vor allem der Sensibilisierung kleiner und mittlerer Unternehmen auf die möglichen Potentiale der sogenannten Industrie 4.0. Die ersten Ergebnisse aus einer Fallstudie aus dem Norditalienischen Raum weisen darauf hin, dass durch die Verwendung komplementärer Kanäle des informellen Wissenstransfers im Rahmen von Seminarveranstaltungen und kollaborativen on-site Trainingsmethoden Teilnehmer aus der Industrie innerhalb kurzer Zeit in der Lage sind geeignete Projektansätze für den Einsatz cyber-physischer Produktionssysteme für die Anwendung im eigenen Unternehmen zu konzeptionieren.

1 Industrie 4.0 in der Praxis angewandter Forschung

1.1 Individuelle Adaption: Industrie 4.0 als Kompetenz

Industrie 4.0 bzw. die flächendeckende IT-Integration in der Produktion wird als das zentrale Thema für die intelligente Fabrik der Zukunft angesehen (Bauer et al., 2014). Die theoretischen Ansätze und notwendigen Technologien sind heute weitestgehend verfügbar; der Wettbewerb wird sich über die Integration in die industrielle Praxis, die Entwicklung wirtschaftlicher Anwendungen sowie die Definition neuer Geschäftsmodelle vollziehen (Gausemeier, 2015). Die Praxis, einer Vielzahl von Fraunhofer Italia durchgeführten industriellen Forschungsprojekte, zeigt dabei: Produktivitätspotenziale werden sich nicht durch den reinen Zukauf von Technologien realisieren lassen, sondern erfordern häufig eine individuelle Adaption an die spezifischen Randbedingungen im Unternehmen. Die Erfahrung zeigt weiterhin, dass für eine effiziente Adaption und Integration cyber-physischer Produktionssysteme in die industrielle Praxis ein breit gefächertes ingenieurwissenschaftlicher Wissenshintergrund notwendig ist. Dies liegt einerseits an den komplexen inhaltlichen Wechselwirkungen, die eine Implementierung cyber-physischer Produktionssysteme mit sich bringt, andererseits aber auch am hohen Spezialisierungsgrad der Unternehmen insbesondere in Bezug auf Anwender aus dem Bereich kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU).

Um Ansätze aus dem Internet der Dinge, mobiler Robotik oder des mobilen Internets in Form von kurz- und mittelfristig wirtschaftlich sinnvollen Lösungen in die Fertigungshallen zu übertragen, sind sowohl Kenntnisse aus dem Bereich Produktionstechnologien, Mechatronik als auch ein ausgeprägtes IKT-Verständnis notwendige Voraussetzung. Industrie 4.0 muss in diesem Zusammenhang weniger als Produkt sondern vielmehr als Kompetenz verstanden werden. Darauf aufbauend stellt sich natürlich die Frage wie diese Kompetenzen in die Praxis vermittelt werden können. Im Kern geht es darum Konzepte einer informationstechnisch vernetzten Produktion zu verstehen und auf die eigene Aufgabenstellung anwenden zu können. Um kleinen und mittleren Unternehmen im Rahmen angewandter Forschung dieses Potenzial zugänglich zu machen, werden geeignete Ansätze für einen Wissenstransfer von der angewandten Forschung in die Praxis benötigt. Fraunhofer Italia hat in Zusammenarbeit mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie ein Konzept für diesen Wissenstransfer entwickelt. Der anwendungsorientierte Wissenstransfer kombiniert dabei die Theorievermittlung zu Basistechnologien und Hintergründen in Form von Seminarveranstaltungen mit praktischen Anwendungsbeispielen und Workshops zur Entwicklung von konkreten Umsetzungskonzepten für die teilnehmenden Unternehmen vor Ort. Im Gegensatz zur Wissensvermittlung in abstrakten Modellfabriken oder auf Forschungsprojekte ausgerichteten Laboren hat der entwickelte Ansatz einen deutlich stärkeren Bezug zur tatsächlichen Realität der teilnehmenden Unternehmen. Kernbestandteil der Wissensvermittlung ist ein Konzept zu Vor-Ort Workshops direkt in der Produktion der Teilnehmer, bei dem die Produktionsprozesse des Unternehmens und deren Optimierung im Zentrum stehen. Der Beitrag beschreibt die zugrunde liegende Methodik des Wissenstransfers und zeigt anhand einer Case Study mit 40 Teilnehmern aus Norditalien auf, wie sich mit vergleichsweise geringem Aufwand Ansätze zu cyber-physischen Produktionssystemen (CPPS) in die Praxis auch kleinerer und mittlerer Unternehmen integrieren lassen.

2 Wissenstransfer: Industrie 4.0 als Kompetenz

2.1 Wissensvermittlung im industriellen Kontext

Wissen unterscheidet sich von reiner Informationen durch den Hintergrund bzw. Kontext und die individuelle Erfahrung seines Vermittlers oder Empfängers. Wissen kann daher unterschiedlich verstanden und interpretiert werden (Nonaka & Takeuchi, 1995). Aus der Verbindung von auf Technologien und die Unternehmensorganisation orientierter Ansätze wurden in der Vergangenheit unterschiedliche konzeptuelle Modelle für einen ganzheitlichen Wissenstransfer aufgestellt und stetig weiterentwickelt (Grimpe & Hussinger, 2008). Diese können gleichzeitig als Paradigma lernender Organisationen gesehen werden, d.h. Unternehmen, die durch ihre interne Struktur in der Lage sind rezeptiv auf neue Trends zu reagieren und proaktiv den Lernprozess ihrer Mitarbeiter unterstützen.

Diese Unternehmen sind in der Lage sich ständig weiterzuentwickeln und zu verändern sowie auf interne und externe Effekte zu dynamisch zu reagieren und bestehen folglich erfolgreich im Wettbewerb.

Abbildung zeigt eine vereinfachte Version des in der Literatur häufig zitierten 5-Stufen Modells des Wissenstransfers in Unternehmen (nach Gilbert & Cordey-Hayes, 1996). Es zeigt den Prozess bzw. die aufeinanderfolgenden Schritte für einen konsequenten Wissenstransfer, der zur erfolgreichen technologischen Innovation führt.

