

# Innovative Lernmodule und -fabriken – Validierung und Weiterentwicklung einer neuartigen Wissensplattform für die Produktionsexzellenz von morgen

E. Abele, J. Metternich, R. Tenberg, M. Tisch, M. Abel, C. Hertle, S. Eißler, J. Enke, L. Faatz



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

**PMW**  
TU DARMSTADT



Technikdidaktik



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**VDI | VDE | IT**



Institut für Produktionsmanagement,  
Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW)  
(Projektleitung)

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich  
Otto-Berndt-Str. 2  
64287 Darmstadt  
Telefon: (06151) 16-2156  
Telefax: (06151) 16-3356  
E-Mail: abele@ptw.tu-darmstadt.de



TU DARMSTADT  
Arbeitsbereich Technikdidaktik  
Fachbereich Humanwissenschaften

Prof. Dr. habil. Ralf Tenberg  
Alexanderstr. 6  
64283 Darmstadt  
Telefon: (06151) 16-6832  
Telefax: (06151) 16-6844  
E-Mail: tenberg@td.tu-darmstadt.de

Innovationsmentoren:

**DAIMLER**

**FESTO** DIDACTIC

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03V0137 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

Projekttitel: Idefix – Innovative Lernmodule und -fabriken

Projektuntertitel: Validierung und Weiterentwicklung einer neuartigen Wissensplattform für die Produktionsexzellenz von morgen

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projektträger: VDI /VDE Innovation + Technik GmbH

Zuwendungsempfänger: PTW, Technische Universität Darmstadt  
Förderkennzeichen: 03V0137 (alt: 16V0137)  
Vorhabenbezeichnung: Idefix – Innovative Lernmodule und -fabriken  
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2012 – 31.12.2014

Beteiligte Unternehmen: Festo Didactic  
Daimler AG

---

## Inhaltsverzeichnis

---

I.....Einleitung	4
Problemstellung und Motivation	4
Aufbau des Berichts	5
II.....Wichtigste wissenschaftlich-technische Ergebnisse	8
TP 1 Identifikation aktueller Forschungsfelder als Bezugsrahmen für die zu erarbeitende Systematik	8
TP 1.1 Analyse und Auswahl der Felder inklusive einer Berücksichtigung der späteren Verwertbarkeit	8
TP 1.2 Ermittlung der Erwartungen aus Unternehmenssicht an unterschiedliche Zielgruppen	13
TP 2 Analyse bestehender Lernsysteme	17
TP 2.1 Analyse von Lernumfeldern unter technischen, organisatorischen und finanziellen Aspekten	17
TP 2.2 Analyse von Lernmethoden bezüglich der Vorgehensweise und einbezogener Hilfsmittel	23
TP 2.3 Analyse von Zielgruppen, u.a. hinsichtlich des Vorwissens und Abstraktionsvermögens	25
TP 3 Aufbereitung bestehender Lernsysteme und Definition von Anforderungsprofilen verschiedener Zielgruppen	30
TP 3.1 Identifikation effektiver Lernformen aufgrund einer Auswertung der erhobenen Daten	30
TP 3.2 Zusammenstellung eines Katalogs von Modulen und Kombinationsmöglichkeiten	31
TP 3.3 Ableitung der Erkenntnisse zu Anforderungsprofilen für die entsprechenden Zielgruppen	33
TP 3.4 Empirische Untersuchung über den Bedarf an Lernfabriken	35
TP 4 Entwicklung verschiedener Lernmodule sowie einer Systematik zu deren effizienter Gestaltung	39
TP 4.1 Intuitive, erfahrungsbasierte Entwicklung von Lernmodulen als Referenzprozess	39
TP 4.2 Entwicklung einer Systematik zur Gestaltung von Lernmodulen und Lernfabriken	42
TP 4.3 Systematische Entwicklung von Lernmodulen	47
TP 4.4 Aufbau des Lernumfelds inklusive Demonstratoren	56
TP 4.5 Reflexion und Weiterentwicklung der Systematik hinsichtlich deren Verwertbarkeit	61
TP 5 Evaluierung des Gesamtlernszenarios	64
TP 5.1 Durchführung der entwickelten Workshops mit verschiedenen Zielgruppen	66
TP 5.2 Auswertung des Lernerfolgs	75
TP 5.3 Erarbeitung von Verbesserungsvorschlägen für Thematik und Systematik	78
TP 6 Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials	81
TP 6.1 Identifikation wirtschaftlicher Anwendungsfelder und Erarbeitung eines Geschäftsmodells	81
TP 6.2 Darstellung der zweiten didaktischen Transformation auf der Metaebene	90

TP 6.3	Die zweite Ebene des Modells als Grundlage zur Planung von Workshops (vormals TP 6.3 Umsetzung eines IT-basierten Konfigurators zur Konzeption modularer, effizienter Lernfabriken)	92
TP 7	Einleitung von Wissenstransfer und Verwertung	96
TP 7.1	Entwicklung eines Lernmoduls zur effizienten Gestaltung von Lernfabriken	100
TP 7.2	Validierung der Ergebnisse durch einen Workshop mit Führungskräften	102
III.....	Abbildungsverzeichnis	105
IV.....	Tabellenverzeichnis	108
V.....	Literaturverzeichnis	109

## Problemstellung und Motivation

Die eigenständige Wissensgenese, -anwendung, -transformation und -weiterentwicklung stellt einen wichtigen Baustein der produktionstechnischen Lehre dar. Um die Implementierung dieser Wissensaspekte realisieren zu können, ist eine Lernumgebung erforderlich, in der Wissen und Handeln reflexiv korrespondieren können. Entscheidend für den Erfolg von innovativen Lernkonzepten ist die unmittelbare Übertragbarkeit des Gelernten in die betriebliche Praxis. Der Lernprozess sollte sich dabei idealerweise an der unternehmensinternen Kommunikation orientieren und in den Schritten Kommunizieren, Verstehen, Erleben und Anwenden erfolgen (Abele et al. 2007).

Im Zentrum des Forschungsprojektes „Idefix“ steht die Fragestellung, wie Lernfabriken systematisch konzipiert und basierend auf den aktuellen Erkenntnissen weiterentwickelt werden können. Ziel der Forschungstätigkeiten ist somit die Entwicklung von wissenschaftlich abgestützten Konzepten zum Aufbau und zur Ausgestaltung von Lernfabriken unter Berücksichtigung der Übertragbarkeit auf zahlreiche, auch heute noch unbekannte Anwendungsszenarien. Im Fokus steht dabei die maximale Effizienz des Kompetenzaufbaus.

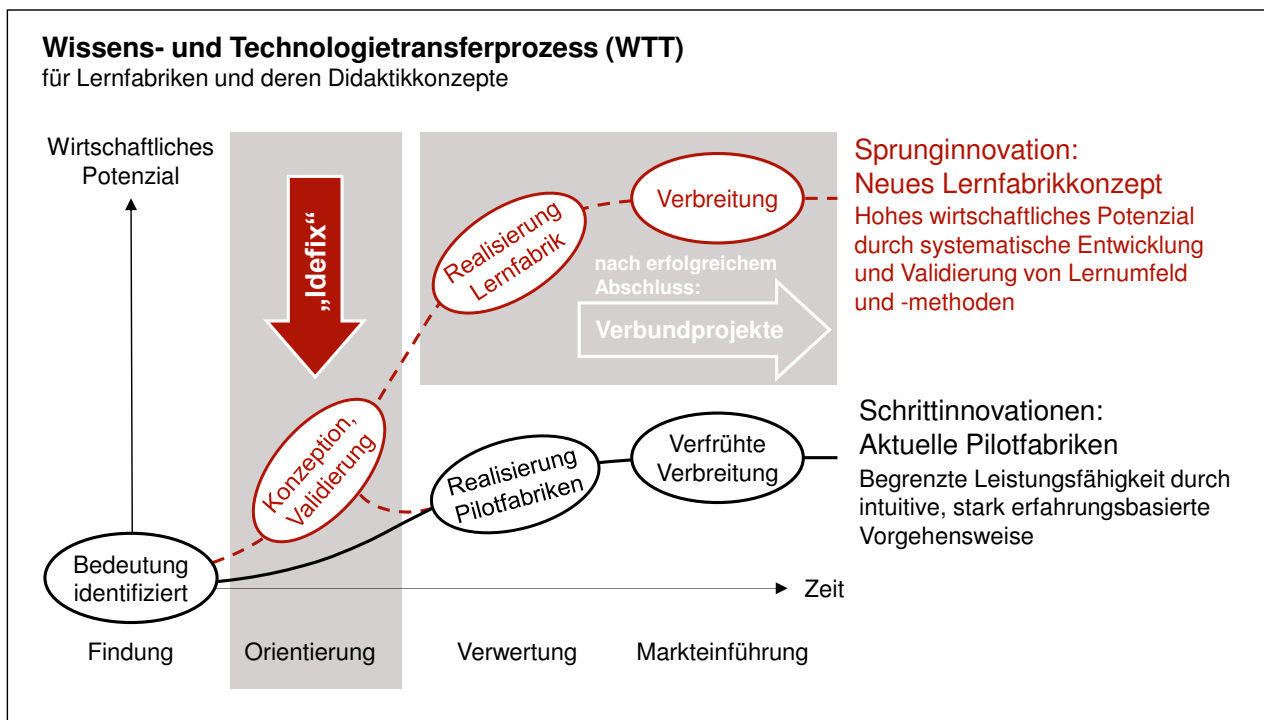


Abbildung 1: Entwicklungsphasen von Lernfabriken im Wissens- und Technologietransferprozess

Durch die Zusammenarbeit zweier Institute aus den Fachbereichen Maschinenbau und Technikdidaktik sowie zwei erfahrener Innovationsmentoren aus der Industrie entsteht ein interdisziplinäres Projektteam aus Wissenschaft und Industrie, das eine mehrperspektivische Betrachtungsweise der Innovation Lernfabrik ermöglicht. Sowohl bisherige Erkenntnisse aus der Entwicklung und dem Betrieb von Pilotfabriken als auch die neuesten Ergebnisse aus der Lehr-Lernforschung in technischen Domänen fließen im Rahmen des Forschungsprojekts in das zu entwickelnde Gesamtkonzept zur baulichen, technischen und didaktisch-methodischen Gestaltung von Lernfabriken ein.

Als Innovationsmentoren tragen Vertreter von der Daimler AG (Frau Jutta Lischke mit Schwerpunkt Aufbau eines weltweiten Trainingsprogramms für Führungskräfte und Experten des Lean Manage-

ments bei Daimler Trucks) und von Festo Didactic GmbH & Co. KG (Herr Dr.-Ing. Reinhard Pittschellis mit Verantwortung für die Konzeption, Entwicklung und weltweite Vermarktung von Lernsystemen für die Automatisierungstechnik) zum Erfolg des Projektes bei.

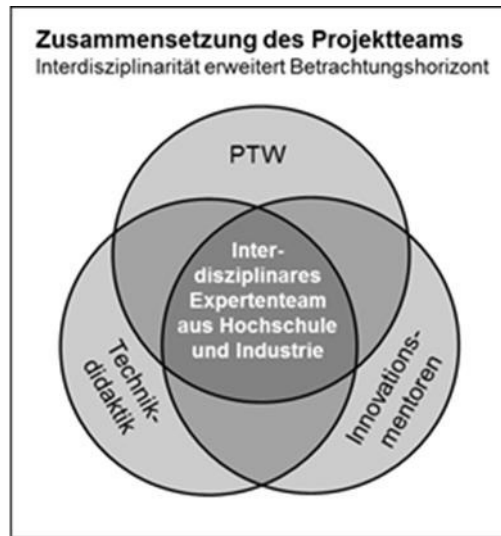


Abbildung 2: Zusammensetzung des Projektteams

Ausgangspunkt für das Projekt ist die Erkenntnis, dass Innovationen und kontinuierliche Verbesserung (KVP) zentrales Merkmal moderner Produktionen sind (Cooke und Morgan 1998) und eine Anhebung der KVP-Fähigkeiten von Mitarbeitern sowie die Steigerung ihres Beteiligungsgrads an diesen Maßnahmen nur durch intensive Kompetenzerweiterung auf technisch-analytischer Seite zu erreichen ist (Barton und Delbridge 2004). Basisansätze für eine Umsetzung gehen hier auf Collins, Brown und Newman (Collins et al. 1989) zurück, die mit ihrem Ansatz der "cognitive apprenticeship" erste konkrete Konzepte für eine didaktische Realisierung konstruktivistischer Lerntheorien umgesetzt und überprüft haben, aber auch auf Boekaerts (1997), der in einer Reihe von experimentellen und quasi-experimentellen Studien die Grundzusammenhänge über die operative und metakognitive Steuerung komplexer Selbstlernprozesse erschlossen hat. Die Grundsätze münden aktuell in die weltweit forcierte Kompetenzforschung. Das Basiskonstrukt dieses Ansatzes für die fachlich-methodischen Kompetenzen, welche in der Lernfabrik erworben werden, geht letztlich auf den damit korrespondierenden aktuellen Forschungsstand zurück (Erpenbeck und Rosenstiel 2007). Das didaktisch-methodische Grundkonzept bildet dabei die entscheidende Basis. Es wird auf einem mittleren Abstraktionsniveau beschrieben und konkretisiert, sodass es flexibel genug ist, eine angemessene Nutzungsbreite zu gewährleisten und bei technischen bzw. arbeitsorganisatorischen Innovationen mitzuhalten.

## Aufbau des Berichts

Lernfabriken haben sich für den hochwertigen Kompetenzaufbau bei MitarbeiterInnen<sup>1</sup> des verarbeitenden Gewerbes etabliert. Im Rahmen des Forschungsprojekts "Idefix" wird das Lernfabrikkonzept didaktisch-hinterlegt und systematisch validiert. Dabei geht es um die Verbesserung des Systems Lernfabrik hinsichtlich technischer, didaktischer sowie medialer Belange. Der wissenschaftlich-technische Lösungsansatz des Forschungsprojektes "Idefix" ist in sieben Teilprojekte gegliedert. Die Darstellung der Ergebnisse im Schlussbericht des Forschungsvorhabens "Idefix" ist entsprechend der im Antrag definierten Teilprojekte gegliedert.

<sup>1</sup> Aus Gründen der Einfachheit und der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden auf das Verwenden geschlechtergerechter Sprache verzichtet. Begriffe wie Mitarbeiter, Studenten, etc. sollen demzufolge immer auch Mitarbeiterinnen und Studentinnen mit einschließen.

In TP1 werden eine Vielzahl an Veröffentlichungen und breit angelegte Studien zu aktuellen entscheidenden, fortwährenden Entwicklungen (Megatrends) analysiert und die Herausforderungen der Produktion von morgen definiert. Diese identifizierten Themen sind ebenso hinsichtlich des Aufbaus von Mitarbeiterkompetenzen und damit für Lernfabriken relevant. Lernfabrikrelevante Themen lassen sich in sämtlichen Handlungsfeldern soziotechnischer Systeme (nach MTO-Ansatz; Mensch (z.B. zielgerichtete, kontinuierliche Verbesserung), Technik (z.B. Energieeffizienz, Qualität, Neue Technologien), Organisation (z.B. Werkzeugmanagement, Integrierte Produkt- und Produktionsprozessentwicklung)) zuordnen. Schulungen sind hierbei zielgruppenspezifisch zu gestalten, wobei für ein präzises und formalisiertes Rollenverständnis Lernsysteme gruppenübergreifende (hierarchieübergreifende) Schulungen ermöglichen können.

Bestehende Lernsysteme und -methoden für die Kompetenzentwicklung innerhalb der Domäne der Produktionstechnik werden in TP2 analysiert, morphologisiert und hinsichtlich den Kriterien Betreiber, Zielbranche, Nutzungsziele, Zielgruppe, intendierte Kompetenzen, betriebliche Produktionsprozesse und Produkte sowie Lehrmethoden und intendierte Lernprozesse eingeordnet. Zusätzlich wird die Auswirkung von Gestaltungsparametern hinsichtlich finanzieller, organisatorischer und technischer Gesichtspunkte bewertet. Darauf aufbauend werden in TP3 Rahmenbedingungen und Anforderungen für die Gestaltung von Lernfabriken und -modulen abgeleitet. Vor allem ist diesbezüglich darauf zu achten, dass durch die eingesetzten Verfahren und Mittel sowohl formelle als auch informelle Lernprozesse vorgesehen werden. Diese Lernprozesse sollten eng miteinander korrespondieren. Nur ein sinnvolles Alternieren beider Lernfacetten kann eine optimale Vermittlung der intendierten Kompetenzen herbeiführen.

Die darauf aufbauenden TP4 und TP5 stellen den Kernpunkt des Forschungsprojekts dar. In diesen Teilprojekten werden Lernmodule und eine entsprechende Systematik zur kompetenzorientierten Erstellung dieser Lernmodule in einem iterativen Ansatz entwickelt, evaluiert und verbessert. Zum Erproben und Verbessern der Systematik werden unter anderem die Referenzlernmodule *Flexible Mitbereiteinsatzsysteme*, *Werkzeugmanagement*, *Qualitätstechniken* sowie ein Train-the-Trainer-Modul entwickelt, umgesetzt und verbessert. Der gewählte Evaluationsansatz zur Evaluierung des Gesamtlernszenarios entspricht einer formativen Evaluation. Zentrale Intention dieses Evaluationsansatzes ist es, eine Effizienzanalyse durchzuführen, durch mögliche Wirkungen einschätzen und Veränderungsoptionen entwickeln zu können. Dahinter steht die Leitidee, eine Curriculumevaluation als inhaltliche Qualitätsbestimmung und praktische Erprobung durchzuführen. Um eine ganzheitliche Evaluierung zu ermöglichen wurden a) Interviews mit Akteuren aus unterschiedlichen Kontexten durchgeführt, b) die Ergebnisse mit den Erfahrungen von Führungskräften aus der Industrie gespiegelt, c) ein Train-the-Trainer-Workshop für Lernfabrikgestalter und -trainer entwickelt, durchgeführt und nachbereitet sowie d) systematisch entwickelte Lernmodule evaluiert. Die Evaluierung der Lernmodule fand hierbei zum einen über begleitende Beobachtungen durch didaktische und fachbezogene Experten, zum anderen über einen kompetenzorientierten, diagnostischen Zugang sowohl über Wissen als auch über beobachtbare Performanzen statt.