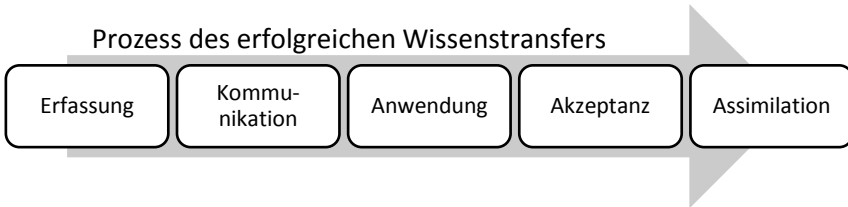


Abbildung 1: vereinfachte Version des in der Literatur häufig zitierten 5-Stufen Modells des Wissenstransfers in Unternehmen (nach Gilbert & Cordey-Hayes, 1996).

Der erste Schritt entspricht dabei der grundsätzlichen Erfassung des Wissens im Sinne einer Wissensakquise. Als grundlegende Basis des Wissenstransfers kann darunter beispielsweise auch die Identifizierung wesentlicher Trends oder die Identifikation potentiell nützlicher Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung verstanden werden. Darauf aufbauend erfolgt die Kommunikation des Wissens in verbaler oder schriftlicher Form. Im Wesentlichen dient dieser Schritt einer ersten Verbreitung des Wissens im Unternehmen. Damit das erfasste und kommunizierte Wissen im Folgenden erhalten bleibt ist die konkrete Anwendung im Unternehmen unerlässlich. Die Ergebnisse, die aus der Anwendung des Wissens resultieren, ermöglichen es dem Unternehmen zu lernen und sich somit neue Kompetenzen aufzubauen. Dies führt im Falle der erfolgreichen Anwendung zu einer Akzeptanz des Wissens bzw. der neuen Kenntnisse im Unternehmen. Dieser essentielle Schritt stellt sicher, dass das neue Wissen mit der Grundausrichtung des Unternehmens kompatibel ist und findet sehr häufig auf individueller Ebene statt. Der Schlüssel eines erfolgreichen Wissenstransfers liegt schließlich in der Assimilation des Wissens, d.h. die durch angewandtes Wissen entstehenden Ergebnisse und Resultate werden fest ins Unternehmen integriert. Dieser Schritt ist entscheidend um das Wissen in den zentralen Unternehmensprozessen langfristig zu verankern und unterscheidet sich damit wesentlich von der häufig nur Projekt basierten ersten Anwendung von Wissen.

Insbesondere implizites Expertenwissen ist erst dann erfolgreich transferiert, wenn der Empfänger in der Lage ist unabhängig von der Quelle mit diesem Wissen zu arbeiten, d.h. das Wissen ist so weit ins Unternehmen und seine Prozesse integriert, dass eine eigenständige Problemlösung möglich ist. Eine Unterstützung können Wissensvermittler hier durch on-site Trainingsmethoden und eine proaktive Unterstützung bei der ersten Wissensanwendung liefern (Szulanski, 2000), beispielsweise durch coaching mit dem Ziel die Wissensverbreitung zu unterstützen, direkt korrigierend einzugreifen und unmittelbar Rückmeldung zu geben.

Grundsätzlich sind für den genannten Prozess des Wissenstransfers von der Forschung in die Industrie unterschiedliche Kanäle möglich. Diese lassen sich hinsichtlich ihrer relativen Wichtigkeit unterscheiden (Bekkers & Freitas, 2008). Die Autoren belegen in ihrer experimentellen Untersuchung, dass die unterschiedliche Gewichtung von Kanälen des Wissenstransfers von folgenden Faktoren abhängig ist:

- (1) Grundcharakteristika des spezifischen Wissens (wie z.B. implizites/explizites Wissen, systemisches Wissen oder erwarteter Durchbruch)
- (2) Fachspezifischer Hintergrund des Wissens
- (3) Individuelle und organisatorische Charakteristika von denen am Prozess des Wissenstransfers Beteiligten (Erfahrung, Veröffentlichungen und Patente, Unternehmertätigkeit und Forschungsumgebung)¹

Insbesondere scheint die Wichtigkeit unabhängig vom industriellen Sektor zu sein, in den das Wissen übertragen wird. Tabelle zeigt eine Übersicht zu Kanälen des Wissenstransfers eingeteilt in übergeordnete Gruppen, sowie deren typische Charakteristika (nach Bekkers & Freitas, 2008).

Tabelle 1: Kanäle des Wissenstransfers eingeteilt in übergeordnete Gruppen, sowie deren typische Charakteristika (nach Bekkers & Freitas, 2008).

Übergeordnete Gruppen des Wissenstransfers	Charakteristika
Wissenschaftliche Veröffentlichungen, Konferenzen und Workshops	wichtig vor allem, wenn sich das Wissen gut verschriftlichen lässt und viele Wechselbeziehungen aufweist, insbesondere für den Bereich IT
Austausch von Arbeitskräften	wichtig vor allem, wenn Durchbrüche zu erwarten sind und sich das Wissen schwer verschriftlichen oder veröffentlichen lässt.

¹ nach Bekkers & Freitas sind die Unterschiede hinsichtlich der relativen Wichtigkeit der Kanäle des Wissenstransfers zu einem geringeren Grad von diesem Faktor abhängig (im Vergleich zu den beiden erstgenannten Faktoren der Aufzählung).

Verbund- und Auftragsforschung	<ul style="list-style-type: none"> • Verbundprojekte im Bereich F&E (z.B. im Kontext der EU Förderprogramme), • Auftragsforschung, • Finanzierung von Ph.D. Projekten, • Beratungsdienstleistung durch Hochschulpersonal 	wichtig vor allem um publiziertes Wissen als auch systemisches Wissen und Wissen mit vielen Wechselbeziehungen zu übertragen, insbesondere bei großen Unternehmen und Universitäten sowie in Bezug auf den IT Bereich.
Kontakt über Alumni oder Berufsverbände	<ul style="list-style-type: none"> • Persönlicher Kontakt durch Mitgliedschaft in Berufsverbänden, • Persönlicher Kontakt über Alumni Organisationen 	wichtig vor allem für Grundlagenforschung und den Bereich Wirtschaftswissenschaften und Geschäftsmodelle, sowie Elektrotechnik.
Organisation spezifischer Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> • vertragliche in-business Weiterbildung und Trainingsmaßnahmen • Spin-offs der Universität, • Spezifische Aktivitäten durch universitäre Technologietransferstelle • Gemeinsam genutzte Einrichtungen (z.B. Labors, Ausrüstung, Büros) 	weniger wichtig für den Wissenstransfer im Bereich Maschinenbau. wichtig vor allem um systemisches Wissen und Wissen mit vielen Wechselbeziehungen zu übertragen.
Patente und Lizenzierung	<ul style="list-style-type: none"> • Patente (Patentamt oder Patentdatenbanken), • Lizenzierung von Patenten der Universität oder 'know-how' Lizenzen 	Wichtig bei einer hohen Anzahl veröffentlichter Patente und bei Wissen mit vielen Wechselbeziehungen.

Die Autoren der zitierten Studie stellen weiterhin fest, dass sich Verbund- und Auftragsforschung insbesondere im Bereich IT gut eignet um Wissen zu transferieren, das sich durch viele Wechselbeziehungen auszeichnet. Nichtsdestotrotz eignet sich offenbar jeder der unterschiedlichen Kanäle des Wissenstransfers für einen spezifischen Kontext. Formeller Technologietransfer, etwa über Verbund- und Auftragsforschung, und informeller Technologietransfer, etwa durch Workshops oder Austausch von Arbeitskräften, beeinflussen sich wechselseitig und sind komplementär zueinander, indem beispielsweise informelle Kontakte die Qualität eines formellen Technologietransfers unterstützen (Grimpe & Hussinger, 2008).

Als Schlüsselfaktoren für einen erfolgreichen Wissenstransfer finden sich in der Literatur neben den kennzeichnenden Eigenschaften des Wissens selbst (Argote und Ingram, 2000; Chen, 2004) insbesondere Faktoren wie das Vertrauen zwischen den beiden Partnern (Szulanski, 2000; Szulanski et al., 2004) die organisatorischen Strukturen des Wissensaustauschs (Szulanski, 1996), die Motivation (Bock & Kim, 2002; Kuo & Shih, 2014) und das Engagement der Partner (Amesse & Cohendet, 2001). Für einen erfolgreichen Wissenstransfer werden zusätzlich sowohl geeignete Fähigkeiten zur Wissensaufnahme auf Seiten des empfangenden Partners als auch zur Wissensweitergabe auf der anderen Seite benötigt (Martin & Salomon, 2003; Schulze et al., 2014).

Dabei gelten on-site Trainings als geeignete Maßnahmen zum Verständnis wichtiger Kontextinformationen insbesondere bei Wissen mit Wechselbeziehungen (Carlile & Rebentisch, 2003). Auch die Dekontextualisierung von Wissen (Cummings & Teng, 2003) sowie die Unterstützung bei der Anwendung des Wissens (Schulze et al., 2014), insbesondere direkt Vorort (Szulanski, 2000) unterstützen einen erfolgreichen Wissenstransfer in die Industrie. Implizites Expertenwissen basiert häufig auf langjähriger Erfahrung, dies stellt gleichzeitig die wesentliche Basis dar, die in einem Wissenstransfer weitergegeben werden kann. Gleichzeitig ist aber auch die Fähigkeit des wissensvermittelnden Partners von wesentlicher Bedeutung die Signifikanz des entsprechenden Wissens für den spezifischen Anwendungsbereich zu erkennen (Szulanski et al., 2004). Je mehr Verständnis dabei für den Anwendungsbereich vorhanden ist, desto effizienter lässt sich Wissen vermitteln, beispielsweise durch den Einsatz geeigneter Analogien, gut verständlicher Beispiele sowie passende Metaphern (Hashweh, 2005).

Insbesondere beim Wissenstransfer zwischen Unternehmen geht es darum den Bereich des Wissens zu identifizieren, der für den anderen Partner hilfreich ist, gleichzeitig aber den Kompromiss zu finden den eigenen Vorteil bezüglich Spezialisierung am Markt und im Wettbewerb nicht aufgeben zu müssen. Diese Aufgabe übernimmt in der Regel der wissensvermittelnde Partner. Seiner Fähigkeit hier die richtige Balance zu finden obliegt ein wesentlicher Anteil des erfolgreichen Wissenstransfers zwischen Unternehmen (Schulze et al., 2014). Dazu kann die Zusammenarbeit sehr heterogener Partner sehr hilfreich sein, z.B. hinsichtlich Kernkompetenzen oder Branche. Je besser der wissensvermittelnde Partner dabei die Motivation und Fähigkeiten zur Wissensaufnahme des anderen Partners versteht, desto besser kann er adäquate Kanäle und Werkzeuge für einen effizienten Wissenstransfer auswählen (Martin & Salomon, 2003). Wichtig ist dabei das Wissen vom ursprünglichen Themenbereich zunächst zu entkoppeln und zu abstrahieren und gleichzeitig in ausreichend Hintergrundinformationen einzubetten, damit eine erfolgreiche Anwendung im neuen Themenfeld möglich wird. Carlile & Rebentisch (2003) merken hierzu an, dass insbesondere der Prozess der Wissensaneignung beim wissensvermittelnden Partner in vielen Situationen von entscheidender Bedeutung sein kann. Gleichzeitig werden im spezifischen Wissenskontext häufig Fachtermina und ganz spezifische Abkürzungen verwendet. Daraus entstehende Missverständnisse müssen für einen erfolgreichen Wissenstransfer unbedingt vermieden werden. Es muss eine gemeinsame Sprache, ein gemeinsames Verständnis bei allen Partnern des Wissenstransfers geschaffen werden (Schulze et al., 2014). Schulze et al. (2014)

betonen insbesondere den möglichen kollaborativen Charakter eines Wissenstransfers, d.h. auch für den wissensvermittelnden Partner ergeben sich Effekte von denen er profitieren kann, z.B. durch einen vertiefenden Einblick in ein neues Anwendungsfeld des Wissens.

2.2 Methodischer Ansatz für einen praxisnahen Wissenstransfer

Um einen methodischen Ansatz für einen praxisnahen Wissenstransfer für das Thema Industrie 4.0 zu entwickeln, stellt sich aufbauend auf den obigen allgemeinen wissenschaftlichen Grundlagen die Frage, was in diesem Zusammenhang die zu berücksichtigenden Spezifika der in Frage kommenden Wissensinhalte sind. Was zeichnet also I4.0 Wissen aus?