TP6 und TP7 beschäftigen sich mit der Verwertung und dem Transfer der Ergebnisse von „Idefix“. Hierzu werden zukünftige Anwendungsfelder für das Lernfabrikkonzept sowie Möglichkeiten zur Analyse der Wirtschaftlichkeit einzelner Lernfabrikinitiativen aufgezeigt. Basierend auf den Erkenntnissen werden Geschäftsmodelle beschrieben, die den Aufbau von Lernfabriken (kundenindividuell und standardisiert), das Angebot von Lernfabrikschulungen als auch eine systematische Qualitätsentwicklung der Lernsysteme betreffen. Der weitere Transfer der Ergebnisse wird vor allem in drei Bereichen vorangetrieben. Die gesamten Überlegungen für das curriculare Modell zur Entwicklung von Lernfabriken korrespondieren mit den Grundsätzen schulischer (berufsschulischer) Bildung. Es liegt also nahe, die in „Idefix“ erzielten Erkenntnisse in den schulischen Bereich zu transferieren. So wurden zentrale Erkenntnisse vom Hessischen Kultusministerium aufgegriffen und bei der Entwicklung von Kerncurricula für die neukonzipierte Mittelstufenschule und für den Bereich des Beruflichen Gymnasiums ge-

nutzt. Darüber hinaus wurde ein Lernmodul zur effizienten Gestaltung von Lernfabriken und den darin implementierten Lernmodulen entworfen, durchgeführt und validiert.

---

## II Wichtigste wissenschaftlich-technische Ergebnisse

---

### TP 1 Identifikation aktueller Forschungsfelder als Bezugsrahmen für die zu erarbeitende Systematik

#### TP 1.1 Analyse und Auswahl der Felder inklusive einer Berücksichtigung der späteren Verwertbarkeit

##### Ziele des Teilprojekts:

- Explikation und Analyse technischer und organisationaler Trends und Innovationen entlang verschiedener Forschungsfelder – Schaffung des Bezugsrahmens
- Evaluierung der Forschungsfelder hinsichtlich ihrer Bewertbarkeit
- Validierung der Ergebnisse mit den Innovationsmentoren. Workshops und Expertengespräche

Auf Basis diverser Veröffentlichungen, darunter auch breit angelegte Studien, die Megatrends mit besonderer Relevanz für die Produktion herausarbeiten und die sich ergebende Herausforderungen der Produktion von morgen definieren, soll im vorliegenden Abschnitt der Rahmen zur Identifikation aktueller Forschungsthemen und damit auch relevanter Lernfabrikthemen aufgespannt werden.

Ausgehend von aktuellen Trends wird ein erweiterter Zielkatalog für die Produktionstechnik definiert, der für die Zukunft entscheidende Zielgrößen beinhaltet. Es werden zukünftige Forschungsfelder der Produktion systematisiert und aufgezeigt, inwiefern die Kompetenzentwicklung in speziell definierten Bereichen eine notwendige Voraussetzung für eine wettbewerbsfähige Produktionsgestaltung bilden muss.

Als Megatrends gelten entscheidende und fortwährende Entwicklungen mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten im technologischen oder gesellschaftlichen Bereich (Naisbitt 1986). Einige der identifizierten Megatrends führen zu Herausforderungen für die Produktion, die durch innovative Produktionsverfahren, neue Produkte oder Dienstleistungen gemeistert werden müssen (Grömling 2009). Auch wenn Megatrends vorübergehend von kurzfristigen Entwicklungen überlagert werden können, bestimmen sie auf lange Sicht die Entwicklungsrichtung in entscheidenden Bereichen für die Produktion (Organisation, Technik, Qualifizierung, Arbeitsrahmenbedingungen) (Abele und Reinhart 2011).

Untenstehend sind in der Literatur identifizierte Megatrends angegeben. Megatrends mit geringer Relevanz für produzierende Unternehmen werden nicht in die Übersicht aufgenommen bzw. soweit möglich mit anderen Entwicklungen zusammengelegt. In Abbildung 3 wird ebenso angelehnt an Abele (2010) differenziert, ob identifizierte Megatrends eher Auswirkungen auf die zukünftige Gestaltung der Produktionsprozesse oder der Produktmerkmale haben. Je weiter oben die Megatrends in der Darstellung angeordnet sind, umso größeren Einfluss haben die Entwicklungen auf die Produktion. Weiter unten aufgelistete Trends haben dementsprechend größeren Einfluss auf die Produktgestaltung.

	Abele, Reinhart (2011)	Arndt (2008)	Graf (2000)	Grömling (2009)	Herrmann (2010)	Jovane, Westkämper (2009)	Krys (2011)	Warnecke (1999)	Wartenberg, Haß (2005)
<b>Globalisierung</b>	●	●	●	●	●	●	●		●
<b>Verkürzung der Produktlebenszyklen</b>	●	●			○				
<b>Neue Technologien</b>	●	○	●	●	○	○	●	●	●
<b>Knappe Ressourcen</b>	●		●	●	●	●	●	○	
<b>Wissengesellschaft</b>	●		●	●	●	●	●	●	
Steigende Kundenanforderungen		●			○				
Dienstleistungen im industriellen Umfeld					●			●	●
Digitalisierung / Vernetzung / Info.techn.			●		●			●	
<b>Demographischer Wandel</b>	●			●	●	●	●		●
Sicherheit (div. Bereiche)	●			●	●				
Investition und Infrastruktur				●	○	○			●
Klimawandel / Umweltschädigung	●			●	●	●	●	●	
Mobilität	●			○	●	●			
Wohlstandsorientierung				●	●	●			
Zukunftsmarkt Lebensqualität	●				○	●			

● Explizite Nennung des Megatrends  
 ○ Implizite Nennung oder am Rande einer Entwicklung genannt

Abbildung 3: Identifizierte Megatrends in der Literatur (Quelle: Abele und Reinhart 2011; Arndt 2008; Graf 2000; Grömling 2009; Herrmann 2010; Jovane et al. 2009; Bieger et al. 2011; Krys 2011; Warnecke 1999; Wartenberg und Haß 2005)

Im Folgenden werden zentrale Herausforderungen für die produzierenden Betriebe in Deutschland durch die Megatrends beschrieben. Diese Entwicklungen sind in Abbildung 3 fett hervorgehoben.

**Globalisierung** (Abele 2010; Kinkel und Lay 2004; Kinkel und Wengel 1998; Grömling 2009; Arndt 2008; Graf 2000; Herrmann 2010; Jovane et al. 2009; Krys 2011; Wartenberg und Haß 2005), zu diesen spezifischen Megatrend siehe auch Abele et al. (2006):

- Produktivität muss im internationalen Vergleich führend sein
- Exzellente ausgebildete Arbeitskräfte werden gebraucht
- Höchste Qualität der produzierten Ware ist eine Grundvoraussetzung
- Flexibilität und Wandlungsfähigkeit des Produktionsstandorts Deutschland müssen als Vorteile gegenüber anderen Produktionsstandorten verbessert werden

**Verkürzte Produktlebenszyklen** (Abele und Reinhart 2011; Arndt 2008), zu diesem spezifischen Megatrend siehe auch Hönninger (2010), Lübke (2007):

- Wandlungsfähigkeit der Produktionsbetriebe gewinnt an Bedeutung
- Zunehmende Produktkomplexität führt zu steigenden Anforderungen an die Mitarbeiter
- Es müssen Wege gefunden werden, die hohen Vorlaufkosten der Produkte zu reduzieren
- Die Individualisierung der Produkte verlangt eine erhöhte Flexibilität der Produktionsbetriebe

**Neue Schlüsseltechnologien** (Abele und Reinhart 2011; Steinfeldt 2008; Graf 2000; Grömling 2009; Krys 2011; Warnecke 1999; Wartenberg und Haß 2005):

- Identifikation, Implementierung und Verbreitung neuer Schlüsseltechnologien
- Vermittlung des nötigen Wissens sowie Kompetenzaufbau der Mitarbeiter

**Ressourcenverknappung** (Abele und Reinhart 2011; Graf 2000; Grömling 2009; Herrmann 2010; Jovane et al. 2009; Krysz 2011), zu diesem spezifischen Megatrend siehe auch Pfeiffer (2010):

- Notwendigkeit zur energie- und ressourceneffizienten Produktion
- Neue Produktionstechniken zur Verarbeitung von alternativen Materialien

**Wachsende Bedeutung von Wissen** (Jovane et al. 2009; Abele und Reinhart 2011; Graf 2000; Grömling 2009; Herrmann 2010; Krysz 2011; Warnecke 1999), zu diesem spezifischen Megatrend siehe auch Abele (2010):

- Beherrschung des Wissens, Wissensmanagement, Plattform für Wissensaustausch
- Aufbau von lernenden Organisationen zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit
- Neue Ausbildungssysteme und -methoden
- Verbesserte Verzahnung von Wissenschaft und Praxis, um den Transfer des Wissens aus dem Hochschulbereich in die Industrie und umgekehrt zu gewährleisten
- Verbesserte Innovationstätigkeit und -fähigkeit

**Demographische Entwicklung** (Abele und Reinhart 2011; Grömling 2009; Herrmann 2010; Jovane et al. 2009; Krysz 2011; Wartenberg und Haß 2005):

- Neue Lernformen, die an die Lernfähigkeit älterer Mitarbeiter angepasst sind
- Geänderte Anforderungen an das Wissensmanagement im Unternehmen
- Angepasste Gestaltung der Arbeitsplätze

Die Zielgrößen der Produktion von morgen haben sich von der klassischen Zielgröße „Auslastung“ hin zu den Zielgrößen des so genannten magischen Dreiecks „Qualität“, „Kosten“ und „Zeit“ entwickelt (Wildemann 2004). Der Klimawandel und eine zunehmende Ressourcenverknappung führen dazu, dass dieser Zieldreiklang um die Rahmenbedingung Nachhaltigkeit erweitert werden muss (Abele und Reinhart 2011). Außerdem führt in erster Linie die Dynamisierung der Produktlebenszyklen dazu, dass Produktionssysteme wandlungsfähig gestaltet werden müssen (Abele und Reinhart 2011; Jovane et al. 2009), siehe Abbildung 4.

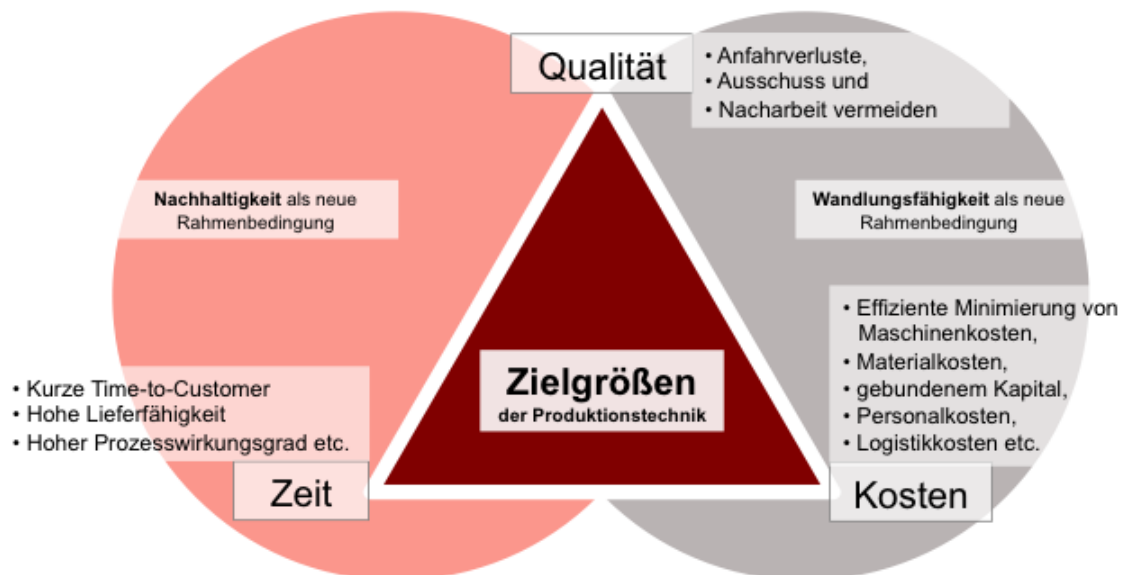


Abbildung 4: Erweiterte Zielgrößen der Produktionstechnik (Quelle: Nach Gienke et al. 2007; Kletti und Schumacher 2011; Abele und Reinhart 2011)

Um die Wandlungsfähigkeit des Produktionssystems sicherzustellen, bedarf es Mitarbeiter, die flexibel eingesetzt werden können. Diese Flexibilität muss, neben der zeitlichen Flexibilität im Hinblick auf Arbeitszeiten, insbesondere in Bezug auf die Qualifikation des Personals gewährleistet sein (Abele et al. 2007). So muss bei den Mitarbeitern eine vielfältige Problemlösekompetenz entwickelt werden, die

auf Wissen und Qualifikationen verschiedener Bereiche basiert (Brunner 2008; Heyse und Erpenbeck 2009). Außerdem ist es notwendig, den Mitarbeiter zu befähigen, Arbeitsprozesse zu gestalten (Bergmann und Ulich 1999). Auf diese Weise können die benötigten effizienten und wettbewerbsfähigen Prozesse verwirklicht werden (Lenske 2009).

Von den Herausforderungen und den verschiedenen Forschungsthemen der Produktion von morgen aus Abele und Reinhart (2011) (mittlere Spalte Abbildung 5) können relevante Lernfabrikthemen (rechte Spalte Abbildung 5) abgeleitet und übergeordneten Themenkomplexen (linke Spalte Abbildung 5) zugeordnet werden.

	Identifizierte Forschungsthemen	Lernfabrikrelevante Themen
<b>Mensch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das atmende und wandlungsfähige Produktionsnetzwerk</li> <li>• Durchgängiges, nachhaltiges Wissen für die Produktion</li> <li>• Durchgängige Informationssysteme zur Planung und Steuerung</li> <li>• Die demographieorientierte Fabrik</li> <li>• Kognition in der Produktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuierliche Verbesserung (zielgerichtet, mitarbeiterorientiert)</li> <li>• Führung und Coaching am Shopfloor (Train the trainer)</li> <li>• Strukturierte Problemlösung</li> </ul>
<b>Technik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Know-How-Schutz in dynamischen Märkten</li> <li>• Neue Produktionstechnologien und –systeme für Energiesysteme</li> <li>• Der zukunftsorientierte Prototypen- und Formenbau</li> <li>• Neue Produktionstechnologien für die Märkte von morgen (Medizin, EMS, E-Mobility etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieeffizienz</li> <li>• Neue Technologien</li> <li>• Low-Cost Automatisierung</li> <li>• Qualität</li> </ul>
<b>Organisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganzheitliche Simulation von Produktionssystemen</li> <li>• Durchgängige Informationssysteme zur Planung und Steuerung</li> <li>• Von der Quellen-Senken- zur Kreislaufwirtschaft</li> <li>• Methoden zur integrierten Entwicklung nachhaltiger Produkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die digitale Fabrik</li> <li>• Werkzeugmanagement</li> <li>• Intralogistik</li> <li>• Shopfloor Management</li> <li>• Integrierte Produkt- und Produktionsprozessentwicklung</li> <li>• Arbeitssicherheit</li> </ul>

Abbildung 5: Zuordnung der Forschungsthemen zu den Kategorien mit beispielhafter Angabe relevanter Lernfabrikthemen

Die übergeordneten Themenkomplexe in Abbildung 5 entsprechen der Untergliederung eines soziotechnischen Systems nach Ulich (1991). Dabei soll verdeutlicht werden, dass aktuelle Lernfabrikthemen die gesamte Bandbreite soziotechnischer Systeme adressieren und nicht nur einen Teilausschnitt. Es sei angemerkt, dass sich die Teilaspekte *Mensch*, *Technik* und *Organisation* nicht exakt trennen lassen und miteinander in Verbindung stehen. Ebenso lassen sich manche Forschungsthemen auch in einen anderen Teilaspekt eines soziotechnischen Systems einordnen als hier dargestellt.

Diese relevanten Lernfabrikthemen (siehe Abbildung 5) wurden während der ersten Lenkungs-kreis-ausschüsse mit den Innovationsmentoren diskutiert und erweitert. Dabei wurden folgende zusätzliche, wichtige Lernfabrikthemen identifiziert:

- Integrierte Produkt- und Produktionsprozessentwicklung: Einerseits wird die Produktentwicklung mit Hilfe von Methoden der schlanken Produktion optimiert, um besonders die Entwicklungsdauer zu reduzieren, andererseits wird die Produktentwicklung enger mit der Produktion und deren Prozesse verzahnt, um einen reibungsfreien Übergang von Entwicklung zu Produktion zu gewährleisten
- Demographieorientierte Fabrik: Eine bessere Integration der älteren Belegschaft in die betrieblichen Abläufe, gezielter Wissenstransfer von erfahrenen Mitarbeitern zu jüngeren Mitarbeitern

- Kognition in der Produktion: Die Kognition in der Produktion umfasst sowohl die Fähigkeiten und Kompetenzen der Mitarbeiter in der Produktion als auch die Integration intelligenter Produktionsmaschinen, die eigenständig in die Produktionsprozesse eingreifen können

## TP 1.2 Ermittlung der Erwartungen aus Unternehmenssicht an unterschiedliche Zielgruppen

### Ziele des Teilprojekts:

- Erwartungen aus Unternehmenssicht an unterschiedliche Zielgruppen von Schulungen im Themenfeld der Produktionsverbesserung
- Einbeziehen von Studierenden und von Vertretern verschiedener Hierarchieebenen produzierender Unternehmen

### Für die Befragung der produzierenden Unternehmen wurden drei Teilbereiche bearbeitet:

- Identifikation der Zielgruppen und Vorbereitung der Interviews - Interviewleitfäden
- Durchführung der Interviews
- Transkription und Auswertung der Interviews

Als Hauptzielgruppen in produzierenden Unternehmen wurden Gruppen aus vier Bereichen (A-D) identifiziert. Bei den Studierenden wurden Eingangssemester des ingenieurwissenschaftlichen Bachelorstudiums während eines Lehrgangs in der Lernfabrik befragt (vgl. Abbildung 6).

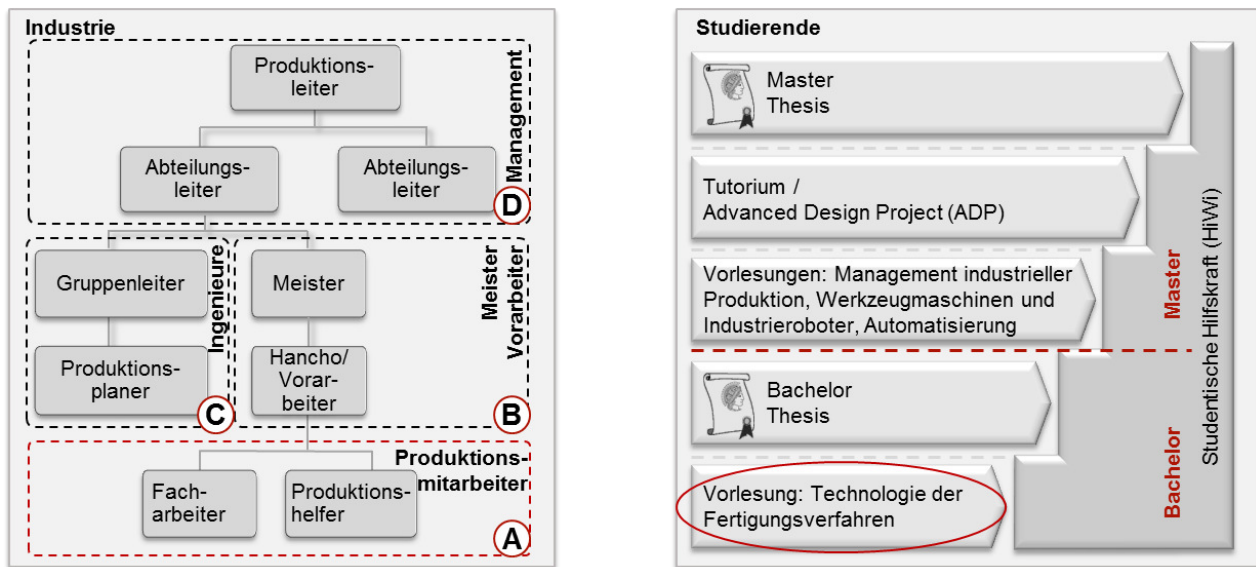


Abbildung 6: Zielgruppen aus der Industrie und Studierende

Um ein möglichst umfassendes Meinungsbild zu erhalten, wurden fünf Interviews mit neun Interviewpartnern sowohl in den Produktionstypen der Einzelfertigung als auch in der Mehrfachfertigung geführt. Zur Durchführung der Interviews wurden Fragenkataloge entwickelt, die Fragen zu den beiden Kernbereichen „Beitrag zu Produktionsverbesserungen“ und „Schulung von Verbesserungsfähigkeiten“ enthalten:

#### *Beitrag zu Produktionsverbesserungen und Hinweise zur Verbesserung*

- 1 Wie tragen die einzelnen Gruppen zu Produktionsverbesserungen bei?
- 2 Inwiefern könnten die einzelnen Gruppen noch mehr zu Produktionsverbesserungen beitragen?
- 3 Welche Fähigkeiten, Erfahrungen und Kenntnisse sind wichtig, damit diese einzelnen Gruppen, zur Produktionsverbesserung beitragen können? Welche Fähigkeiten sind weniger ausgeprägt?

#### *Schulung von Verbesserungsfähigkeiten*

- 4 Wie werden bei den einzelnen Gruppen die erforderlichen Fähigkeiten gegenwärtig geschult? Welche Fähigkeiten werden dabei weniger zuverlässig erlangt? Wie sollten sie zukünftig geschult werden?
- 5 Sind Schulungen in Lernfabriken bekannt und welche Meinung haben die Experten dazu?

## Befragung der Zielgruppe Industrievertreter

1 *Wie tragen die einzelnen Gruppen zu Produktionsverbesserungen bei?*

- A: Produktionsmitarbeiter bringen sich unterschiedlich stark in Problemlöseprozesse ein: Von reinem Hinweis auf Prozessabweichungen und zur Verfügungsstellung von Prozess-Know-how bis hin zu geschlossenen Problemlöseprozessen<sup>2</sup>.
- B: Meister sollen zum einen Mitarbeiter in die Problemlösung einbinden und Feedback geben, zum anderen Hinweise auf Prozessabweichungen geben und eine gemeinsame Definition der Vorgehensweise bei Problemlösung mit Ingenieuren vornehmen.
- C: Ingenieure bringen sich unterschiedlich stark in Problemlösungsprozess ein: Nur bei fachlich komplexen Problemen über längeren Zeitraum bis hin zu Hauptbearbeiter im Problemlöseprozess (geschlossene Problemlöseprozesse).
- D: Das Management ist der Haupttreiber des Problemlöseprozesses, besitzt aber nicht die detaillierte Prozesskenntnis, um Verbesserungsprozesse inhaltlich zu treiben. Im Tagesgeschäft ist das Management nicht immer in Verbesserungen involviert (geringe Einforderung von geschlossenen Problemlöseprozessen).
- Der Beitrag der verschiedenen Zielgruppen zum Problemlösungsprozess hängt darüber hinaus vom Fertigungstyp ab und ist in der Einmalfertigung stärker ausgeprägt.
- Verbesserungsprozesse starten überwiegend bottom-up, werden aber top-down getrieben.

2 *Inwiefern könnten die einzelnen Gruppen noch mehr zu Produktionsverbesserungen beitragen?*

- Produktionsverbesserungen sollten mit möglichst vielen Prozessbeteiligten stattfinden.
- Es müssen hierzu Gelegenheiten eingeräumt bzw. geschaffen werden (zeitlich).
- Ein höherer Beitrag aller Gruppen zu Produktionsverbesserungen kann nur durch tägliches Einfordern am Ort der Wertschöpfung durch die Führungskräfte erfolgen.
- Die Führungskraft sollte wenige, einfache standardisierte Methoden in täglichen Routinen mit den Mitarbeitern anwenden.
- Die Rollenzuweisung und Form der Zusammenarbeit sollte möglichst exakt geklärt sein: Die Aufgabenbeschreibungen der Vorarbeiter und der Meister sind auf schnelle Prozessverbesserungen auszurichten.

3 *Welche Fähigkeiten, Erfahrungen und Kenntnisse sind wichtig, damit diese einzelnen Gruppen, zur Produktionsverbesserung beitragen können? Welche Fähigkeiten sind weniger ausgeprägt?*

- A: Mitarbeiter müssen eine tiefgehende Prozesskenntnis, inkl. Kenntnis des Arbeitsstandards besitzen. Darüber hinaus müssen sie den Sinn und Zweck der Prozessverbesserung und der damit verbundenen Datenerfassung für die Ursachenanalyse kennen.
- B: Meister müssen den Prozess verstehen. Vereinzelt wird zusätzlich darauf hingewiesen, dass die Meister aber auch die Methoden der Prozessverbesserung anwenden können müssten.
- C: Ingenieure müssen die Fähigkeit besitzen, den gesamten Problemlöseprozess handzuhaben (Kenntnis des gesamten fachlichen Methodenwissens).
- D: Management muss die Fähigkeit besitzen, eine tiefgehende Auseinandersetzung mit der Problemlösung einzufordern (Verständnis für die Wichtigkeit dieser Vorgehensweise).

4 *Wie werden bei den einzelnen Gruppen die erforderlichen Fähigkeiten gegenwärtig geschult? Welche Fähigkeiten werden dabei weniger zuverlässig erlangt? Wie sollten sie zukünftig geschult werden?*

---

<sup>2</sup> Unter einem geschlossenen Problemlöseprozess wird in Anlehnung an das Konstrukt der vollständigen Handlung eine Handlung verstanden, die sich aus Problemidentifikation, Problemanalyse, Lösungsplanung sowie -umsetzung und Lösungsbewertung zusammensetzt Hacker 1973.

- A: Mitarbeiter werden anhand von konkreten Problemen in der Produktion geschult. Eine Methodenschulung findet nicht statt, bzw. findet nur einmalig zu Beginn der gemeinsamen Verbesserungen statt (teilweise bei Meistern identisch).
- Bei Mitarbeitern (A) und Meistern (B) ist es wesentlich für den Verbesserungsprozess, „das Feuer zu entfachen“. Viele der Probleme benötigen keine aufwendigen Methodenkompetenzen sondern eher ein strukturiertes Problemlöseverhalten.
- C: Ingenieure müssen die Methoden zur Produktionsoptimierung beherrschen und im eigenen Umfeld auch anwenden können. Ingenieure erhalten externe Methodenschulungen. Dabei bestünde jedoch die Gefahr, dass „unterschiedliche Level“ entstehen.
- D: Das Management muss die Methoden zur Produktionsoptimierung kennen. Es erhält Managementschulungen. Teilweise werden auch Schulungen intern durch das Management, durchgeführt. Ziel ist das Anstoßen einer Kaskadenschulung.
- Es wird auch eine Prozesskenntnis bei den Dozenten verlangt.

#### 5 Sind Schulungen in Lernfabriken bekannt und welche Meinung haben die Experten dazu?

- Lernfabriken sind den interviewten Experten bekannt.
- Lernfabriken werden als sehr positiv bewertet: „Greifbar“, „Erfolgserlebnis“, „Selbstwirksamkeit“, „fester Termin für Schulung“, „raus aus dem Tagesgeschäft“, „Sensibilisierung“ und „Mindset für Change“.
- Durch die alleinige Lernfabrikschulung entsteht jedoch noch keine Methodensicherheit. Lernfabriken bieten zu wenige Ansätze, um den Transfer der Methoden zu erleichtern.
- Schulungen, insbesondere für Mitarbeiter, müssten noch mehr in der Realsituation stattfinden, Unterstützung zum Methodentransfer und auch zur Vertiefung (Forderung nach Ergänzung des Lernfabrikansatzes durch situative Schulung vor Ort).
- Mitarbeiter (Gruppe A) werden bislang kaum in Lernfabriken geschult.

#### Befragung der Zielgruppe Studierende

- Die Schulungsform der Lernfabrik wird als praktische Ergänzungsform zu theoretisch ausgerichtetem Lernangebot in hohem Maße akzeptiert.
- Es besteht ein Bewusstsein darüber, dass Handlungskompetenz nur über Handlungen in der Realsituation erlangt werden kann.
- Neben fachlich-methodischen Kompetenzen wird der Lernfabrikansatz als eine Möglichkeit gesehen, die Fähigkeit zur Arbeit in Gruppen zu erweitern: Erlangen sozial-kommunikativer Kompetenzen.
- Eine Erweiterung von Lernfabrikschulungen auf andere Ingenieursdisziplinen wird von einigen Studierenden angeregt.

#### Schlussfolgerungen für den weiteren Projektverlauf

- Verbesserungsprozesse sollten in einem präzisen und formalisierten Rollenverständnis der verschiedenen Zielgruppen erfolgen.
- Als Fähigkeiten für Verbesserungsprozesse scheint ein tiefgehendes Prozessverständnis besonders wichtig. Je weiter in Richtung der Mitarbeiter, desto mehr Wissen liegt im Prozess, je weiter in Richtung des Managements, desto mehr Wissen in der Methode.
- Dennoch wird die Sensibilisierung für eine bessere Prozesskenntnis auf Führungsebene als wesentlicher Erfolgsfaktor bekräftigt. Die eigene Einschätzung, Schulungen auf Führungsebene zu schärfen, wird bestätigt. Dies könnte beispielsweise eine Schulung für Führungskräfte zum Thema „Verhalten und Einstellung im Verbesserungsprozess“ sein.
- Auf Mitarbeitererebene scheint überwiegend informelles Lernen im Arbeitsprozess bzw. das Lernen aus vom Management geschaffenen Routinen die übliche Schulungsform zu sein. Auf hö-

heren Ebenen (Ingenieur/Management) sind dezidierte Schulungen verbreitet. Die Lernfabrik wird lediglich ab der Meisterebene, eher Ingenieurs-/Technikerebene genutzt.

- Lernfabriken werden von allen Befragten als äußerst positiv eingeschätzt. Aber der Transfer von der Lernfabrik auf eigene Arbeitsprozesse sollte stärker adressiert werden.
- Bestätigung des eigenen Eindrucks, dass „Mitarbeiter“ bislang kaum in Lernfabriken geschult werden.

Schulungen könnten für ein präzises und formalisiertes Rollenverständnis gruppenübergreifend (Gruppe A-D) in ihrer späteren und realen Zusammensetzung durchgeführt werden. Darüber hinaus sollte eine stärkere Unterstützung des Methodentransfers, z.B. durch Prozessbegleitungen vor Ort angestrebt werden.

## TP 2 Analyse bestehender Lernsysteme

### TP 2.1 Analyse von Lernumfeldern unter technischen, organisatorischen und finanziellen Aspekten

#### Ziele des Teilprojekts:

- Identifikation und Morphologisierung bestehender Lernsysteme
- Entwicklung und Pilotierung einer mehrdimensionalen Bewertungssystematik
- Anwendung der Bewertungssystematik in Bezug auf technische, organisatorische und finanzielle Aspekte

Unter dem Begriff Lernsystem (bzw. Lehrsystem oder Kompetenzentwicklungssystem) wird im Projekt in Anlehnung an Heimann et al. (1972) das Zusammenspiel von Intention, Lerninhalten, Lehrmethoden und Lehrmitteln/Lehrmedien sowie die Integration aller beteiligten Personen, d.h. sowohl Lehrpersonal als auch Schulungsteilnehmern, und damit verbundenen Interaktionen verstanden. Eine Diagnostik der Zielerreichung (Lernerfolg) mit darauffolgender Anpassung der Gestaltungselemente kann ebenso Teil des Lernsystems sein (Kuhlmann und Sauter 2008). Lernsysteme im Sinne des Projekts beschreiben demzufolge die vollumfänglichen Lehr-Lern-Arrangements.

Lernfabrik als Lernsystem: In den Domänen der Produktionstechnik sowie der Betriebsorganisation stellen Lernfabriken ein solches System dar, das handlungsorientiertes Lernen ermöglicht. Die Lernumgebung akzentuiert dabei maschinenbauspezifische Kompetenzen in einem Teilbereich (Subdomäne) der Domänen „Produktionstechnik“<sup>3</sup> und „Betriebsorganisation“<sup>4</sup> (vgl. Abbildung 7).

Fachlich-methodische Kompetenzen sind domänenspezifisch – die Ergebnisse des Forschungsprojekts werden aus diesem Grund für die Subdomäne exemplarisch erarbeitet. Darauffolgend kann eine Verallgemeinerung der Ergebnisse stattfinden.

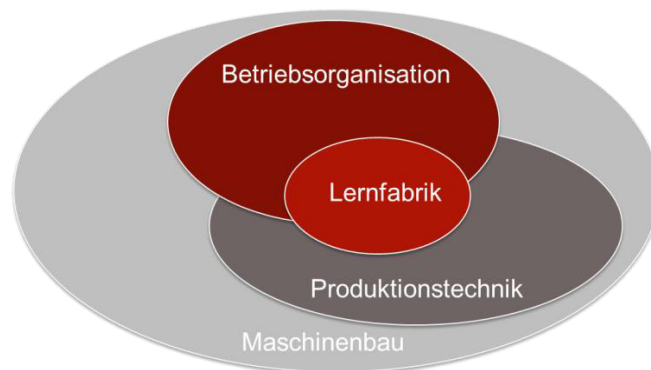


Abbildung 7: Domänenstrukturen für Lernfabriken im Sinne des Projekts

Lernfabriken verfolgen einen handlungsorientierten Ansatz, bei dem Mitarbeiter in einer produktionstechnischen Lehr-/Lernumgebung mit hohem Realitätsgrad Kompetenzen durch strukturierte Selbstlernprozesse in verschiedenen Domänen erlangen. Lernfabriken akzentuieren verschiedene Lehrme-

---

<sup>3</sup> Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik untergliedert die Produktionstechnik weiter in die Fachgebiete „Spanende Werkzeugmaschinen und Fertigungsverfahren“, „Umformende Werkzeugmaschinen und Fertigungsverfahren“, „Montage und Robotik“ und „Betriebswissenschaften“ (WGP 2015).

<sup>4</sup> Nach dem Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. (REFA) gibt die Betriebsorganisation den Ordnungsrahmen für die Optimierung des ganzheitlichen, wirtschaftlichen und menschengerechten Betriebsgeschehens vor (Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation 1993).

thoden, mit dem Ziel, den Lehr-/Lernprozess möglichst nah an eine reale Problemstellung heran zu rücken (Tisch et al. 2013).

Ausgehend von zahlreichen Erhebungen in Einrichtungen der Aus- und Weiterbildung sowie den Erfahrungen, die das PTW in dem Netzwerkverbund kooperierender europäischer Hochschulen als Betreiber schon bestehender Lernfabriken besitzt, wurde die Ausgestaltung existierender Lernfabriken anhand von Parametern erfasst und mittels einer Morphologie dargestellt. Dabei wurden die einzelnen Parameter mittels spezifischer Merkmale/Kriterien differenziert. Nachfolgend werden die einzelnen Parameter zur Ausgestaltung vorgestellt und in Abbildung 8 zusammengefasst dargestellt. Ein weiterentwickeltes und ausdetailliertes Beschreibungsmodell ist in weiterführenden Veröffentlichungen zu finden (Abele et al. 2015; Tisch et al. 2015b).

<b>Betreiber</b>	Industrie	Beratung	<b>Universität</b>	Fachhochschule	Berufsschule
<b>Nutzungsziel</b>	<b>Aus- und Weiterbildung</b>		Forschung	Sonstiger ind. Nutzen	
<b>Zielgruppen Industrie</b>	Facharbeiter		<b>Ingenieure</b>	Manager	
<b>Zielgruppen Hochschule</b>	Studenten			Wissenschaftliche Mitarbeiter	
<b>Sonstige Zielgruppen</b>	Lean Experten / Spezialisten			Sonstige Berater	
<b>Zielbranchen</b>	<b>Maschinenbau</b>	<b>Automobil</b>	Chemie	Elektronik	Versicherungen, Banken etc.
<b>Verwendetes Produkt</b>	Reales Produkt			Künstliches (Didaktik-) Produkt	
<b>Abgebildete Produktionsprosse</b>	Zerspanung	<b>Montage</b>	Logistik	IT	Indirekte Bereiche Qualität
<b>Lernfabrik-Modulinhalte</b>	<b>Prozessoptimierung</b>		Diagnose	Systemgestaltung	Qualitätskontrolle
	Qualität		Materialfluss	Technologische Opt.	Lean Transfer
<b>Größe der Lernfabrik</b>	< 300 qm	<b>300 – 1000 qm</b>	1000 – 5000 qm	> 5000 qm	
<b>Anzahl Kursteilnehmer</b>	< 5	5 – 10	<b>10 – 20</b>	20 – 30	> 30
<b>Moduldauer in Stunden</b>	< 2h	2h – 5h	<b>5h – 10h</b>	10h – 20h	> 20h
<b>Abgebildete Funktionen</b>	<b>Produktion</b>	Vertrieb	Einkauf	Ideenmgmt.	Entwicklung Prod.planung/-kontrolle
<b>Integrierte Lehrmethoden</b>	<b>Vortrag</b>	<b>Demonstration</b>	Tutorium	WBT	<b>Simulation</b>
	<b>Diskussion</b>	Fallstudie	Rollenspiel	Planspiel	Lernzelle

Abbildung 8: Lernfabrik Typologie (beispielhaft hervorgehoben die „typische“ Lernfabrik der durchgeführten Untersuchung)

**Betreiber:** Lernfabriken werden in vielen Fällen von Industrieunternehmen betrieben, um eigenes Personal oder auch die Mitarbeiter der Zulieferer zu schulen. Toyota setzt dabei beispielsweise auf ein ganzes Netzwerk von Lernfabriken, mit dem im Zentrum stehenden Global Production Center in Japan sowie Trainingscentern an jedem Standort (Rumpelt 2005). Immer häufiger betreiben auch nicht produzierende Organisationen Lernfabriken. Als Beispiel können hierfür Modellfabriken an Universitäten, Fachhochschulen, Berufsschulen sowie Modellfabriken von Beratungsgesellschaften (Zeyer 2004) aufgeführt werden.