Da es sich um eine Verschmelzung von Informationstechnologien mit Produktionstechnologien handelt, wird schnell klar, dass unterschiedliche ingenieurwissenschaftliche Fachgebiete tangiert werden. Der interdisziplinäre Charakter dieses Themengebiets erstreckt sich folglich neben klassischem Maschinenbau und Produktionstechnik auch auf Bereiche wie Mechatronik, Elektrotechnik und Informationstechnik. Die praxisrelevanten Potenziale hinter dem Gedanken cyber-physischer Produktionssysteme können folglich am effektivsten in einem themenübergreifenden Ansatz realisiert werden. Es lässt sich daher auch leicht nachvollziehen, dass es sich hierbei um Wissen mit komplexen Wechselwirkungen bezüglich der beteiligten Fachdisziplinen handelt. Wie einleitend beschrieben liegt der Fokus der vorliegenden Studie insbesondere auf dem Wissenstransfer zu kleinen und mittleren Unternehmen. Aus deren spezifischem Kontext leiten sich weitere Randbedingungen ab. Wegen der im Vergleich zu Großunternehmen deutlich reduzierten Ressourcen bezüglich Forschungsbudget und –personal ist es beispielsweise für KMU besonders wichtig einen möglichst hohen Praxisbezug des Wissens und dessen Anwendung sicherzustellen (Matt et. al., 2016). Nur so lässt sich eine kurz- bis mittelfristige Rentabilität der Investitionen in neue Technologien und des zugehörigen Wissens realisieren. Dies resultiert gleichzeitig in einem hohen spezifischen Anpassungsbedarf von Lösungen bzw. angewandtem Wissen. Dieser erhöhte spezifische Anpassungsbedarf kann zusätzlich durch den für KMU typischerweise hohen fachlichen Spezialisierungsgrad begründet werden. KMU im Hightech Sektor bewegen sich häufig in Marktnischen, die eine derartige Spezialisierung erfordern.

Methoden des informellen Wissenstransfers durch Seminare, Konferenzen oder Workshops geben Unternehmen die Möglichkeit nach relevantem technologischem Expertenwissen zu suchen ohne dabei substantielle personelle oder finanzielle Ressourcen einzusetzen. Diese Methoden bzw. Wissenskanäle zeichnen sich durch einen engen und direkten Kontakt zwischen wissensvermittelnden Partnern und wissensempfangenden Partnern aus. Durch informellen Wissensaustausch bekommen KMU dabei auch Kontakt zu implizitem Expertenwissen, dass beispielsweise für die Integration wissenschaftlicher Erkenntnisse in die eigenen F&E Prozesse von wesentlicher Bedeutung sein kann. Das Konzept eines effizienten Wissenstransfer für die steigende IT-Integration in die Wertschöpfungsprozesse der Produktion und das damit eng verknüpfte Zukunftsthema »Industrie 4.0« muss einerseits den technologischen Treibern dieser Entwicklung Rechnung tragen und andererseits die

Brücke zu der bestehenden Ausgangssituation der beteiligten Unternehmen bilden. Dazu sollen die Unternehmen aufbauend auf einer Identifikation des individuellen Gestaltungsbedarfs bis in eine erste prototypische Pilotanwendung des transferierten Wissens bzw. deren Konzeption von wissenschaftlicher Seite begleitet werden.

Analog zum Schritt der Wissenserfassung (vgl. Abbildung) wird dabei der Themenbereich »Industrie 4.0« für die teilnehmenden Unternehmen übersichtlich dargestellt. Auf der Grundlage der Möglichkeiten sollen anschließend gemeinsam mit den Unternehmen Ansatzpunkte und erste Projektideen entwickelt werden. Dazu wird folgende Zielsetzung angestrebt:

- (1) Information und Aufklärung über Hintergrund, Technologien, Potenziale und Anwendungsbereiche des Themas »Industrie 4.0« in Form von Impuls-Vorträgen zu Schwerpunktbereichen
- (2) Ableitung von Handlungsfeldern und -schwerpunkten für die teilnehmenden Industriepartner

Die Umsetzung dieser Zielstellung erfolgt in einem dreistufigen Konzept für den Wissenstransfer (vgl. Abbildung):

In 3 Schritten von der Theorie zur praktischen Anwendung

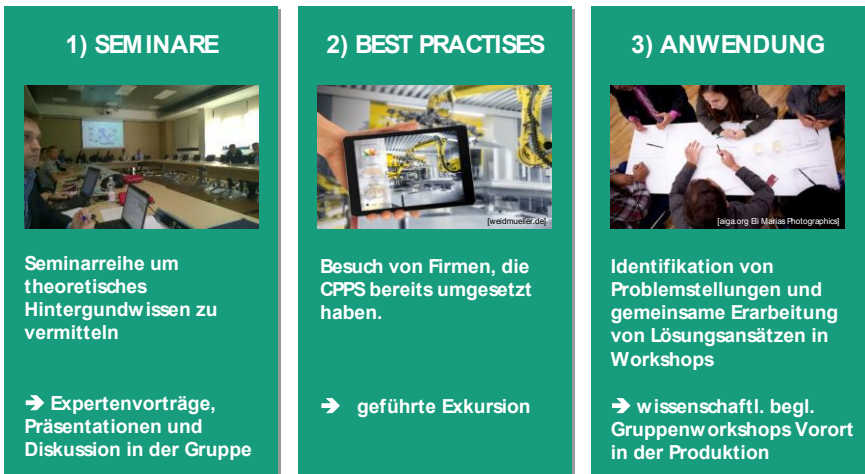


Abbildung 2: Methodischer Ansatz für einen dreistufigen Wissenstransfer von Forschung in die Industrie

In der ersten Stufe werden die Schwerpunkte des Themas »Industrie 4.0« vorgestellt und auf die individuelle Ausgangssituation der Unternehmen übertragen. Dazu werden verschiedene einleitende Veranstaltungen zu Kernaspekten des Themas im Rahmen von Seminaren abgehalten. Exemplarisch kann dazu folgende Aufteilung angewandt werden bzw. als Basis für eine teilnehmerspezifische Anpassung dienen: (i) Auftaktveranstaltung: Einführung in das Themengebiet Industrie 4.0 – Hintergrund, Ziele und Erwartungen, (ii) Industrie 4.0 – Grundkonzepte und Basistechnologien, (iii) Industrie 4.0 – Anwendungsfälle und Umsetzung, (iv) Industrie 4.0 – Smart Factory und Rolle des Menschen.