**Nutzungsziel:** In den meisten Fällen werden Lernfabriken für die Aus- und Weiterbildung betrieben. Hierbei dient die Produktionsumgebung einer realitätsgetreuen Simulation, durch die der Aufbau und die Erweiterung von Kompetenzen bei Studierenden und Mitarbeitern erreicht werden sollen. Häufig werden außerdem Forschungsaktivitäten mithilfe von Lernfabriken vorangetrieben. Dabei gewährt die

Lernfabrikumgebung Einblicke in Produktionsprozesse, die in der Realität für die Forschungsmitarbeiter nur schwer zugänglich sind. Darüber hinaus ist die Nutzung von Lernfabriken mit sonstigem industriellen Nutzen denkbar, bei dem die Lernfabrikumgebung als Testumgebung dient (Sihn 2011). Die parallele Verfolgung mehrerer dieser Nutzungsziele ist in vielen Lernfabriken gegeben.

**Zielgruppen:** Zielgruppen für Lernfabriken der Produktionstechnik können in die Segmente Universität, Industrie und Beratung aufgeteilt werden. Zielpersonen an Universitäten sind in erster Linie Studenten aus produktionsnahen Master- und Bachelorstudiengängen, die mithilfe von Lernfabriken in einer realen Produktionsumgebung Erfahrungen sammeln können. Des Weiteren gehören auch Forschungsmitarbeiter zur Zielgruppe der Lernfabriken. In der realen Produktionsumgebung können Testläufe und Experimente zu erforschenden Technologien und organisatorischen Problemstellungen durchgeführt werden. Aus der Industrie können sowohl operative Mitarbeiter, Ingenieure als auch Mitarbeiter höherer Hierarchieebenen zu Themen der schlanken Produktion geschult werden. Abbildung 9 zeigt eine Verteilung der Schulungsteilnehmer in der Prozesslernfabrik CiP der TU Darmstadt über die Hierarchieebenen. Außerdem werden Unternehmensberater (u.a. Lean-Experten) in Lernfabriken geschult (Reiner 2009).

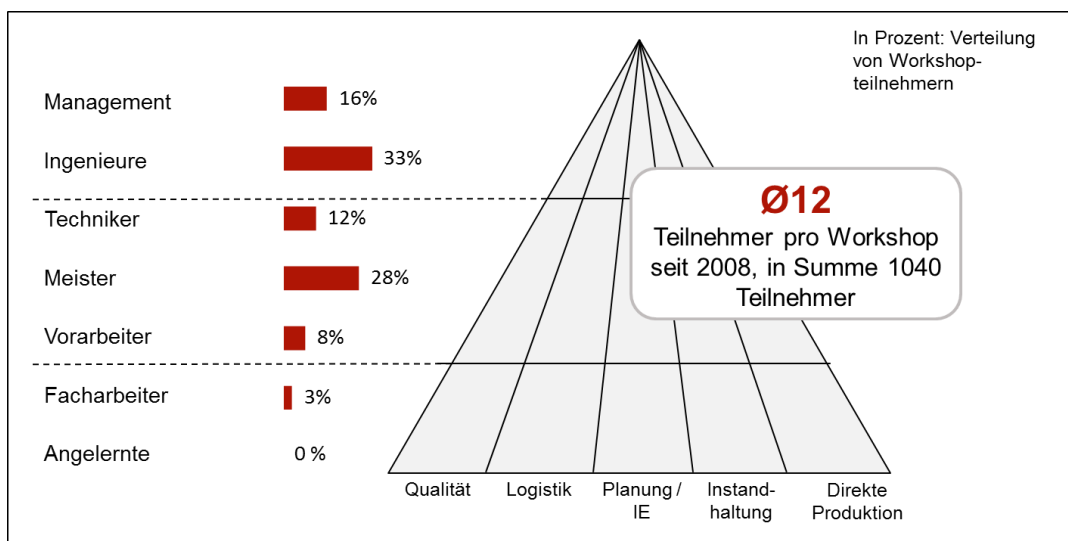


Abbildung 9: Verteilung der Workshopteilnehmer über die Hierarchieebenen in der Prozesslernfabrik CiP seit 2008

**Branche/Produktionstyp:** Die Ausgestaltung der Lernumgebung einer Lernfabrik ist häufig durch den zugehörigen Industriezweig (Zielbranche) des zu schulenden Personals geprägt. Lernfabriken werden in der Regel für eine oder mehrere ausgewählte Industrien bzw. Branchen konzipiert. Aktuelle Lernfabriken sind in erster Linie für den Maschinen- und Anlagen- oder den Fahrzeugbau entworfen. Lernfabriken für weitere Branchen werden ebenfalls vereinzelt betrieben (Reiner 2009). Besonders relevant ist hierbei auch, welcher Produktionstyp von der jeweiligen Lernfabrik abgebildet wird (Einzelfertigung, Serienfertigung, Massenfertigung, kontinuierliche Fertigung, etc. - für umfängliche Typologisierung industrieller Produktionssysteme vergleiche Corsten (1995). In heutigen Lernfabriken werden in vielen Fällen Kleinserienfertigungen abgebildet.

**Produkt:** Um die Realitätsnähe der Lernumgebungen, den Systemgedanken der Produktionsumgebung sowie auch die Überzeugungskraft zu steigern, werden in Lernfabriken Produkte verwendet, die abhängig von den gewählten Systemgrenzen über den (Teil-)Wertstrom fertiggestellt werden. Hierbei werden häufig reale Produkte genutzt, die in dieser Form auch am Markt angeboten werden (vgl. Prozesslernfabrik CiP Darmstadt). Montierte Produkte können demontiert und die meisten Einzelteile entsprechend in den Wertstrom reintegriert werden. In seltenen Fällen werden artefaktische Produkte verwendet, die häufig in der Funktion eingeschränkt sind (Didaktikbauteil, vgl. SEW-Getriebemotor in der Prozesslernfabrik CiP), oder aus Plastikspielbausteinen zusammengesetzt werden (vgl. Porsche

Academy). Es wird hierbei auf die Realitätsnähe des Produktes zu Gunsten eines weniger komplexen Montageprozesses verzichtet. In wenigen Fällen kann von den Teilnehmern der Schulung in einem vorgelagerten Produktentwicklungsprozess das Produkt sogar selbst entworfen werden (vgl. Slot-Car TU Wien (Jäger et al. 2013)).

**Produktionsprozesse:** Um komplexe Produktionsumgebungen abbilden zu können, benötigen Lernfabriken einen mehrstufigen Produktionsprozess (oftmals ausgehend vom Wareneingang über die Bearbeitung der Rohmaterialien bis zur Montage der fertigen Produkte und dem Versand) ggf. inklusive Produktionssteuerung, Logistik und Qualitätsmanagement. In diesen authentischen Produktionsprozessen können Methoden zur Prozessoptimierung in realistischer Produktionsumgebung demonstriert, getestet, vermittelt und erlebt werden. Mit der Erweiterung um die indirekten Bereiche Vertrieb, Produktionsplanung und -steuerung etc. verfügen die Lernfabriken in einigen Fällen über weitere Elemente eines Industrieunternehmens.

**Integrierte Funktionen:** Im Mittelpunkt etablierter Lernfabriken stehen bislang die direkt mit der Produktion verbundenen Prozesse. Heutige Lernfabriken werden jedoch teilweise bereits an den Schnittstellen der Produktion erweitert. Weitere Abteilungen wie Vertrieb, Entwicklung, Produktionsplanung und -kontrolle oder Ideenmanagement werden so in die Lernumgebung aufgenommen. Aus der Lernfabrik entwickelt sich durch die Erweiterung um indirekte Prozesse zunehmend ein Modellunternehmen. In Abbildung 10 ist beispielhaft eine Wertschöpfungskette dargestellt, entlang derer Lernfabriken erweitert werden können.



Abbildung 10: Lernfabriken entlang der Wertschöpfungskette (Wertschöpfungskette in Anlehnung an Bullinger et al. (2009))

**Integrierte Lehrmethoden:** Lernfabriken integrieren in der Regel eine Vielzahl unterschiedlicher Lehrmethoden, wobei das handlungsorientierte Lernen in der Produktion, also das aufgabenspezifische Problemlösen in realitätsgetreuer Lernumgebung, das Alleinstellungsmerkmal des Lernsystems Lernfabrik darstellt. Weitere Lehrmethoden wie Instruktionen, Fallstudien, Rollenspiele, etc. unterstützen den Lernprozess. Eigenschaften der Lehrmethoden werden in TP 2.2 detaillierter betrachtet.

Lerninhalte in Lernfabriken sind häufig dem Bereich der Schlanen Produktion zuzuordnen. Zunehmend werden jedoch auch weitere Bereiche und Problemstellungen mithilfe von Lernfabriken adressiert. Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse einer Literaturstudie der TU Graz (Micheu und Kleindienst 2014).

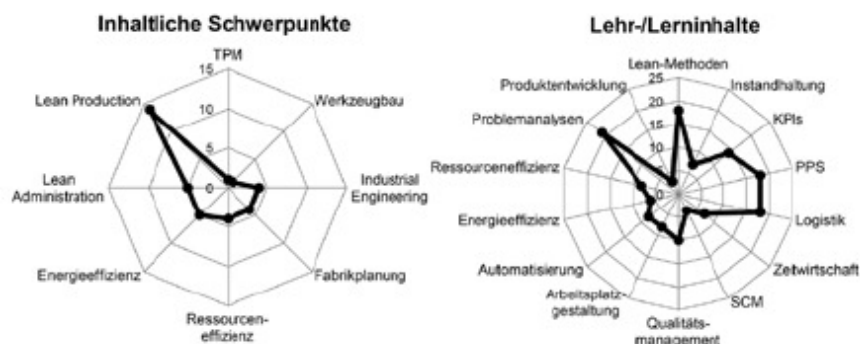


Abbildung 11: Aktuelle Schwerpunkte und Lehr-/Lerninhalte von Lernfabriken (Micheu und Kleindienst 2014)

Heutige Lernfabriken der Universitäten haben durchschnittlich 400 bis 500 Quadratmeter Fläche zur Verfügung (Umfrage unter den WGP-Instituten<sup>5</sup>, 2013). Der zeitliche Rahmen der Lehrmodule fällt unterschiedlich aus: Sowohl Veranstaltungen mit wenigen Stunden als auch Module über mehrere Tage oder sogar ganze Wochen werden angeboten. An den Lernfabrikmodulen partizipieren dabei zu meist zehn bis 20 Teilnehmer.

Ziel des Teilprojekts ist es, eine mehrdimensionale Bewertungssystematik bezogen auf finanzielle, technische und organisatorische Aspekte zu entwickeln, zu pilotieren und anzuwenden. Aufbauend auf den dargestellten Lernfabriktypologien wird diese Bewertungssystematik aufgesetzt und angewendet.

Die Zusammenhänge zwischen einzelnen Gestaltungselementen und technischen, organisatorischen und finanziellen Aspekten werden in Abbildung 12 aufgezeigt.

Ein Großteil der finanziellen, technischen und organisatorischen Aspekte wird direkt durch die gewählten Lehrmethoden determiniert. Eine detailliertere Bewertung der Aspekte vor diesem Hintergrund findet in TP 2.2 statt.

Kategorie	Subkategorie	abhängig von
finanziell	Investitionen (Maschinen, Anlagen, Equipment, etc.)	<b>abgebildeten Produktionsprozessen</b> Lehrmethoden Zielbranchen
	Personalkostensätze	<b>Betreibern</b>
	Material für den Betrieb	<b>Lehrmethoden</b> <b>Produkten</b> <b>abgebildeten Produktionsprozessen</b>
	(Kalkulatorische) Hallenkosten	<b>Größe der Lernfabriken</b> Betreiber
	Finanzierung	<b>Nutzungszielen</b> <b>Zielgruppen</b>
technisch	Technologiekomplexität	<b>abgebildeten Produktionsprozessen</b> Zielbranchen Lehrinhalten Nutzungszielen
	Technologieintensität	<b>Lehrmethoden</b> <b>Abgebildete Produktionsprozesse</b>
organisatorisch	Organisatorischer Aufwand für die Durchführung	<b>Lehrmethoden</b> <b>abgebildeten Produktionsprozessen</b> <b>abgebildeten Funktionen</b> <b>Nutzungszielen</b>
	Organisatorischer Aufwand für die Vorbereitung/Planung	<b>Lehrmethoden</b> <b>Nutzungszielen</b>

Abbildung 12: Übersicht über den Einfluss der Gestaltungsparameter in Bezug auf lernumgebungsrelevante finanzielle, technische und organisatorische Aspekte (direkte Abhängigkeiten fett, indirekte Abhängigkeiten normal)

**Finanzielle Aspekte** spielen sowohl beim Aufbau des Lernsystems (einmalige Investitionen) als auch beim Betrieb (laufende Kosten/Einnahmen) eine Rolle. Entscheidende Parameter für komplexe Lernsysteme sind die Elemente Investitionen, Personalkostensätze, Material für den Betrieb, Hallenkosten sowie die Frage nach der Finanzierung.

<sup>5</sup> WGP-Institute sind in Forschung und Lehre innerhalb der Domäne Produktionstechnik aktiv und wurden deshalb als Zielgruppe für die Befragung identifiziert.

Die **technischen Aspekte** der Lernumgebungen können mithilfe der Parameter Technologiekomplexität der Lernumgebung und Technologieintensität der Lernumgebung abgedeckt werden. Eine Übersicht hierzu ist in Abbildung 13 gegeben.

Die Technologiekomplexität ist eine technisch-organisatorische Kenngröße. Sie bemisst sich aus der Anzahl, dem Zusammenwirken, der Verschiedenheit sowie der Veränderbarkeit abgebildeter Produktionsprozessschritte. Die Komplexität des Produkts nimmt zusätzlich Einfluss auf die Technologiekomplexität der Lernumgebung.

Die Technologieintensität ist eine didaktisch-methodische Kenngröße. Sie beschreibt den Grad des Einbezugs der verfügbaren Technologien in die Lehr-Lernprozesse.

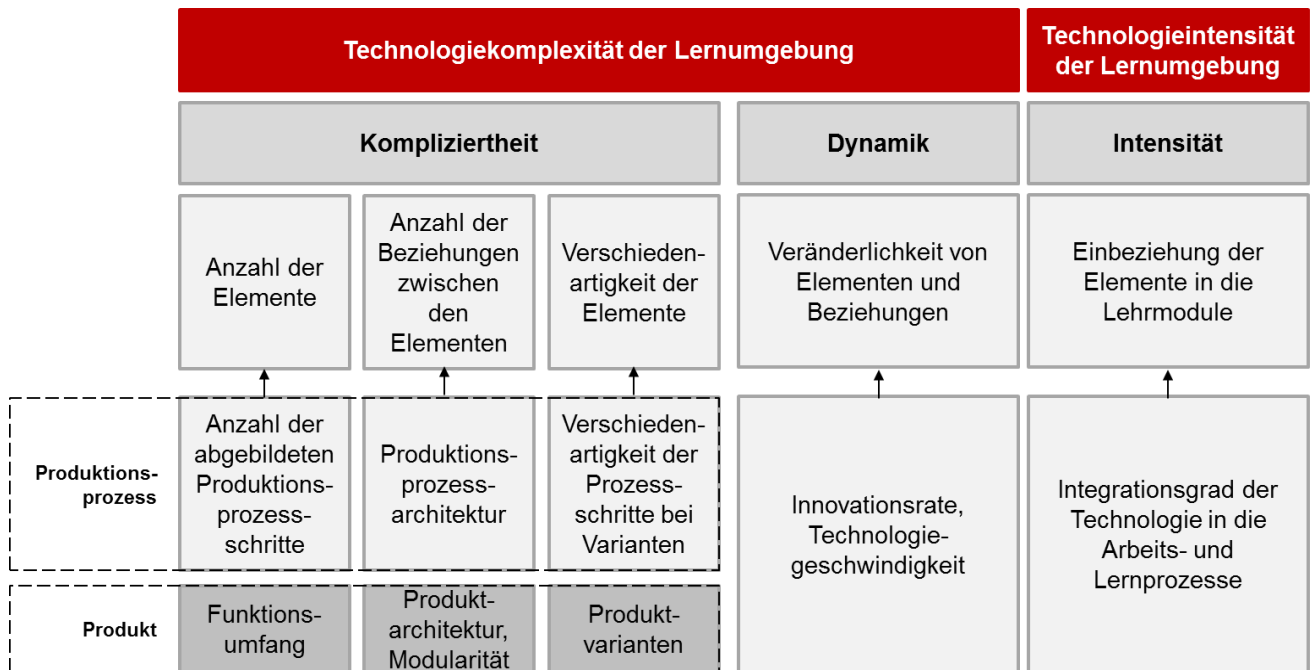


Abbildung 13: Bewertung der technischen Aspekte der Lernumgebungen (Erweitert in Anlehnung an Lang (2000))

Als relevante **organisatorische Aspekte** können der Aufwand für die Durchführung und die Planung des Lehrmoduls unterschieden werden. Diese organisatorischen Aspekte sind maßgeblich von den gewählten Lehrmethoden abhängig und werden aus diesem Grund in TP 2.2 detailliert bewertet.

## TP 2.2 Analyse von Lernmethoden bezüglich der Vorgehensweise und einbezogener Hilfsmittel

### Ziele des Teilprojekts:

- Identifikation und Morphologisierung bestehender Lehr-Lernmethoden
- Validierung der Ergebnisse mit den Innovationsmentoren
- Entwicklung einer Entscheidungsheuristik mit Abbruchkriterien

Für die Entwicklung von Kompetenzen ist der Einsatz von Lehr-/Lernmethoden essentiell. Sie entsprechen allgemein Maßnahmen, welche die Lernenden innerhalb eines definierten Szenarios befähigen sollen Wissen zu generieren. Eine Unterscheidung zwischen Lehr- und Lernmethoden wird häufig mit der Intention vorgenommen, den aktiveren Part im Lehr-Lernprozess zu akzentuieren. Eine Instruktion kann demnach als Lehrmethode, eine Fallstudie hingegen als Lernmethode beschrieben werden. Derartige Differenzierungen sind jedoch häufig unscharf, da die jeweiligen Methoden diesbezüglich nur selten exakt festlegbar sind. Im Weiteren werden daher – vom Grundsatz der Lernfabrik als Lernumgebung ausgehend – die Begriffe Lehr- und Lernmethoden synonym verwendet.

In Anlehnung an Tenberg (2011) wurden Bewertungskriterien entwickelt, deren Ausprägungen die Lehrmethoden nach pragmatischen Gesichtspunkten in adressatenbetonte versus dozentenbetonte Methoden polarisieren.

Diese daraus entstandene Morphologisierung dient der Charakterisierung von Lehrmethoden. Sie unterstützt die methodisch-konzeptionelle Konkretisierung des Lernfabrik-Curriculums, indem sie systematisiert methodische Alternativen bereitstellt (Abel et al. 2013).

<b>Grad der Dozenten-Adressaten-Beteiligung</b>	Gewichtung der Aktivität der Beteiligten
<b>Rolle der Lehrenden</b>	Ausprägung der Rolle des Dozenten
<b>Realitätsnähe der Lernumgebung</b>	Abbildung der Lernumgebung realitätsnah oder –fern
<b>Arbeitsbezug des Lernens</b>	Ausprägung ob Lernprozess weitestgehend oder gar nicht der tatsächlichen Arbeitsausführung entspricht
<b>Räumlicher Bezug zwischen Lernort und Arbeitsplatz</b>	Ausprägung ob Lern- und Arbeitsplatz am selben Ort oder getrennt sind
<b>Auswirkung hinsichtlich des Produktionsrisikos</b>	Inwiefern der räumliche Bezug von Lernort und Arbeitsplatz ein (Produktions-)Risiko für das Unternehmen darstellt
<b>Art des Lernprozesses</b>	Fremd- oder selbstgesteuerter Lernprozess
<b>Transferförderlichkeit</b>	Inwiefern die im Lernprozess angeeigneten Kompetenzen in reguläre Arbeitsprozesse und andere Arbeitsumfelder transferiert werden können
<b>Lerninhalte bei gegebener Zeit</b>	Stoffdichte der Lehrmethode bei begrenzter Zeit
<b>Zeitliche Flexibilität für Durchführung der Lehrmethoden</b>	Inwiefern Lernmodule in ihrer zeitlichen Abfolge zeitlich flexibel einsetzbar sind
<b>Zeitlicher Aufwand für Vorbereitung und Planung</b>	Erforderliche zeitliche Kapazitäten für Vorbereitung und Planung der Lehrmethode
<b>Materielle Ressourcen</b>	Umfang der für die Lehrmethode notwendigen materiellen Ressourcen, z.B. Unterrichtsmaterialien
<b>Räumliche Ressourcen</b>	Umfang der für die Lehrmethode notwendigen räumlichen Ressourcen, z.B. Seminarräume, Shopfloor
<b>Personelle Ressourcen</b>	Für die Lehrmethode notwendigen personellen Ressourcen, z.B. Anzahl und Funktion der Verantwortlichen
<b>Kosten pro Teilnehmer</b>	Kosten der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung der Lehrmethode
<b>Anforderungen an den Lehrenden</b>	Notwendige Voraussetzungen, beispielsweise fachliche, methodische und soziale Kompetenzen, seitens des Lehrenden
<b>Skalierbarkeit der Lehrmethode</b>	Skalierbarkeit der Lehrmethode auf den Umfang der Teilnehmerzahl
<b>Reproduzierbarkeit der Lehrmethode</b>	Inwiefern Lehrmethode ohne hohen Aufwand reproduziert werden kann

Abbildung 14: Definition der Charakterisierungskriterien für die Morphologie der Lehrmethoden

Zunächst werden Lehrmethoden ausgewählt, die eine große Bandbreite von Methoden mit unterschiedlichen Ausprägungen im Hinblick auf objektivistische und konstruktivistische Merkmale abdecken (Baumgartner, P., Payr, S. 1997; Kuhlmann und Sauter 2008; Bonz 2001; Kaiser und Kaiser 1991; Tramm 1992; Zumbach 2003; Bonz 1995; Bönsch 2000; Mausolf und Pätzold 1982; Krause 2007). Hierbei wurden Lehrmethoden wie Instruktion, Diskussion und Debatte, Fallstudie, Demonstration, Tutorium, Rollenspiel, Simulationsspiel, Webinar, Lernen im realen Produktionsumfeld, Projektmethode oder Lerninsel identifiziert. Im Anschluss werden Charakterisierungskriterien definiert. Diese sind in Abbildung 14 aufgelistet und beschrieben. Die Charakterisierungskriterien können weiter zu Clustern (Involvierte Personen, Lernumfeld, Prozess und Aufwand) zusammengefasst werden. Schließlich findet für jede Lehrmethode eine Zuordnung der Ausprägungen hinsichtlich der Charakterisierungskriterien statt. Abbildung 15 zeigt beispielhaft eine solch entwickelte Morphologie für die Lehrmethode Lerninsel<sup>6</sup>.

Cluster	Bewertungskriterium	Ausprägung						
		Dozentenbetont		Dozenten-Adressatenbeteiligt		Adressatenbetont		
Involvierte Personen	Grad der Dozenten-Adressaten-Beteiligung	Dozentenbetont		Dozenten-Adressatenbeteiligt		Adressatenbetont		
	Rolle der Lehrenden	Vortragender		Tutor		Coach		Mentor
Lernumfeld	Realitätsnähe der Lernumgebung	Traditionelles Klassenzimmer		Spezifische Simulationsumgebung		Simulierte reale Produktionsumgebung		Reale Fabrik
	Arbeitsbezug des Lernens	Arbeitsverbunden		Arbeitsgebunden		Arbeitsorientiert		
	Räumlicher Bezug zwischen Lernort und Arbeitsplatz	Entkoppelt		Arbeitsnah		Integriert		
	Auswirkung hinsichtlich des Produktionsrisikos	Geringes Risiko		Mittleres Risiko		Hohes Risiko		
Prozess	Art des Lernprozesses	Fremdgesteuert			Selbstgesteuert			
	Transferförderlichkeit	Gering		Mittel		Hoch		
	Lerninhalte bei gegebener Zeit	Gering		Mittel		Hoch		
Aufwand	Zeitliche Flexibilität für Durchführung der Lehrmethoden	Gering		Mittel		Hoch		
	Zeitlicher Aufwand für Vorbereitung und Planung	Gering		Mittel		Hoch		
	Materielle Ressourcen	Gering		Mittel		Hoch		
	Räumliche Ressourcen	Gering		Mittel		Hoch		
	Personelle Ressourcen	Gering		Mittel		Hoch		
	Kosten pro Teilnehmer	Gering		Mittel		Hoch		
	Anforderungen an den Lehrenden	Gering		Mittel		Hoch		
	Skalierbarkeit der Lehrmethode	Gering		Mittel		Hoch		
Reproduzierbarkeit der Lehrmethode	Gering		Mittel		Hoch			

Abbildung 15: Bewertungsmorphologie am Beispiel Lerninsel

Die zugrundeliegende Morphologie wurde im Rahmen des zyklisch stattfindenden Projekttreffens mit den Projektpartnern validiert. Konsens dieser Validierung ist die Eignung für die praktische Anwendbarkeit aus Sicht der Innovationsmentoren. Für die Entwicklung einer daraus resultierenden Entscheidungsheuristik wurde von den Innovationsmentoren darauf hingewiesen, dass diese für die Unternehmensrealität handhabbar sein müsse.

<sup>6</sup> Die Lehrmethode Lerninsel verbindet Erfahrungslernen mit intentionalen Lernprozessen, indem Lerninseln in Arbeits- und Produktionsprozessnähe angeordnet werden (Dehnbostel 1998). Somit wird eine Arbeitsinfrastruktur mit einer Lerninfrastruktur verbunden und die Bearbeitung realer komplexer Arbeitsaufgaben möglich.

## TP 2.3 Analyse von Zielgruppen, u.a. hinsichtlich des Vorwissens und Abstraktionsvermögens

### Ziele des Teilprojekts:

- Zielgruppenidentifikation
- Besuch von Aus- und Weiterbildungseinrichtungen und Piloteinrichtungen / Expertengespräche mit Ausbildern und Personalentwicklern
- Erstellung eines Benchmarks unter Berücksichtigung bestehender Marktanalysen und Studien - Vorstellung der Benchmark-Ergebnisse im Teilnehmerkreis

Der Benchmark ist mit der zentralen Fragestellung verbunden, wie *die Entwicklung effizienter Lernfabriken durch die Entwicklung eines systematischen Aufbaus zu realisieren* ist (1. Schritt im Benchmarking: Festlegung der Lernfabrik als Objekt, das durch Produkte, Methoden und Prozesse beschrieben wird). Aus Studien des TP 1.1 sind Lernfabriken als Lernumgebungen gekennzeichnet, in denen Wissen und Handeln reflexiv korrespondieren können. Ausgehend von dieser Annahme und dem Kenntnisstand über existierende Lernfabriken wurde in TP 2.1 eine entsprechende Morphologie konzipiert (2. Schritt im Benchmarking: Festlegung von Vergleichswerten).

Die Diskussion mit den Innovationsmentoren auf einem Lenkungstreffen führte zu der Entscheidung die komplexe Verflechtung zwischen Leitzielen, Wissensarten, Arbeitsbezügen des Lernens und Gestaltung dieser Lernprozesse mittels eines curricularen Modells zu beschreiben und dieses theoretisch zu fundieren. Die so generierten Elemente wurden mit Hilfe theoretischer Überlegungen aus dem Spektrum der Curriculumtheorie abgeglichen, um ein curriculares Modell zu entwickeln. In Abbildung 16 ist das Modell visualisiert.

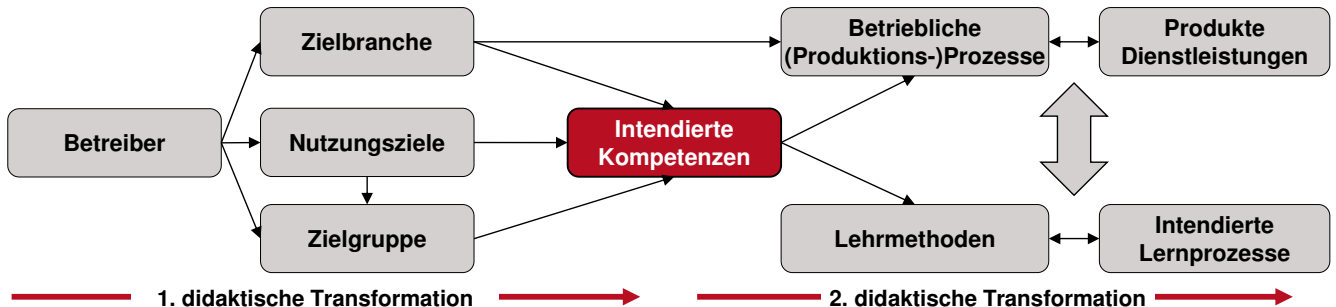


Abbildung 16: Curriculares Modell zur systematischen Gestaltung von Lernfabriken

Das Diagramm ist in eine erste und zweite didaktische Transformation unterteilt. Die erste Transformation bezieht sich auf die Herleitung von Curricula, die zweite Transformation auf deren konzeptionelle Umsetzung. Erste didaktische Transformation heißt hier, aus einer betrieblich-technischen Gesamtsituation Kompetenzbedarfe zu ermitteln, welche sich hochgradig individuell auf die Zielbranche, die Nutzungsziele und Zielgruppen beziehen, wobei im Hintergrund immer auch der jeweilige Betreiber steht. Diese Kompetenzbedarfe müssen als Lernziele formuliert werden, um dann in der zweiten Transformation konzeptionell umgesetzt werden zu können. In Antizipation spezifischer Lernprozesse werden dabei Lehrmethoden festgelegt, welche die einschlägigen Produkte und Produktionsprozesse so akzentuieren, dass ein zielgerichtetes Alternieren von Handeln und Verstehen ausgelöst wird.

Für die Nutzung des curricularen Modells sind die folgenden beiden Fragen aufzuwerfen (5. Schritt im Benchmarking: Eigene Best Practice entwickeln):

1. Wie können bereits bestehende Lernumgebungen hinsichtlich eines spezifischen Kompetenzerwerbs didaktisch verbessert werden?
2. Welche Lernprozesse und -wirkungen können im Hinblick auf die intendierten Kompetenzen mit verbesserten Lernumgebungen erreicht werden?

Konkret gilt es nun zunächst für eine bestehende und in der Praxis bereits bewährte Lernumgebung ein Curriculum nachzuarbeiten, welches deren methodische Implikationen einerseits angemessen aufgreift und akzentuiert, andererseits aber auch möglichst weit relativiert und transzendiert, um die aktuelle Praxis wissenschaftlich fundiert überschreiten zu können.

Im Zentrum stehen dabei die beiden didaktischen Transformationen, also die erste Transformation zur Herleitung curricularer Aussagen und die zweite Transformation zur deren konzeptioneller Umsetzung. Dass diese unmittelbar miteinander verknüpft sind, zeigen alle bedeutsamen didaktischen Modelle. Speziell im Zusammenhang mit kompetenzorientiertem, beruflichem Lernen ist hier bislang der Ansatz von Bader (2004) der am umfassendsten rezipierte, welcher zur Einführung des sog. Lernfeldkonzepts in der Deutschen dualen Berufsausbildung Mitte der 1990er-Jahre entwickelt wurde. Dieses Modell beschreibt die erste Transformation als Generierung von (schulischen) Lernfeldern aus (beruflichen) Handlungsfeldern und antizipiert dabei die zweite Transformation im Sinne einer (schulischen) Umsetzung der Lernfelder in Lernsituationen. In den Lernfeldern werden berufliche Handlungen beschrieben, denen – gemäß der Kriterien von Klafki (2007) – eine hohe Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung sowie Exemplarität beigemessen werden kann. Dabei wird zwar in hohem Maße der Handlungsaspekt akzentuiert und auch die Vermittlung von Kompetenzen intendiert, konzeptionell werden diese jedoch nicht konkretisiert. Dies erscheint aktuell in der beruflichen Bildung allgemein und (im vorliegenden Fall) speziell für die Lernfabrik nicht mehr haltbar, da die hier zu vermittelnden Kompetenzen nicht nur als signifikanter Input für die situativ-methodische Umsetzung herangezogen werden sollen, sondern auch soweit expliziert und differenziert sein müssen, dass sie nach Durchlaufen der jeweiligen Settings angemessen überprüft werden können.

Zur Vorbereitung der Interviews wurde – gemeinsam mit den Innovationsmentoren – ein Leitfaden mit offenen Fragen zu folgenden Teilaspekten generiert und pilotiert: a) Planungshintergrund bzw. didaktische Überlegungen, b) Definition von Betreiber und Zielgruppe, c) Zielsetzungen, d) Einsatz von Produkten und Prozessen als Lernträger, e) Vorstellung des „typischen“ Verlaufs eines Workshops, f) Angaben über die angestrebte Förderung (nach Kompetenzen strukturiert) und g) eine Einschätzung bezüglich Stärken und Schwächen des Lernfabrikkonzepts (Schritt 3 des Benchmarking: Datengewinnung).

### Interviewumfrage

Mithilfe einer Interviewumfrage verschafft sich das Projektteam „Idefix“ einen Überblick über die Situation an bereits bestehenden Lernfabriken. Diese Studie dient einerseits dazu, Kontakte mit den Vertretern der einzelnen Lernfabriken aufzunehmen, die diversen Ausgestaltungen dieser Art der Lernumgebung kennenzulernen und in Bezug zur Prozesslernfabrik CiP zu stellen. Andererseits zielt die Befragung auch darauf ab, einen Vergleich zwischen der realen Umsetzung und dem entwickelten theoretischen Modell (siehe Abbildung 16) anzustellen sowie dieses darauf zu prüfen, inwieweit es in der Lage ist, eine Lernfabrik vollständig zu beschreiben.

Die Befragten sind kompetente Vertreter existierender Lernfabriken, ausgewählt nach ihrem Informationsgrad bezüglich der alltäglichen Abläufe und den planerischen Hintergründen.

Die Lernfabriken sind angegliedert an:

Hochschulen	7
Industrieunternehmen	3
Berufsschulen	2
Unternehmensberatungen	1

Die Interviews wurden telefonisch bzw. persönlich in den Lernfabriken durchgeführt und transkribiert. Die Auswertung orientiert sich an den bei Mayring (2002) beschriebenen Schritten zur Durchführung einer qualitativen Inhaltsanalyse. Dazu wurden die Transkripte in das Codierungstool MAXQDA eingepflegt und in einem mehrstufigen Prozess ausgewertet. In einer ex-ante-ex-post Kombination<sup>7</sup> wurde zunächst ein Kategorisierungssystem erarbeitet und auf einem Lenkungstreffen<sup>8</sup> diskutiert. Im Detail heißt dies, dass zunächst ein grobes Gerüst von Codes durch die Interviewer selbst erstellt wurde, dann von einer unabhängigen Person die Codierung vorgenommen und Codes ergänzt wurden. Schließlich folgten eine Feinabstimmung der Codes in Absprache mit den Interviewern und der eigentliche Codierungsprozess. Die Intracoderreliabilität lag durchschnittlich bei 94%, während die erfasste Inter-coderreliabilität bei 88% lag.