Jede der Veranstaltungen findet in Form einer Halbtagsveranstaltung statt und startet mit einem Impulsvortrag zum jeweiligen Thema, der von Experten aus Wissenschaft und Forschung zum jeweiligen Thema gehalten wird. Daran schließt sich jeweils eine Diskussion und ein moderiertes Arbeitsgespräch zu den Implikationen für die teilnehmenden Unternehmen an.

In einem zweiten Schritt erfolgt der Blick in die Praxis. In geführten Exkursionen werden erfolgreiche Umsetzungsanwendungen in der Praxis besichtigt. Dies erfolgt bei Unternehmen, die verschiedenen Aspekte cyber-physischer Produktionssysteme bereits einsetzen, beispielsweise in Pilotlinien. Die Exkursionen werden von wissenschaftlicher Seite begleitet, um die Verbindung zu den vorherigen theoretischen Ausführungen sicherzustellen. Parallel erfolgt die Begleitung auch direkt durch die Unternehmen, somit bekommen die Teilnehmer eine direkte Rückmeldung aus der Praxis, welche Herausforderungen bei einer ersten Anwendung aus industrieller Sicht zu berücksichtigen sind.

In einer dritten Phase folgt eine Reihe sequentieller oder paralleler Veranstaltungen in Form von Arbeitsgruppen und Workshops zur Vertiefung, Kommunikation und ersten Anwendung des Wissens mit dem Ziel der ersten gemeinsamen Konzeption von konkreten Industrie 4.0-Anwendungsfällen in den Unternehmen. Neben einer anwendungsspezifischen Aufteilung, beispielsweise Anwendungen im Bereich Fertigung, Montage oder Logistik kann je nach Zusammensetzung der Teilnehmergruppe auch eine Aufteilung hinsichtlich Anbietern und Anwendern von Industrie 4.0 Technologien erfolgen. Für die jeweiligen Gruppen findet die Ausarbeitung der Anwendungsfälle in Form von je mehreren halbtägigen Arbeitstreffen statt. Diese werden jeweils mit Schwerpunktthemen für die beteiligten Unternehmen anhand bestehender Lösungen eingeleitet. Gegebenenfalls werden externe Fachexperten hinzugezogen. Anhand einer konkreten Problemstellung und der Unternehmensschwerpunkte werden Handlungsfelder für die einzelnen Teilnehmer definiert und erste gemeinsame Projektideen gesammelt und konzeptionell ausgearbeitet.

Die Erarbeitung der Konzepte erfolgt dabei in Form kleiner Arbeitsgruppen mit etwa 4-6 Teilnehmern. Die wissenschaftliche Begleitung gibt dabei thematische und inhaltliche Anregung anhand von Analogien oder beispielhaften „use cases“. Die Ausarbeitung erfolgt anhand eines vorgegeben Formblattes, um einen ähnlichen Detailgrad aller Konzeptideen sicherzustellen. Für jede Projektidee muss neben der zu lösenden Problemstellung, der konzeptionelle Ansatz, dessen Einbettung in die vorhandenen Prozesse und der daraus zu

erwartende entstehende Vorteil ausdetailliert werden. Neben den einzusetzenden generellen Prinzipien aus dem Themenbereich Industrie 4.0 sollen sich die Arbeitsgruppen auch Gedanken über die einzusetzenden Technologien machen. Die erarbeiteten Ergebnisse werden im Anschluss den übrigen Arbeitsgruppen vorgestellt. Neben der direkten Rückmeldung der begleitenden Experten und anderen Teilnehmer werden die Projektideen mittels einer standardisierten Bewertungsmethodik hinsichtlich verschiedener Kategorien bewertet. Diese Bewertung umfasst beispielsweise eine erste grobe Abschätzung hinsichtlich Nutzen, Aufwand, Readiness des Use Case und Readiness des Unternehmens. Somit liegen nach Abschluss der Workshops bereits vorevaluierte Anwendungsansätze für konkrete Problemstellungen der beteiligten Unternehmen vor.

3 Ergebnisse einer Fallstudie:

3.1 Teilnehmer der Fallstudie

Die im vorherigen Abschnitt beschriebene Methodik wurde in Zusammenarbeit mit mehreren Unternehmen aus Norditalien, des Unternehmensverbands Bergamo und der wissenschaftlichen Begleitung durch Fraunhofer Italia, unterstützt durch das Fraunhofer IAO, im Rahmen einer sechsmonatigen Veranstaltungsreihe durchgeführt. Insgesamt haben an der Veranstaltung 40 Teilnehmer aus der Industrie teilgenommen, die wissenschaftliche Betreuung erfolgte durch ein interdisziplinäres Team wissenschaftlicher Mitarbeiter der beteiligten Fraunhofer Institute. Die beteiligten Firmen wiesen dabei einen sehr heterogenen Branchenhintergrund auf.

Tabelle 2: Eckdaten der durchgeführten Fallstudie

Eckdaten der Fallstudie	
Anzahl Teilnehmer	40 Teilnehmer mit mehrheitlich ingenieurwissenschaftlichem Hintergrund und mehrjähriger Industrieerfahrung
Branchen	Automatisierungstechnik Zulieferindustrie Automobil Batterietechnologie Domotik und Gebäudeautomation Herstellung Industriegase Metallverarbeitung Versorgungsunternehmen im Bereich Energie und Telekommunikation Messsysteme Agrochemie Medizintechnik Produzierendes Gewerbe
Größe und Umsatz der Unternehmen	KMU mit 50-250 Mitarbeitern, sowie Umsatzerlösen zwischen 5 und 50 Mio. €

Die Seminarreihe wurde in 4 Terminen zu den im vorangehenden Kapitel aufgezeigten Themenschwerpunkten durchgeführt. Die begleitete Exkursion wurde bei verschiedenen Hightech-Unternehmen im süddeutschen Raum durchgeführt. Die Workshops fanden in zwei parallelen Gruppen jeweils zu den Themenstellungen Montage, Fertigungstechnik und Logistik, sowie Intelligente Produkte statt.