**Zugrundeliegendes didaktisches Konzept<sup>9</sup>** (insgesamt 32 Nennungen)

Die Kriterien sind zumindest rudimentär erfüllt	44%
Die didaktischen Ansätze entsprechen den gesetzten Bedingungen nicht, da wichtige Elemente fehlen	19%
Es ist kein Konzept vorhanden	37%

**Der Kompetenzbegriff ist unklar oder nicht bekannt** (insgesamt 11 Nennungen)

Der Begriff Kompetenz in der Ausdifferenzierung nach Erpenbeck und Rosenstiel ist nicht bekannt	27%
Die Antworten sind Interpretationen der genannten Kompetenzen oder Umschreibungen	73%

**Direkte Förderung von Kompetenzen** (34 Nennungen)

Fachlich-methodische Kompetenzen	47%
Aktivitäts- und umsetzungsorientierte Kompetenzen	41%
Sozial-kommunikative Kompetenzen	12%
Personale Kompetenzen	0%

**Indirekte Förderung von Kompetenzen** (15 Nennungen)

Sozial-kommunikative Kompetenzen	67%
Personale Kompetenzen	20%
Aktivitäts- und umsetzungsorientierte Kompetenzen	13%
Fachlich-methodische Kompetenzen	0%

**Nicht-Förderung von Kompetenzen** (10 Nennungen)

Sozial-kommunikative Kompetenzen	70%
Aktivitäts- und umsetzungsorientierte Kompetenzen	20%
Personale Kompetenzen	10%
Fachlich-methodische Kompetenzen	0%

<sup>7</sup> Die Kombination von ex-ante-Kategorien (Systemtheorie: Kategorien, die im Vorhinein festgelegt werden) und ex-post-Kategorien (Empirie: Kategorien, die im Nachhinein gefunden werden) verbindet die Vorteile beider Vorgehensweisen und reduziert dabei deren Nachteile. Während die ex-ante-Kategorien zunächst einen groben Rahmen für die Befragungsauswertung liefern, ermöglicht das ex-post-Vorgehen die Generation von zusätzlichen Kategorien, durch die die Aussagen der Interviewten exakt getroffen werden.

<sup>8</sup> Lenkungstreffen sind etwa vierteljährliche Treffen, zu denen alle Beteiligten des Projekts, (Innovationsmentoren, Professoren und wissenschaftliche Mitarbeiter zusammen kamen, um die neuesten Entwicklungen zu diskutieren und die nächsten Schritte zu planen.

<sup>9</sup> Unter einem didaktischen Konzept verstehen die Autoren dieses Berichts die Planungen zu den elementaren Bestandteilen, den zu vermittelnden Inhalten, den Zielen, den Lehr-/Lernmethoden und den eingesetzten Medien bzw. Lernträgern sowie die Verknüpfung und gegenseitige Abstimmung dieser vier Elemente aufeinander.

**Prozesse** (insgesamt 56 Nennungen, davon die Hauptnennungen)

Montage	23%
Logistik	21%
Spanende Fertigung	18%
Auftragsabwicklung	13%
Qualität	7%

**Produkte und Dienstleistungen** (insgesamt 25 Nennungen)

Reale, oft marktnahe Produkte	84%
Dienstleistungen, stets in Bezug zur Auftragsabwicklung	16%

### **Verallgemeinerter „typischer“ Ablauf:**

Die Workshops beginnen in der Regel mit einem Theorieblock, einer dozentenorientierten Phase in einem klassischen Schulungsraum, in der die theoretischen Fachinhalte vermittelt werden. Die Teilnehmer befinden sich hierbei in einer überwiegend passiv-rezeptiven Rolle. Anschließend erfolgen der Ortswechsel und die Umsetzung des soeben Erlernten. Die praktischen Aufgaben, in schriftlicher Form erteilt, sollen in Gruppen bewältigt werden. Die Trainer, die meist für Nachfragen zur Verfügung stehen, streben ein selbstständiges Problemlösen bei den Teilnehmern an. Die Lösungswege sind daher offen oder nur leicht geführt. Die Lösungsfindung stellt eine direkte Auseinandersetzung mit einem realen Produkt oder einem Fertigungsprozess dar, der ähnlich auch in Industriebetrieben ablaufen könnte. Nach der Praxisphase kommt es (nicht in allen Lernfabriken) zu einer Feedback- oder Reflexionsrunde. Je nach Durchführenden und Thema alterniert der Workshop unterschiedlich häufig zwischen den Polen Theorie und Praxis.

Die Untersuchung zeigt, dass die Schulungen in den vorhandenen Lernfabriken zwar durchaus anhand übergeordneter Konzepte, meist auf die Leitziele des Unternehmens ausgerichtet, stattfinden. Es existieren aber keine differenzierten Konzepte, in denen Ziele, zu vermittelnde Inhalte, reale betriebliche Prozesse sowie die in den Schulungen eingesetzten Methoden und Medien in begründete Beziehungen gesetzt und – davon ausgehend – aufeinander explizit abgestimmt sind. In allen untersuchten Lernfabrikansätzen wird eine Kompetenzentwicklung der Schulungsteilnehmer intendiert, wobei die Entwicklung fachlich-methodischer Kompetenzen und Aktivitäts- und umsetzungsorientierter Kompetenzen gegenüber sozial-kommunikativen (untergeordnet) und personalen Kompetenzen (weitgehend ausgespart) im Vordergrund steht. Allerdings wird aus der Befragung auch deutlich, dass bei der Konzeption der einzelnen Lernfabrikmodule nicht von einem übergeordneten Kompetenzmodell ausgegangen wird. Es liegen auch keine didaktisch-methodischen Grundüberlegungen für die Schulungsmaßnahmen vor, gleichzeitig wird aber das im Rahmen von „Idefix“ entwickelte Modell als sinnvoll erachtet und diesem Potenzial für eine Systematisierung gesehen.

### **Aus den Äußerungen der Interviewpartner ergeben sich Diskussionsbedarfe:**

- Manche Interviewpartner begründen mit der direkten Umsetzung der theoretischen Inhalte in praktischen Übungen eine direkte Förderung von aktivitäts- und umsetzungsorientierten Kompetenzen. Inwieweit kann bereits von einer direkten Förderung der Aktivitäts- und Umsetzungscompetenz gesprochen werden, wenn eine praktische Anwendung stattfindet bzw. welche Aspekte müssen diese Praxisphase ergänzen?
- Die Interviewpartner verweisen im Kontext der Förderung von sozial-kommunikativen Kompetenzen auf die Gestaltung der Lernsituation in Form von Gruppenarbeit, da diese Sozialform zur Kommunikation anregt. Kann die Gruppenarbeit per se die sozial-kommunikativen Kompetenzen fördern bzw. in welcher Art muss eine Rückmeldung über die Gestaltung, die Rollenverteilung und den Ablauf einer Gruppenarbeit im Hinblick auf deren Erfolg bzw. Misserfolg stattfinden?

- Einige Befragte äußerten, dass die Förderung der anwendungs- und umsetzungsorientierten Kompetenz nicht beabsichtigt ist, da man die Förderung dieser Kompetenzen eng an den finalen Umsetzungsprozess des Erlernten im teilnehmereigenen betrieblichen Umfeld bindet und dies grundsätzlich nicht von einer Lernfabrik geleistet werden könne. Kann dies doch realisiert werden und wenn ja, wie?

Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden innerhalb der Projektgruppe des „Idefix“-Projekts im Lenkungsausschuss mit den Innovationsmentoren diskutiert (Schritt 4 des Benchmarkings: Feststellung von Leistungslücken, Erörterung möglicher Ursachen). Die Gruppe ist übereinstimmend der Meinung, dass diese Ergebnisse trotz der kleinen Untersuchungsgruppe repräsentativ für die aktuell bestehenden Lernfabriken sind und daher für das laufende Projekt unmittelbar verwendet werden können. Auf Basis der Ergebnisse werden methodische Modifikationen für den weiteren Projektverlauf abgeleitet, die wie folgt zusammengefasst werden können:

- Es sind in jedem Falle Elemente zu implementieren, die darauf abzielen, die Zusammenarbeit mit den Teilnehmern über die Zeit des Workshops hinaus auszudehnen.
- In der Vorlaufphase eines Workshops ist eine Abfrage durchzuführen, die die Erwartungen, Ziele und Wünsche der Teilnehmer erfasst. Wenn dies möglich ist, sollen auch die Hintergründe erfragt werden. Also z.B. welche Erwartungen bewegen den Vorgesetzten dazu einen Mitarbeiter zu dieser Schulung zu schicken.
- Die Teilnehmer eines Workshops sollen nachbetreut werden. Das heißt, dass nach einer gewissen Zeit, die abhängig von den Zielsetzungen des Workshops und in Absprache mit den Teilnehmern festgesetzt wird, eine Rückkopplung zwischen der ausgebildeten Person in der jeweils eigenen betrieblichen Realsituation und dem Trainer aus der Lernfabrik stattfindet. Dieser Kommunikationsansatz bietet für beide Seiten Vorteile. Der Teilnehmer kann von seinen Erfahrungen bei der Umsetzung der neuen Inhalte berichten, Probleme können im Fachgespräch erörtert und gemeinsam Lösungswege erarbeitet werden, wodurch sich die betriebliche Situation verbessert und der Trainer seine Arbeit evaluiert. Gegebenenfalls neue Erkenntnisse fließen in die Lernfabrik zurück. Gleichzeitig erhält der Trainer durch den Besuch im Betrieb des Teilnehmers die Möglichkeit, seinen eigenen Praxisbezug aufzufrischen.

Zu den längerfristigen Zielen gehört die Sensibilisierung und Entwicklung der Kompetenzen von Lernfabrikbetreibern und -mitarbeitern im didaktischen Bereich. So fiel auf, dass der Kompetenzbegriff zum Teil inflationär benutzt wurde, jedoch eine klare Definition oder Abgrenzung z.B. zum Qualifikationsbegriff häufig fehlte. Die zentralen Elemente eines didaktischen Modells sind unterschiedlich stark ausgeprägt. Während die Inhalte und Medien klar benannt werden konnten, waren die Zielformulierungen eher pauschal, grob umrissen und verallgemeinernd. Extrem wurde mit dem Begriff Methode verfahren. In den Interviews wurde er 556 Mal genannt. Jedoch kaum im Sinne einer Lehr-/Lernmethode, sondern überwiegend mit fachlichem Bezug. Hier bildet die Schulung der Trainer ein großes Verbesserungspotential. Ziel ist es daher, ein Hilfsmittel in Form eines Planungstools zu entwickeln, das schrittweise und benutzerabhängig auf verschiedenen Pfaden durch das didaktische Modell führt. Ergänzend werden an den einzelnen Stationen Hinweise, Beispiele und Erläuterungen angeboten, um das Modell individuell auszugestalten.

Projektmitarbeiter, Professoren und Innovationspartner sind übereinstimmend der Meinung, dass das Curriculummodell die tragenden Elemente einer Lernfabrik vollständig abbildet und deren didaktische Beziehungen darstellt.

## **TP 3      **Aufbereitung bestehender Lernsysteme und Definition von Anforderungsprofilen verschiedener Zielgruppen****

### **TP 3.1      **Identifikation effektiver Lernformen aufgrund einer Auswertung der erhobenen Daten****

#### **Ziele des Teilprojekts:**

- Auswertung der Daten aus dem Benchmark
- Bewertung der Erkenntnisse vor dem Hintergrund der Forschungsliteratur
- Validierung der Ergebnisse mit den Innovationsmentoren (Workshops und Expertengespräche)

Nach Schüßler sind Lernformen Methoden und Mittel zur Gestaltung von Lernprozessen, die die Kompetenzentwicklung fördern und den Lernenden in die Lage versetzen, Wissen zu erschließen (Schüßler 2004).

Eine detaillierte Darstellung der Auswertung des Benchmarks findet sich aus Gründen der Übersichtlichkeit in TP 2.3.

#### **Extraktion der relevanten Auswertungsergebnisse zur Identifikation potentiell effektiver Lernformen**

- typischer Ablauf eines Lernfabrikworkshops (vgl. TP 2.3)
  1. Vermittlung der theoretischen Inhalte überwiegend in instruktiver Form.
  2. Anwendung der theoretischen Inhalte durch den Lernenden beim Lösen einer problemorientierten Handlungsaufgabe in einer Lehr-/Lernumgebung mit hohem Realitätsgrad; teilweise Reflexion des Erlernten
  3. Alternierende Vorgehensweise zwischen Schritt 1 und 2 für unterschiedliche zu vermittelnde Inhalte
- genannte Vorteile durch Experten im Rahmen des Benchmarks
  - Verknüpfung von theoretischen Inhalten mit industrienahen Praxisübungen
  - besseres Verständnis der theoretischen Inhalte durch Praxisbezug
  - Lernen „mit allen Sinnen“
- Ergänzung aus einer Studie des TP 2
  - informelles Lernen als dominierende Lernform auf Produktionsmitarbeiterebene
  - formelles Lernen als dominierende Lernform auf Managementebene

#### **Interpretation der Auswertungsergebnisse**

Der von den Experten positiv bewertete typische Ablauf von Workshops in Lernfabriken beinhaltet sowohl formelle als auch informelle Lernprozesse. Diese beiden Ausprägungen finden bereits heute in der betrieblichen Weiterbildung Anwendung. Unter formellem Lernen wird hierbei verstanden, dass der intendierte Lernprozess auf zuvor definierte Lernziele gerichtet ist. Diese werden dem Lernenden methodisch, strukturiert und geplant vermittelt. Informelles Lernen akzentuiert das Erfahrungslernen in der Arbeitstätigkeit, also bei der Durchführung einer Handlungsaufgabe im betrieblichen Umfeld. Eine zentrale Größe für die prospektive Gestaltung dieses Lernprozesses ist der Tätigkeitsspielraum, der aus dem Handlungs- und Entscheidungsspielraum des Lernenden besteht, insbesondere wenn dieser bei dessen Gestaltung partizipiert (Schelten 2005).

Bewertung der Erkenntnisse vor dem Hintergrund der Forschungsliteratur

- Empirische Untersuchungen zeigen auf, dass fachliche Kompetenzen von Facharbeitern überwiegend durch informelle Lernprozesse im betrieblichen Umfeld entwickelt werden. 60-80 % des Berufskönnens werden durch diese Lernform erworben (Dehnbostel 2007).

- Gerade vor dem Hintergrund der in TP 1.1 identifizierten Herausforderung einer sich wandelnden Produktion sind Qualifizierungskonzepte erforderlich, die sowohl formelles als auch informelles Lernen in der Handlungssituation der Arbeitstätigkeit berücksichtigen (Schelten 2005).
- Bei Facharbeitern sollte die Kompetenzentwicklung darauf gerichtet sein, auf das informelle Lernen im betrieblichen Umfeld vorzubereiten (Tenberg 2011).

### **Schlussfolgerungen für den weiteren Projektverlauf**

Bei der Entwicklung der Systematik zur Gestaltung von Lernmodulen und Lernfabriken (vgl. TP 4.2) ist zu beachten, dass durch die eingesetzten Verfahren und Mittel sowohl formelle als auch informelle Lernprozesse vorgesehen und so konzipiert werden, dass sie eng miteinander korrespondieren. Nur ein sinnvolles Alternieren beider Lernfacetten kann eine optimale Vermittlung der intendierten Kompetenzen herbeiführen.

Bei den informellen Lernprozessen stehen hier generell zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Entweder werden mittels Reflexion Problemsituationen aus den betrieblichen Prozessen der Lernenden in die Module integriert und ihnen die theoretischen Zusammenhänge ihres Erfahrungswissens mit systematischen Aufbereitungsphasen bewusst gemacht. Oder aber es werden durch ein realitätsnahes Nachbilden von Handlungsaufgaben, also durch die methodische Gestaltung einer authentischen Lernumgebung, die betriebliche Prozesse und Produkte/Dienstleistungen akzentuiert. Die formal organisierten Lernprozesse sind im Hinblick auf die in TP 2.2 dargestellten Lehrmethoden zu gestalten.

### **TP 3.2 Zusammenstellung eines Katalogs von Modulen und Kombinationsmöglichkeiten**

#### **Ziele des Teilprojekts:**

- Explikation der Lernmodule und Ermittlung von Kombinationen
- Reduktion durch Überführung in eine erweiterte Neun-Felder-Tafel entlang bestehender Vorarbeiten
- Ableitung und Verifizierung eines systematisierten Modulkatalogs

Eine Darlegung der Lernmodule und damit verbundene Kombinationsansätze sind zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich, da die Identifikation der Forschungsfelder und die Analyse vorhandener Lernsysteme und bestehender Lernfabriken gezeigt hat, dass die Anforderungsprofile für verschiedene Zielgruppen nur mittels einer didaktischen Konzeptionierung gewährleistet werden können. Eine solche Konzeptionierung ist unweigerlich mit der Fragestellung nach curricularen Verknüpfungen auf der Basis curricularer Theorien verbunden, deren Zusammenhänge im Folgenden skizziert werden.

Auch eine im Projektantrag angenommene Erweiterung der Neun-Felder-Tafel nach Reuther (2006) durch eine weitere Dimension hat sich im Verlauf des Forschungsprojekts als nicht tragfähig erwiesen. Diese Darstellungsform stützt sich auf diskrete Zustände. Die Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen, die ein Lernsystem kennzeichnen, sind nicht klar abtrennbar, gegenteilig sind sie interdependent und dynamisch, so dass aus der Typisierung bestehender Lernfabriken in TP 2.1 ein Curriculummodell entwickelt wurde, dessen Kernelement die intendierten Kompetenzen auf der Basis eines technisch-didaktischen Kompetenzmodells bilden. Die aus der Neun-Felder-Tafel hervorgehenden Zusammenhänge zwischen „Wissensarten“, „Arbeitsbezug des Lernens“ und „Gestaltung des Lernens“ können durch dieses Kompetenzmodell didaktisch adäquat erfasst und ebenfalls systematisiert werden.

Das in TP 2.3 vorgestellte Curriculummodell antizipiert zirkuläre Wechselwirkungen zwischen Reflexions- und Transferprozessen mittels komplexer Lehr-Lern-Arrangements, die das vernetzte Denken fördern und das Problembewusstsein fördern. Damit wird die von Dubs (2001) für schulische Curricula geforderte notwendige Differenzierung auch für den Hochschul- und Weiterbildungsbereich ermöglicht. Auch seine Forderungen nach der Verknüpfung von produktionsorientiertem mit prozessorien-

tiertem Lernen sowie die Verstärkung der Reflexion und Selbstevaluation anstelle von Fremdbeurteilung kann durch diesen curricularen Ansatz ermöglicht werden.