3.2 Ergebnisse der Fallstudie

An dieser Stelle werden zusammenfassend die wesentlichen Resultate der Arbeitsgruppen dargestellt, da diese als wichtigster Bestandteil und Ergebnis des vorgesehenen Wissenstransfers betrachtet werden können. Die Arbeitsschritte waren dabei: (1) Sammlung und Clusterung CPPS-spezifischer Inhalte aus der Produktion der Teilnehmer, (2) Entwicklung von Anwendungsbeispielen auf Basis des beschriebenen Formblattes in der Gruppe, (3) Diskussion, Expertenmeinung und kurz Assessment der Konzeptideen. Die von den Teilnehmern eingebrachten und bearbeiteten Themen erstreckten sich dabei auf unterschiedliche Ebenen im Unternehmen von der Supply Chain auf Betriebsebene über Planungs- und Monitoring-Aufgaben auf Prozessebene bis zu einzelnen Produktionsmodulen bzw. Arbeitsplätzen. Folgende Aufstellung gibt einen Überblick der behandelten use cases:

- Prozess Monitoring und Fernwartung
- Trouble Shooting und intelligente Wartung
- Transparentes Auftragsmanagement und Priorisierung von Aufträgen
- Selbstdiagnose und Selbstoptimierung in Produktionsprozessen
- Virtual Production Paper: dynamische Arbeitsanweisungen
- Smart Workstation: Assistenz in Montage- und Logistikprozessen

An dieser Stelle werden exemplarisch einige der in den Arbeitsgruppen bearbeiteten Projektideen kurz vorgestellt (vgl. Tabelle). Diese Übersicht gibt einen Überblick über die thematische Breite und die ersten Schritte der Anwendung des erworbenen Wissens bei den Teilnehmern.

Tabelle 3: exemplarischer Auszug bearbeiteter Projektideen aus den Workshops der durchgeführten Fallstudie, inkl. zusammenfassender qualitativer Bewertung mittels Kurz-Assessment

Auswahl bearbeiteter Projektideen der Fallstudie (qualitative Bewertung in Kurz-Assessments)	
»Digitalization on the Shopfloor« - Assistenz-funktionalitäten für Mitarbeiter während Montageprozessen Idee: Smart Workstations zu Qualitätssteigerung in der Montage	Aufwand: <i>mittel-hoch</i> Nutzen: <i>hoch</i> Readiness (ges.): <i>mittelfristig</i>
»Relevant and mobile Information« - Lean, Industry 4.0 und Problem-Management Idee: relevante Informationen und Arbeitsanweisungen dynamisch auf mobilen Geräten	Aufwand: <i>gering</i> Nutzen: <i>hoch</i> Readiness (ges.): <i>kurzfristig</i>
»From Rocket Science to Shopfloor Reality« - Lean, Industry 4.0 und Priorisierung im Auftragsmanagement Idee: elektronische Kennzeichnung (tags) in internen Prozessen (analog Supermarkt)	Aufwand: <i>gering</i> Nutzen: <i>mittel-hoch</i> Readiness (ges.): <i>kurzfristig</i>
»Communication and Information Management in Industrie 4.0« - Lean, Industry 4.0 und ganzheitliches Informationsmanagement Idee: Intelligente Sensoren („smart sensorics“) und Informationen in Echtzeit	Aufwand: <i>mittel</i> Nutzen: <i>mittel-hoch</i> Readiness (ges.): <i>mittelfristig</i>
»Intelligent Products to stay competitive« - Innovative Produkte durch Einbindung von Internet-of-Things Ansätzen und zus. Dienstleistungen Idee: Unterstützung des Life Cycle Managements durch vernetzte Produkte	Aufwand: <i>mittel</i> Nutzen: <i>mittel-hoch</i> Readiness (ges.): <i>mittelfristig</i>
»Improve Machine & Process Control with better data & connection« - Optimierung der Prozesssteuerung Idee: effizientes Reagieren auf Probleme durch digitale Nachverfolgbarkeit	Aufwand: <i>mittel-hoch</i> Nutzen: <i>hoch</i> Readiness (ges.): <i>mittelfristig</i>

In einer abschließenden Feedbackrunde wurden von den Teilnehmern sowohl die Vorgehensweise des Wissenstransfers als auch die Ergebnisse als überwiegend positiv bewertet. Folgende Auswahl einzelner Kommentare der Teilnehmer gibt hierzu einen Eindruck:

„Besonders hilfreich fand ich den Kontakt zu anderen Firmen und der Überblick zum Stand in anderen Unternehmen.“

„Die Diskussion in den Arbeitsgruppen und der dabei stattfindende Austausch waren ein großer Mehrwert für die ganze Veranstaltung.“

„Der Fokus der Seminarreihe und der Workshops auf CPPS in Form einer Kompetenz, die man sich aneignen sollte, unterstützt die Entwicklung von ersten Pilotanwendungen in den Unternehmen.“

Der Ideenaustausch und die Offenheit in den Diskussionsrunden und Arbeitsgruppen werden als großer Mehrwert gesehen. Ein Blick über die Grenzen des eigenen Unternehmens hinaus kann helfen, wichtige Trends zu erkennen und das notwendige Wissen zu identifizieren, das sich ein Unternehmen in Zukunft aneignen sollte. Wenngleich die Workshops in den einzelnen Unternehmen als großer Mehrwert angesehen werden, beurteilen einige Teilnehmern die Zeit für die effektive Ausarbeitung der Projektideen als zu knapp bemessen.

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen der aufgestellten Methode erfolgt eine Adressierung der ersten drei Stufen des fünfstufigen Modells des Wissenstransfers nach Gilbert & Cordey-Hayes (1996) im Rahmen der Seminare, Exkursionen und Erarbeitung von Projektansätzen in Arbeitsgruppen. Allerdings geschieht dies nicht auf Unternehmensebene, sondern vielmehr im Rahmen einer Sensibilisierung einzelner Wissensträger des Unternehmens, die dieses neue Wissen anschließend in die Unternehmen einbringen können. Wie von Gilbert & Cordey-Hayes (1996) beschrieben, erfolgt die Akzeptanz neuen Wissens nach der erfolgreichen Anwendung vor allem auf individueller Ebene. Insbesondere die begleitete Workshoparbeit entspricht dem von Szulanski (2000) beschriebenen Ansatz für effektives on-site Training und proaktive Unterstützung bei der ersten Anwendung durch die wissenschaftlichen coaches.

Die in der beschriebenen Methode genutzten Kanäle für den Wissenstransfer und insbesondere die zu vermittelnden Inhalte bezüglich der Themenstellung Industrie 4.0 entsprechen dabei den jeweiligen Charakteristika nach Bekkers & Freitas (2008), vgl. auch Tabelle . Gleichzeitig wird aber auch deutlich, dass die beschriebene Methodik nur ein erster Schritt für den Wissenstransfer in die Unternehmen sein kann. Eine weitere wissenschaftliche Begleitung bei der Anwendung bzw. Integration ins Unternehmen bzw. seine Prozesse ist für die Nachhaltigkeit der Ergebnisse sehr wichtig. Als geeignet scheinen hier nach Grimpe & Hussinger (2008) beispielsweise Verbund- und Auftragsforschung, also Kanäle des formellen Wissenstransfers, als komplementäre Ergänzung der bereits durchgeführten Schritte zur Sensibilisierung und anschließenden Verankerung des neuen Wissens im Unternehmen.

Die angewandte Methode nimmt dabei die kollaborativen Aspekte nach Schulze et al. (2014) in den Workshops und Arbeitsgruppen auf. Es erfolgt ein wechselseitiger Wissenstransfer zwischen den teilnehmenden Unternehmen d.h. es entstehen positive Aspekte durch Anwendung des Wissens in anderem Kontext, beispielsweise indem der Wissensempfänger unmittelbar zum Wissensvermittler wird und umgekehrt. Dies kann auch unter dem von

Cummings & Teng (2003) beschriebenen Aspekt der Dekontextualisierung von Wissen als positiv bewertet werden. Die Teilnehmer der Arbeitsgruppen verwenden das Wissen also nicht nur im ursprünglichen Kontext sondern unmittelbar auch in dem eines anderen Unternehmens.

Erfahrung und Verständnis für den Anwendungsbereich sind wichtige Faktoren für einen erfolgreichen Wissenstransfer (Szulanski et al., 2004; Hashweh, 2005). Für innovative Themen mit einem hohen Neuheitsgrad ist dies natürlich ein nicht einfach zu erfüllendes Kriterium, auch deshalb, weil cyberphysische Produktionssysteme gerade erst dabei sind die akademischen Forschungslabors zu verlassen um Anwendung in der Industrie zu finden. Durch den Einsatz eines interdisziplinären Teams zur wissenschaftlichen Begleitung des Wissenstransfers mit Erfahrung in unterschiedlichsten Branchen und Anwendungsgebieten muss diesem Faktor entgegengewirkt werden. Auch die detaillierte Vorbereitung auf den spezifischen Hintergrund und möglichen Anwendungsbereich des zu transferierenden Wissens der teilnehmenden Unternehmen trägt nach Schulze et al. (2014) zum Erfolg einer derartigen Methode bei.

Es ist offensichtlich, dass die beschriebene Methodik nur ein erster Anstoß sein kann um die erforderlichen Kompetenzen langfristig im Unternehmen aufzubauen. Entscheidend ist die nachhaltige Einbindung derartiger Themenstellungen in die Unternehmensstrategie, insbesondere für vergleichsweise kleine Unternehmen. Infolge ist es daher wichtig die im Rahmen der Seminarveranstaltungen entwickelten Ideen in Form von Pilotanwendungen und darauf aufsetzenden Initiativen weiterzuentwickeln und somit in der Praxis der Unternehmen weiter zu verankern. Durch diese langfristige Einbindung der Mitarbeiter in die Applikation cyberphysischer Produktionssysteme werden benötigte Kompetenzen über einen längeren Zeitraum aufgebaut. Schlüsselfaktor hierzu sind entsprechend qualifizierte Mitarbeiter mit ganz spezifischer Expertise: für cyberphysische Produktionssysteme sind interdisziplinäre Kenntnisse aus den Bereichen Produktionstechnik und Informationstechnik grundlegend. Aus den genannten zusätzlichen Aufwendungen muss mittel- bis langfristig natürlich auch ein ökonomischer Nutzen für das Unternehmen entstehen. Um diesen zu erzeugen sind spezifische Anpassungen an die individuellen Gegebenheiten der einzelnen Unternehmen notwendig. Daher muss der Fokus der vorgestellten Methode, aber auch aller darauf folgender internen Initiativen im Unternehmen, auf der Kompetenzentwicklung der eigenen Mitarbeiter liegen. Nur so sind diese in der Lage gesehene Lösungen nicht nur einfach zu kopieren, sondern in optimal angepasste Konzepte für das eigene Unternehmen zu überführen. Selbstverständlich handelt es sich dabei um einen Prozess der Zeit in Anspruch nimmt und nicht von heute auf morgen von statten geht. Gleichzeitig kann die unmittelbare Übernahme sogenannter „best practices“ einen schnellen Einstieg in neue fachliche Themenfelder effizient unterstützen. Nichtsdestotrotz ist es gerade für kleine und mittlere Unternehmen wichtig derartige Technologietrends auf ihr Potenzial für das Unternehmen zu untersuchen und gegebenenfalls in die langfristige Firmenvision und –strategie aufzunehmen, dazu kann der vorgestellte methodische Ansatz einen praktikablen Einstieg bieten.

4.2 Allgemeingültigkeit der Ergebnisse

Die beschriebene Anwendung der entwickelten Methodik für einen Wissenstransfer in der Fallstudie weist verschiedene Randbedingungen auf, die bei einer Übertragung der beschriebenen Ergebnisse zu beachten sind. Die ausgewählten beispielhaften Ergebnisse könnten die objektive Bewertung der Methodik beeinflusst haben. Entwicklung der Methodik sowie Durchführung und Auswertung der Fallstudie wurden vom selben Team durchgeführt. Daher ist geplant die beschriebene Methodik in weiteren Fallstudien einzusetzen und zu analysieren. Für die weitere Diskussion des Ansatzes ist es wichtig einen größeren Datensatz an Ergebnissen zu erfassen. Dies gilt gleichermaßen für den fachspezifischen Hintergrund, der an der Fallstudie beteiligten Unternehmen und Mitarbeiter. In den weiteren Tests des methodischen Ansatzes des Wissenstransfers wird es von entscheidender Bedeutung sein, diesen in verschiedensten industriellen Kontexten zu erproben. Gleichzeitig ist es nicht unwahrscheinlich, dass es signifikante regionale Unterschiede in den akademischen, industriellen und politischen Rahmenbedingungen gibt, die einen Einfluss auf den erfolgreichen Wissenstransfer von der Forschung in die Industrie für Inhalte aus dem Bereich cyber-physischer Produktionssysteme haben. Daher können unsere Ergebnisse nicht uneingeschränkt auf andere Gegebenheiten übertragen werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der Wissenstransfer der wesentlichen Konzepte einer informationstechnisch vernetzten Produktion in kleine und mittlere Unternehmen ist ein wichtiger Faktor für deren zukünftige Innovationsfähigkeit. Ein anwendungsorientierter Wissenstransfer kombiniert dabei die Theorievermittlung zu Basistechnologien und Hintergründen in Form von Seminarveranstaltungen mit praktischen Anwendungsbeispielen und Workshops zur Entwicklung von konkreten Umsetzungskonzepten für die teilnehmenden Unternehmen vor Ort. Dazu werden komplementäre Kanäle des informellen Wissenstransfers im Rahmen von Seminarveranstaltungen und kollaborativen on-site Trainingsmethoden eingesetzt bei dem die Produktionsprozesse des Unternehmens und deren Optimierung im Zentrum stehen. Die Ergebnisse einer Fallstudie mit 40 Teilnehmern zeigen, wie sich mit vergleichsweise geringem Aufwand Ansätze zu cyber-physischen Produktionssystemen in die Praxis auch kleinerer und mittlerer Unternehmen integrieren lassen.