Somit ist eine curriculare Basis gefunden, die sowohl für hochschulbezogene Ingenieurausbildung als auch für den Weiterbildungssektor im Bereich Management, Ingenieure, Meister und Techniker spezifiziert und bezogen auf eine disziplinentorientierte Domäne oder Subdomäne gestaltet werden kann.

Durch diese Herangehensweise sollen auch die Überlegungen von Beauchamp (1972) aufgegriffen werden, der bereits Anfang der 70er-Jahre in seinen Überlegungen zu den „theoretischen Dimensionen der Curriculumkonstruktion“ sechs Bereiche benennt, die bei der entsprechenden Curriculumkonstruktion zu berücksichtigen sind; insbesondere die vom ihm hervorgehobenen Fragen „nach dem Produkt der Curriculumplanung, nach der beabsichtigten Anwendung des Curriculums, nach dem Ort der Curriculumentcheidung sowie nach den beteiligten Personen, den Verfahren und Erfolgskontrollen“ (Beauchamp 1972) können durch das vorgestellte Modell und dem entsprechenden Vorgehen beantwortet werden.

Auch neuere Abhandlungen zur Curriculumforschung greifen diese Aspekte wieder auf. Huisinga (2006) benennt als zentrale Aspekte der Curriculumforschung ein entsprechendes „Frageprogramm dem die Curriculumforschung folgt“ (Huisinga 2006). Gemäß diesem Fragekomplex leistet der Forschungsansatz des Projekts einen Beitrag zu der Fragestellung, inwieweit „gesellschaftliche Arbeitskomplexe so identifiziert werden können, dass sie unter Berücksichtigung sowohl der individualisierten Verhaltensdispositionen als auch der Qualifikationen (Anforderungen) zu Lernkomplexen werden“ (Huisinga 2006).

Insgesamt folgt die Curriculumentwicklung einem situationsanalytischen Ansatz, welcher zudem Grundlagen eines offenen Curriculummodells berücksichtigt, da die entwickelten Elemente als offene Elemente mit Modellcharakter angesehen werden, indem die sie generierenden Fragestellungen und Hypothesen anhand realer Belange entwickelt werden. Durch die Zusammenarbeit der beiden universitären Institute und der Innovationsmentoren kann von einem interdisziplinären Projektteam ausgegangen werden, so dass sich der Forschungsansatz in einem komplexen Entwicklungsprozess sowohl für die beteiligten Wissenschaftler als auch für die Praxis in der Industrie entfaltet. So konnte die konkrete Verwendungssituation mit der Entwicklung einer empirisch fundierten und effektbestätigten Generation von Lernfabriken, die sich als Plattform zum Kompetenzaufbau in der Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren und anderen Experten in der Produktionstechnik eignet, entsprechend gemeinsam festgelegt werden.

Im Forschungsvorhaben werden die Kompetenzen für die curriculare Einbettung einerseits aus der produktionstechnischen Forschung, andererseits aus der realen betrieblichen Situation der Industrieunternehmen abgeleitet (Kaiser und Kaiser 1991). Das dem zu Grunde liegende curriculare Modell wird über den Projektverlauf stetig weiterentwickelt und im Hinblick auf die Ansprüche einer Lernfabrik bzw. auf die Ansprüche von Personen, die innerhalb von Lernfabriken Lernmodule planen und durchführen, abgestimmt. Die Vorstellung der Endfassung des Modells erfolgt ausführlich in TP 6. Anschließend wird es im TP 7 als Grundlage für das Konzept des „Train-the-Trainer“-Workshops genutzt.

### TP 3.3 Ableitung der Erkenntnisse zu Anforderungsprofilen für die entsprechenden Zielgruppen

#### Ziele des Teilprojekts:

- Identifikation von Kompetenzen verschiedener Anspruchsgruppen
- Überführung der Einzelkompetenzen in zielgruppenspezifische Anforderungsprofile
- Spiegelung der Erkenntnisse an den Praxiserfahrungen der Innovationsmentoren

Einer der zentralen Ausgangspunkte für das Forschungsvorhaben ist die Erfassung der intendierten Kompetenzen auf der Basis eines technikdidaktischen Kompetenzmodells. Das verwendete Kompetenzmodell nach Tenberg basiert auf dem Grundansatz von Erpenbeck und Rosenstiel (Tenberg 2011; Erpenbeck und Rosenstiel 2007). Kompetenzen sind dabei allgemein humane Dispositionen zu einem eigenständigen Handeln (Erpenbeck und Rosenstiel 2007). Demgemäß lassen sich variable Handlungen aus Kompetenzen generieren. Umgekehrt können mehrere selbständige Handlungen, die in variablen Situationen ausgeführt werden, Aufschluss über die dahinter stehenden Kompetenzen geben (Tenberg 2011).

Innerhalb des Basismodells unterscheiden Erpenbeck und Rosenstiel zwischen vier Kompetenzklassen und zwei Kompetenztypen. Bei den vier Kompetenzklassen differenzieren sie in a) personale Kompetenzen als „Dispositionen einer Person, reflexiv selbstorganisiert zu handeln“, b) sozial-kommunikative Kompetenzen als „Dispositionen einer Person, kommunikativ und kooperativ selbstorganisiert zu handeln“, c) fachlich-methodische Kompetenzen als „Dispositionen einer Person, bei der Lösung von sachlich-gegenständlichen Problemen geistig und physisch selbstorganisiert zu handeln“ sowie d) Anwendungs- und Umsetzungs Kompetenzen als „Dispositionen einer Person, aktiv und gesamtheitlich selbstorganisiert zu handeln und dieses Handeln auf die Umsetzung von Absichten, Vorhaben und Plänen zu richten, entweder für sich selbst oder auch für andere und mit anderen im Team, im Unternehmen und in der Organisation“ (Erpenbeck und Rosenstiel 2007).

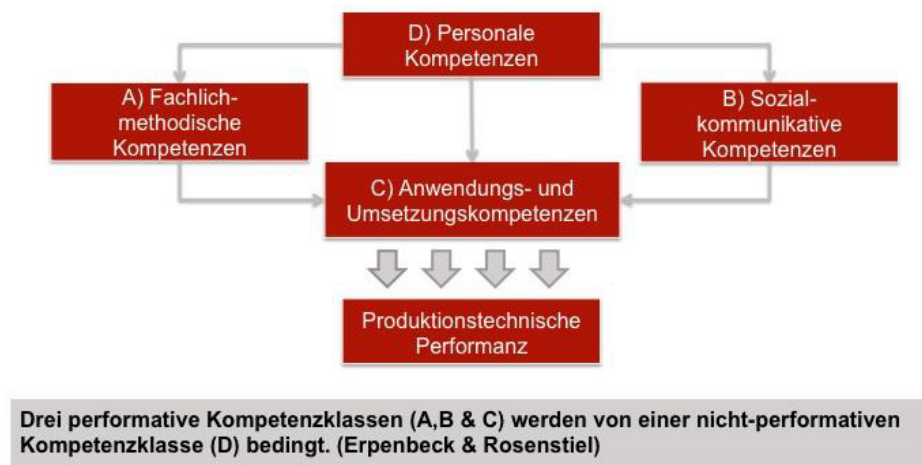


Abbildung 17: Spezifiziertes Kompetenzmodell in Anlehnung an Erpenbeck & Rosenstiel (2007).

Wie Abbildung 17 verdeutlicht, wirken personale Kompetenzen – gegenüber den anderen Teilkompetenzen – mittelbar, indem sie deren Erwerb, Entwicklung und Vernetzung maßgeblich bedingen, aber nur indirekte situative Relevanz als Meta- oder Schlüsselkompetenzen besitzen. Die drei performativen Kompetenzklassen sind situativ relevant, wobei die anwendungs- und umsetzungsorientierten Kompetenzen hochgradig situationsspezifisch wirken, während sich die fachlich-methodischen Kompetenzen und die sozial-kommunikativen Kompetenzen als situationsübergreifend darstellen. Sowohl die nicht performative Personalkompetenz als auch die beiden performativen, übersituativen Kompetenzklassen - fachlich-methodische und sozial-kommunikative Kompetenzen – beeinflussen die Anwendungs- und

umsetzungsorientierten Kompetenzen, so dass nur im Gefüge aller vier Kompetenzklassen ein professionelles Handeln entstehen kann, welches sich im Fall der betrachteten Subdomäne der Produktionstechnik letztlich als produktionstechnische Performanz darstellt (Tenberg 2011). Abbildung 17 stellt diesen Zusammenhang der Teilkompetenzen durch die Pfeilanordnung dar.

Als Ergänzung der Kompetenzklassen kontrastieren Erpenbeck & Rosenstiel zwei generelle Kompetenztypen. Damit kann das performative Anforderungsniveau, auf welches sich die Kompetenzklassen beziehen, spezifiziert werden. Generell gehen Erpenbeck & Rosenstiel davon aus, dass selbstorganisiertes Handeln als eine Form von Problemlösen einzuordnen ist. Diese kann in zwei grundlegenden Ansätzen erfolgen, zum einen durch Gradientenstrategien, zum anderen durch Evolutionsstrategien. Gradientenstrategien entsprechen einem algorithmischen Ansatz und eignen sich für Aufgaben mit geringer Situationsvarianz, während Evolutionsstrategien einem heuristischen Ansatz folgen und immer dann zum Tragen kommen, wenn Anforderungssituationen sich als komplexe oder neue Problemstellungen darstellen. Der Zusammenhang zwischen Kompetenzklassen und Kompetenztypen wird von Erpenbeck & Rosenstiel in Form einer Akzentuierung der Kompetenzklassen je nach Kompetenztyp hergestellt. Für Gradientenstrategien genügen überwiegend fachlich-methodische Kompetenzen, für Evolutionsstrategien sind zusätzlich Sozialkompetenzen erforderlich sowie eine stärkere Akzentuierung von Personal-kompetenzen (Erpenbeck und Rosenstiel 2007). Im Hinblick auf die fachlich-methodischen Kompetenzen sieht Tenberg (2011) eine Differenzierung durch den Problemlöseanspruch. Genügen für Gradientenstrategien zumeist handlungsnah, pragmatische Wissenskomponenten, erfordern Evolutionsstrategien zunehmend handlungsferne, tiefergehende Wissenskomponenten.

Für das technikedidaktische Kompetenzmodell als Kernelement im curricularen Ansatz der Lernfabrik bedeutet dies, dass bei der Beschreibung der Kompetenzen insbesondere die Kompetenzklassen modelliert werden müssen, die sowohl performativ als auch situationsübergreifend sind. Wie zuvor beschrieben, gilt dies für die fachlich-methodischen als auch für die sozial-kommunikativen Kompetenzen. Um dabei die Kompetenztypen berücksichtigen zu können, ist es speziell bei den fachlich-methodischen Kompetenzen notwendig, deren Wissensaspekte zu differenzieren.

In Anlehnung an das Wissensmodell von Renkl (2008) kann einem einfachen Handlungswissen immer ein tieferes konzeptuelles Wissen zugeordnet werden. Davon ausgehend sollen in „Idefix“ fachlich-methodische Kompetenzen mit der in Abbildung 18 dargestellten Matrixstruktur beschrieben werden. Wissen ist hierbei sowohl in der Breite als auch in der Tiefe erfassbar und ermöglicht eine Unterscheidung auf der Handlungs- als auch auf der Reflexionsebene. Auf der Handlungsebene wird sog. Professionswissen beschrieben, welches sowohl Sachwissen als auch das Prozesswissen beinhaltet.

Modul 1					
Übergreifende Kompetenz (komplexe Handlungsbeschreibung)					
Teilkompetenz	Wissen (in Tiefe und Breite)				Handlungen (Teilhandlung der Gesamtkompetenz als Lernhandlung = Performanz)
	Handlungsebene		Reflexionsebene		
	Professionswissen		Konzeptuelles Wissen		
	Sachwissen (Was)	Prozesswissen (Wie, Wann)	Begründungswissen (Warum)	Bezugswissen	
K 1.1					
K 1.2					
Modul 2					
Übergreifende Kompetenz (komplexe Handlungsbeschreibung)					

Abbildung 18: Matrixstruktur fachlich-methodischer Kompetenzen

Die Reflexionsebene wird durch sogenanntes konzeptuelles Wissen beschrieben, welches das hinter den einfachen Handlungen stehende Tiefenwissen, z.B. in Form physikalischer, mathematischer und

ingenieurwissenschaftlicher Zusammenhänge beschreibt. Die Konkretisierung sozial-kommunikativer Kompetenzen im Lernfabrik-Kontext wird in Zusammenhang mit TP 4 mit den Innovationsmentoren in Modellierungsworkshops konkretisiert.

Das hier beschriebene theoretische Modell und die darauf bezogen entwickelten Beschreibungsmatrizen für fachlich-methodische Kompetenzen bilden die Basis für die laufende Entwicklung einer systematisierten und effizienten Gestaltung von Lernmodulen in TP 4.

### TP 3.4 Empirische Untersuchung über den Bedarf an Lernfabriken

#### Ziele des Teilprojekts:

- Entwicklung eines quantitativen Fragebogens mit offenen und standardisierten Fragen über den Bedarf an Lernfabriken
- Durchführung der Befragung
- Auswertung der Befragung

Ziel der Untersuchung ist die Ermittlung des Bedarfs an Lernfabriken in Industrie und Hochschule.

Bei der im März 2013 durchgeführten Untersuchung handelt es sich um eine Online-Befragung mithilfe eines dynamischen Fragebogens (die Umfrage wurde mit Lime-Survey erstellt, vergleiche Abbildung 19). An der Untersuchung nahmen 27 Vertreter aus dem Hochschulsektor und 74 aus der Industrie teil.

Folgende Themen wurden für die Untersuchung als Ausgangspunkt genommen:

- Die Art und Relevanz von Weiterbildungsmöglichkeiten in Industrie und Hochschulen
- Die Einstellung zu Themen, die sich mit Lernfabriken effektiv und nachhaltig vermitteln lassen
- Der Schulungsbedarf im Industrie- und Hochschulsektor
- Die inhaltliche Ausrichtung der existenten Lernfabriken
- Verbreitung und Bekanntheit des Lernfabrik-Konzepts
- Der Bedarf an Lernfabriken im Industrie- und Hochschulsektor
- Die Gründe für nicht-existenten Bedarf an Lernfabriken

Umfrage

0%  100%

**Allgemeine Fragen**

\* Bitte bewerten Sie folgende Aussagen.

	Trifft zu	Trifft eher zu	Weder noch	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu	Keine Angabe
Die Weiterbildung von produktionsnahen Mitarbeitern und Führungskräften hat einen wesentlichen Einfluss auf den Erfolg eines Unternehmens.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weiterbildungsmaßnahmen in praxisnahen Lernumgebungen bzw. realen Produktionsumgebungen erleichtern einen erfolgreichen Transfer der Inhalte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

\* Wie sehr sollten sich Weiterbildungsmaßnahmen im produktionsnahen Bereich ihrer Meinung nach am Prinzip Learning-by-Doing orientieren?

Stark
  Mittelmäßig
  Wenig
  Gar nicht

Ich weiß nicht

Abbildung 19: Bildschirmfoto des mit Lime Survey erstellten Online-Tools

#### Konkretisierung der Zielgruppe Hochschule

- Rücklauf: 27/209 (12,9%)
- Zielgruppe: Professoren und Mitarbeiter an Fachgebieten, die thematisch zu bereits existierenden Lernfabriken passen
- Abdeckung aller Hochschulen in Deutschland
- Fachbereiche:
  - Maschinenbau
  - Produktion
  - Wirtschaftswissenschaften
  - Logistik
  - Arbeitswissenschaft
  - Weiterbildung

#### Konkretisierung der Zielgruppe Industrie

- Rücklauf: 74/9814 (0,75%)
- Zielgruppe: Mitarbeiter von produzierenden Industrieunternehmen (Die Zusammensetzung ist in Abbildung 20 dargestellt.)
- Auswahl umfragerrelevanter Branchen des Industriesektors in Deutschland

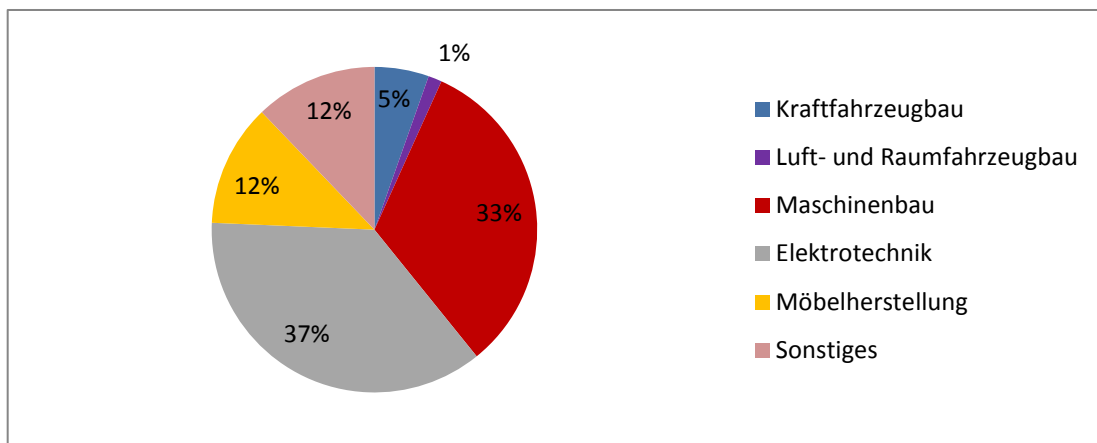


Abbildung 20: Verteilung der Teilnehmer aus der Industrie nach Branchen

#### Ergebnisse der Studie:

Bei angebotenen Aus-/Weiterbildungsmöglichkeiten dominieren Vorträge und Workshops. Während an Hochschulen darüber hinaus vermehrt Simulationen und Planspiele durchgeführt werden, ist in der Industrie das Coaching zusätzlich weit verbreitet.

Übungen zur Anwendung des Gelernten finden an Hochschulen am häufigsten statt, in Industrieunternehmen hingegen nur teilweise oder selten. Dafür sind Übungen in realer Produktionsumgebung in Unternehmen häufig, während diese an Hochschulen selten bis gar nicht angewendet werden.

Bei der Bewertung der Relevanz bestimmter Themen für die zukünftige Entwicklung von Unternehmen lassen die Ergebnisse des Hochschulsektors kaum Abstufungen zu. Für die Unternehmen spielt jedoch mit deutlichem Abstand die flexible/wandlungsfähige Produktion in der Zukunft die wichtigste Rolle. Themen wie Energieeffizienz, (Intra-)Logistik und Soft Skills sind ebenso zu beachten, während Lean Management und Automatisierung weniger Priorität eingeräumt wird.