Im industriellen Kontext lassen sich auf Basis der Erkenntnisse aus der Anwendung der entwickelten Methode eines praxisorientierten Wissenstransfers folgende Empfehlungen formulieren: Unternehmen sollten nachhaltig Wissen aufbauen um in einem spezifischen Themenbereich eine Expertise aufzubauen. Damit sind sie in der Lage auch als vermittelnder Partner in einem Wissenstransfer aufzutreten. Um erfolgreich in einer industriellen Partnerschaft Wissen auszutauschen und zu transferieren ist es wichtig genau zu verstehen wie und wo das eigene Wissen gespeichert ist und welche „Wissenslücken“ beim anderen, wissensempfangenden Partner bestehen. Für einen erfolgreichen Wissenstransfer ist es schlussendlich wichtig das für den Übermittlungsprozess oder die Anwendung relevante

Wissen genau zu identifizieren und in eine gemeinsame Sprache zu übersetzen, diese mit geeigneten Kontextinformationen anzureichern und bestenfalls von seinem ursprünglichen Anwendungsfeld zu abstrahieren. Direkte Unterstützung bei ersten Anwendungen ist dabei ebenfalls von essentieller Bedeutung.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die gute Zusammenarbeit bei allen an der Fallstudie beteiligten Unternehmen, insbesondere für die Unterstützung des Unternehmerverbands der Region Bergamo und des Fraunhofer Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO).

Literatur

- Amesse, F., Cohendet, P., 2001.
Technology transfer revisited from the perspective of the knowledge-based economy. *Research Policy*, 30 (9), S. 1459-1478.
- Argote, L., Ingram, P., 2000.
Knowledge transfer: A basis for competitive advantage in firms. *Organizational Behavior & Human Decision Processes*. 82 (1), S. 150–169.
- Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D., Ganschar, O., 2014.
Industrie 4.0–Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. *Studie. Hg. v. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien eV (BIT-KOM) und Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)*, S. 30-36.
- Bekkers, R., Freitas, I. M. B., 2008.
Analyzing knowledge transfer channels between universities and industry: To what degree do sectors also matter? *Research policy*, 37(10), S. 1837-1853.
- Bock, G. W., Kim, Y.-G., 2002.
Breaking the myth of rewards: An explanatory study of attitudes about knowledge sharing. *Information Resource Management Journal*, 15 (2), S. 14-21.
- Carlile, P. R., Rebentisch, E. S., 2003.
Into the black box: The knowledge transformation cycle. *Management Science*, 49 (9), S. 1180-1195.
- Chen, C.-J., 2004.
The effects of knowledge attribute, alliance characteristics, and absorptive capacity on knowledge transfer performance. *R&D Management*, 34 (3), S. 311–321.
- Cummings, J. L., Teng, B.-S., 2003.
Transferring R&D knowledge: The key factors affecting knowledge transfer success. *Journal of Engineering and Technology Management*, 20 (1-2), S. 39-68.
- Gausemeier, J., 2015.
Szenario-basierte Entwicklung von Zukunftsoptionen für Industrie 4.0. *Industrie 4.0-Forum Wissenschaft und Forschung*, Hasso Plattner Institut, Universität Potsdam, 19. Februar 2015.

Gilbert, M., Cordey-Hayes, M., 1996.

Understanding the process of knowledge transfer to achieve successful technological innovation. *Technovation*, 16(6), S. 301-312.

Grimpe, C., Hussinger, K., 2008.

Formal and Informal Technology Transfer from Academia to Industry: Complementarity Effects and Innovation Performance, *ZEW Discussion Papers*, No. 08-080.

Hashweh, M. Z., 2005.

Teacher pedagogical construction: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching*, 11(3), S.273-292.

Kuo, B. Z. L., Shih, H. Y., Sher, P. J., 2014.

Strategic intent of university-industry transfer collaboration. *Management of Engineering & Technology (PICMET)*, 2014 Portland International Conference, IEEE, S. 209-216.

Martin, X., Salomon, R., 2003.

Knowledge transfer capacity and its implications for the theory of the multinational corporation. *Journal of International Business Studies*, 34 (4), S. 356-373.

Matt, D. T., Rauch, E., Fraccaroli, D., 2016

Smart Factory für den Mittelstand. Gestaltung eines ganzheitlichen Produktionssystems nach der Industrie 4.0 Vision in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU). *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 111 (1-2), S. 52-55.

Nonaka, I. A., Takeuchi, H. A., 1995.

The knowledge-creating company: how japanese companies create the dynamics of innovation. Oxford. Oxford University Press.

Schulze, A., Brojerdi, G., von Krogh, G., 2014.

Those Who Know, Do. Those Who Understand, Teach. Disseminative Capability and knowledge Transfer in the Automotive Industry. *Journal of Product Innovation Management*, 31(1), S. 79-97.

Szulanski, G. 1996.

Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practices within the firm. *Strategic Management Journal*, 17, S. 27-43.

Szulanski, G. 2000.

The process of knowledge transfer: A diachronic analysis of stickiness. *Organizational Behavior & Human Decision Processes*, 82 (1), S. 9-27.

Szulanski, G., Jensen, R.-J., 2004.

Overcoming stickiness: An empirical investigation of the role of the template in the replication of organizational routines. *Managerial and Decision Economics*, 25 (6-7), S. 347-363.