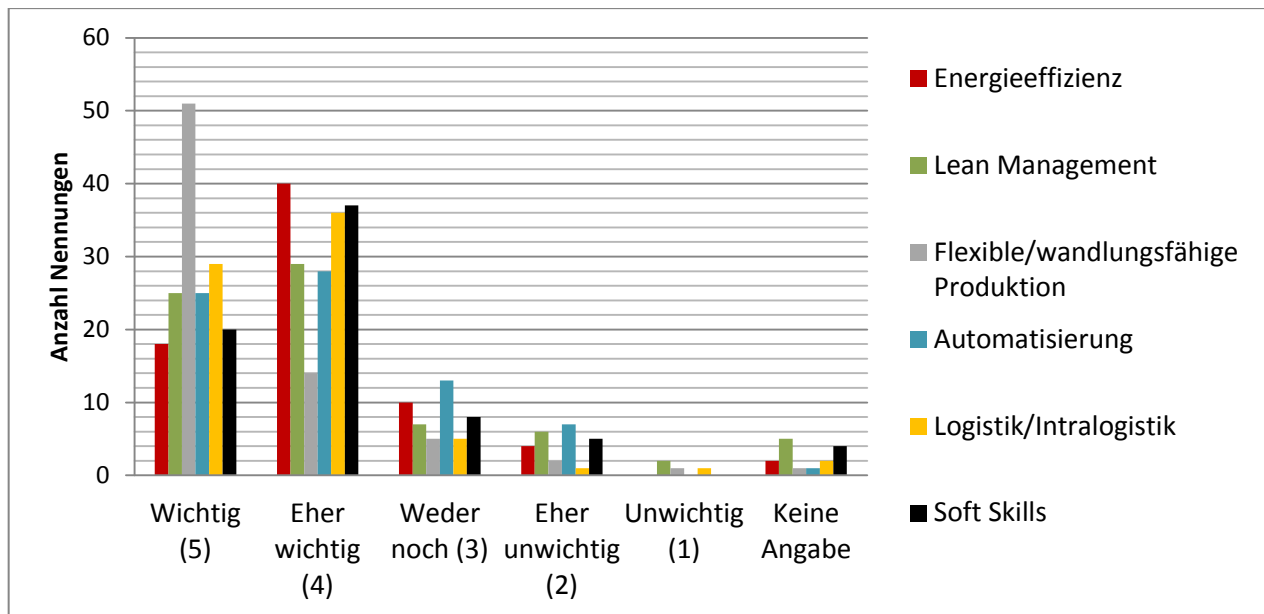


Abbildung 21: Relevante Themen für die zukünftige Entwicklung von Unternehmen (aus Unternehmenssicht)

Beim Vergleich mit den tatsächlich im Unternehmen vermittelten Themen wird zudem klar, dass die flexible/wandlungsfähige Produktion sowie die Energieeffizienz noch nicht der zugewiesenen Relevanz entsprechend vertreten sind. Zwar ist die flexible/wandlungsfähige Produktion am häufigsten genannt, im relativen Vergleich lässt sich hier aber trotzdem noch ein Verbesserungspotenzial identifizieren. Dafür scheint Lean Management in Unternehmen bereits ausreichend thematisiert zu werden.

Die im Zusammenhang mit Lean Management wichtigsten Aspekte sind

- Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
- Qualität
- Systematische Problemlösung
- Wertstromgestaltung

Bei den Soft Skills dominieren die Aspekte

- Kommunikation
- Führungsverhalten
- Teamfähigkeit

Der Bekanntheitsgrad von Lernfabriken, der an Hochschulen über 75% liegt, erreicht in Unternehmen lediglich einen Wert von 27%. Insgesamt haben 5% der Unternehmen angegeben, eine interne Lernfabrik zu besitzen, an Hochschulen haben 26% eine und 11% mehrere Lernfabriken.

Zugang zu einer Lernfabrik im Rahmen einer Kooperation haben 13% der Unternehmen und 17% der Hochschulen, die keine interne Lernfabrik besitzen. Von den verbleibenden haben jeweils ca. 50% Interesse an einer solchen Kooperation, die mit knapper Mehrheit der Unternehmen eher mit Hochschulen geschlossen werden soll und andersherum (mit knapper Mehrheit der Hochschulen eher mit Unternehmen).

Interesse an einer internen Lernfabrik besteht unter den Unternehmen zu 27% und an Hochschulen zu 65%. Während sich an Hochschulen erneut keine klaren Wunschthemen einer internen Lernfabrik herausstellen, unterstützt die Auswertung bei den Unternehmen die große Bedeutung der flexiblen/wandlungsfähigen Produktion. Weitere Ausrichtungen wären Lean Management, Logistik oder Energieeffizienz.

Die meistgenannten Gründe für fehlendes Interesse an einer Lernfabrik sind

- 45% Kein Bedarf an Schulungen in einer Lernfabrik
- 17% Zu hohes Investitionsvolumen
- 17% Fehlende Kenntnis des Lernfabrik-Konzepts

### **Schlussfolgerungen**

- Handlungsorientierte Lernformen sind in Industrieunternehmen bisher noch wenig verbreitet. Um die Entwicklung in diese Richtung voranzutreiben, muss der Aufbau komplexer Lernsysteme vereinfacht werden. Dazu erscheinen gut verständliche, pragmatische und operativ akzentuierte Handbücher erforderlich.
- Die in TP 1.1 ermittelten relevanten Themen werden sowohl von Hochschuleseite als auch im Besonderen von den Industrievertretern als besonders wichtig eingestuft. Von den Industrieunternehmen werden insbesondere die Themen flexible und wandlungsfähige Produktion als wichtig angesehen. Gezielte Kompetenzentwicklung bei den Mitarbeitern, strukturierte Problemlösung sowie kontinuierliche Verbesserung sind Voraussetzung hierfür.
- Den mit Lernfabriken vermittelbaren Inhalten bzw. entwickelbaren Kompetenzen wird eine hohe Relevanz seitens der Wirtschaft beigemessen.
- Ein nicht unerheblicher Teil der Unternehmen gibt an, aktuell keinen Bedarf an Lernfabrikschulungen zu haben. Es ist zu untersuchen, ob hier ein falsches Verständnis von Lernfabriken zu Grunde liegt oder ob in den Unternehmen adäquate Lernsystemalternativen zur Verfügung stehen und welche Anforderungen diese Unternehmen an verwendete Lernumgebungen/Lernsysteme stellen.
- Technisch-organisatorisch orientierte Personalentwicklung im Industrie- und Hochschulsektor nutzt nur in geringem Maße die Möglichkeiten innovativer Lernsysteme. Dabei ist aktueller Konsens, dass Kompetenzen nur über handlungsorientierte Lernumgebungen vermittelt werden können.
- Die aktuell von der Industrie als besonders relevant angesehenen Themen für die zukünftige Entwicklung der Unternehmen könnten von Lernfabriken überzeugend abgebildet werden. Neben der Wirtschaftlichkeitsfrage sind hier jedoch auch eine konzeptuelle Klärung des Lernfeld-Konzepts und dessen verständliche und breite Kommunikation erforderlich.

## TP 4 Entwicklung verschiedener Lernmodule sowie einer Systematik zu deren effizienter Gestaltung

### TP 4.1 Intuitive, erfahrungsbasierte Entwicklung von Lernmodulen als Referenzprozess

#### Ziele des Teilprojekts:

- Identifikation von produktionstechnischen Themenfeldern für die Referenzlernmodule
- Reflexion der Entwicklung der Referenzlernmodule
- Abgleich der Referenzlernmodule mit bestehenden Lernmodulen im Praxiseinsatz der Innovationsmentoren

Die Prozesslernfabrik CiP verfügt über eine Reihe praxiserprobter Schulungsmodule zu Themen der Prozessverbesserung, welche als Referenz für die Weiterentwicklung der Lernmodule genutzt werden können.

Als erste Referenz wurde das Lernmodul *Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme* ausgewählt. Dieses bot sich an, da es zum einen für Industriemitarbeiter<sup>10</sup>, zum anderen aber auch - in leicht modifizierter Form - für Studenten veranstaltet wird. Somit findet dieser Workshop innerhalb eines begrenzten Zeitraums mehrere Male statt und eröffnet die Möglichkeit von Entwicklungszyklen im Sinne eines Design Based Research. Darüber hinaus zeigt dieses Lernmodul Lösungsansätze der im Hinblick auf die in TP 1.1 aufgezeigten Zielgrößen der Produktion von morgen. Um die erforderliche Flexibilität des Produktionssystems sicherzustellen, insbesondere auch bei schwankender Nachfrage fehlerfreie Güter mit gleichbleibender Produktivität herzustellen, ist der flexible Mitarbeiterereinsatz ein zentraler Aspekt zur Verwirklichung dieses Ziels.

Als zweite Referenz wurde das Lernmodul *Prozesslernfabrik für Entwickler* aufgrund des hohen Innovationsgrads des Moduls und der großen Bedeutung der Produktentwicklung und Produktionsplanung auf die späteren Herstellkosten ausgewählt. Das Modul hat zum Ziel, die Philosophie der schlanken Produktion auch in den Bereichen Entwicklung und Produktionsplanung zu vermitteln.

Die Entwicklung der Referenzlernmodule *Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme* (folgend auch FMS genannt) und *Wertschöpfungsexzellenz* in den indirekten Bereichen (auch: *Prozesslernfabrik für Entwickler*) fand in Zusammenarbeit mit Lean Experten statt. Die Basis für die Konzeption der Theorieinhalte bildete die einschlägige Literatur beider Themenfelder. Um dem Anwendungsbezug auch innerhalb der Theorieblöcke gerecht zu werden, wurden diese um Fallbeispiele angereichert, welche der realen Umsetzung bei Industriepartnern entlehnt sind.

Die Erprobung und Optimierung der Systematik erfolgt gemäß des von Bereiter (2002) beschriebenen Ansatzes der angewandten Forschung als iteratives Vorgehen, bei dem Zyklen von Design, Evaluation und Re-Design mehrfach durchlaufen werden.

In Zusammenarbeit mit den Innovationsmentoren wurden folgende weitere relevante Referenzlernmodule identifiziert:

- *Werkzeugmanagement* (als Beispiel für komplexe Problemlösung)
- *Intralogistik* (vollständige Integration in das Referenzmodul *Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme* oder als eigenständiges Modul)
- *Low-cost Automatisierung* (aufgrund wichtiger werdender günstiger Automatisierungslösungen in Hochlohnstandorten)

---

<sup>10</sup> Aus Gründen der Einfachheit und der besseren Lesbarkeit wird im vorliegenden Zwischenbericht auf das Verwenden geschlechtergerechter Sprache verzichtet. Begriffe wie Mitarbeiter, Studenten, etc. sollen demzufolge immer auch Mitarbeiterinnen und Studentinnen mit einschließen.

- *Train-the-Trainer* (hohe Anforderungen an Trainer in Produktionsumgebungen, Verbesserung der Skalierbarkeit der Weiterbildungsmaßnahmen)

Des Weiteren bot sich das Lernmodul *Qualitätstechniken* aufgrund seiner bisherigen stark intuitiv geleiteten Entwicklung als relevant zur Überarbeitung an. Das Lernmodul adressiert Grundlagen, auf denen die weiteren Lernmodule des Curriculum zum Teil aufbauen. Die Überarbeitung erfolgte mithilfe der bisherigen veröffentlichten Forschungsergebnisse des Projektes „Idefix“.

### **Intuitive, erfahrungsbasierte Entwicklung des Lernmoduls *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme*:**

Wie bereits beschrieben, bildet die einschlägige Literatur zum Thema *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme* die Basis für die Theorieeinheiten des Lernmoduls. Zusätzlich zu diesen Theorieeinheiten wurden Handlungsanteile in Form von Übungen in die Lernmodule integriert. Diese Sequenzen finden bevorzugt in der Produktionsumgebung der Lernfabrik statt. Neben Analyseaufgaben, bei denen die Handlungen der operativen Mitarbeiter durch Hilfswissenschaftliche Mitarbeiter simuliert und von den Teilnehmern beobachtet werden können, kommen auch Übungen zum Einsatz, in denen die Teilnehmer selbst die Rolle der direkten Produktionsmitarbeiter einnehmen.

Das Alternieren solcher Handlungs- und Theorieanteile bildet das Grundgerüst der Lernmodule der Prozesslernfabrik und wird von den Industriepartnern positiv bewertet. Diese bereits vielfach erprobten Konzepte wurden jedoch eher intuitiv als systematisch entwickelt. Insbesondere durch das Fehlen eines konkreten didaktischen Rahmens entstehen Lücken oder Redundanzen in den Theorieinhalten; nicht notwendige Wissens Elemente werden vermittelt, andererseits fehlen aber auch für die Kompetenzvermittlung notwendige Wissens Elemente. Zwar wurden generell Lernziele zu Beginn definiert, diese häufig jedoch nicht sehr exakt. Wissens Elemente und Handlungsbezüge verblieben damit unvollständig und vage. Somit konnte auch nicht sichergestellt werden, dass Lernziele von jedem Teilnehmer erreicht wurden. Die Gestaltung der Lernmodule orientierte sich nicht an vorher definierten Kompetenzen, da ein diesbezügliches Rahmenkonzept vor „Idefix“ fehlte.

### **Intuitive, erfahrungsbasierte Entwicklung des Lernmoduls *Prozesslernfabrik für Entwickler*:**

Das vom Innovationsmentor Daimler Trucks entwickelte Lernmodul *Prozesslernfabrik für Entwickler* wird in der Prozesslernfabrik (Training Center) am Standort Mannheim angeboten, wo seit 2008 bereits über 5.000 Führungskräfte und Mitarbeiter ausgebildet wurden. Das Training Center ist organisatorisch dem Operational Management Counsel Department (OMCD), der Dachorganisation für Lean Management, zugeordnet und beschäftigt sich daher zentral mit der Verankerung und Weiterentwicklung der LEAN-Philosophie in allen betrieblichen Prozessen. Für das Jahr 2014 sind bereits mehr als 500 Schulungstage geplant.

Die Ausbildung in der OMCD-Lernfabrik ist geprägt von einem interaktiven Trainingsansatz, in dem die Methode Rollenspiel eine zentrale Stellung einnimmt. „Die Teilnehmer durchlaufen in verteilten Rollen wie Produktionsleiter, Logistiker oder Produktionsmitarbeiter einen Montageprozess mit klaren Zielvorgaben und analysieren diesen anschließend gemeinsam. In mehreren Durchläufen optimieren die Teilnehmer mit Unterstützung der Trainer die jeweiligen Prozesse.“<sup>11</sup> Die Ergebnisse ihres Tuns werden somit direkt spürbar und die Sinnhaftigkeit der Lean-Umsetzung erfahrbar.

---

<sup>11</sup> Vgl. <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1380308-49-1658762-1-0-0-0-1-8-876574-0-0-0-0-0-0-0.html>

Der konzeptionelle Start für das Training *Prozesslernfabrik für Entwickler* begann im Jahr 2010. Dieses Training unterscheidet sich gegenüber themenähnlichen Angeboten deutlich<sup>12</sup>. Von Anfang an ging es darum, Lean direkt im Entwicklungsumfeld anzuwenden. Die Herausforderung bestand darin, das Training auf die neue Zielgruppe „Entwickler“ abzustimmen. Im Schulungsprojekt einer Nachbarabteilung wurde versucht, die Teilnehmer durch theoretische Vorträge für eine Übernahme des Lean-Konzepts in die Entwicklung zu motivieren, was jedoch scheiterte. Darauf aufbauend wurde mit der Umwandlung in ein Training begonnen. Die Grundhaltung der Entwickler, Lean sei nicht in ihrem Bereich anwendbar, da die Prozessstruktur<sup>13</sup> dies nicht zulasse, schien zunächst unüberwindlich, konnte aber schließlich doch durch eine umfassende Modifikation des Trainings überwunden werden. Diese bestand in einer didaktischen Planung anhand des „Idefix“-Curriculummodells, dem damit möglichen strukturierten Definieren der intendierten Kompetenzen und deren Vermittlung in teilnehmeraktivierenden, praxisnahen Trainings (siehe TP 4.3).

### **Intuitive, erfahrungsbasierte Entwicklung des Lernmoduls *Qualitätstechniken*:**

Grundlage des Lernmoduls *Qualitätstechniken* bildeten zum einen Informationen zum Thema Qualität in der schlanken Produktion, die aus anderen Trainings zur Verfügung standen. Zum anderen wurde die einschlägige Literatur einbezogen, wobei insbesondere die Grundlagen nicht explizit auf die übrigen Inhalte des Lernmoduls abgestimmt wurden. Der Aufbau des Lernmoduls ähnelt dem des Lernmoduls *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme*: Theorie- und Praxiseinheiten finden im Wechsel statt. Die Praxiseinheiten werden in der Produktionsumgebung der Lernfabrik durchgeführt. Inhaltlich handelt es sich insbesondere um Analyseaufgaben. Die Produktion wird größtenteils nicht simuliert; den Teilnehmern steht lediglich die Umgebung zur Analyse zur Verfügung. Hilfswissenschaftliche Mitarbeiter unterstützen punktuell bei der Lösung von Teilaufgaben. Aufbauend auf den Analysen werden zum Teil Lösungen entwickelt, die sich an den vorhergehenden Inhalten der Theoriesequenzen orientieren.

Auch im Lernmodul *Qualitätstechniken* werden Theorie- und Praxisteile alternierend durchgeführt. Die eher intuitive Gestaltung des Lernmoduls wirft jedoch folgende Probleme auf. Im Lernmodul wurde sowohl redundantes Wissen vermittelt als auch Wissen nicht vermittelt, das notwendiger Bestandteil des Themas Qualitätstechniken der schlanken Produktion ist. Zusätzlich wurde Wissen adressiert und Handlungen in der Produktionsumgebung der Lernfabrik durchgeführt, die das Thema Qualität im Allgemeinen beinhalteten und nicht im Speziellen auf die angestrebten Inhalte des Lernmoduls abgestimmt waren. Dies wurde noch dadurch verstärkt, dass für das Lernmodul keine Lernziele definiert wurden. Durch die fehlende Simulation in der Lernfabrik mangelte es den Handlungsaufgaben an Praxisnähe. Darüber hinaus fehlten Handlungsaufgaben zu wesentlichen Teilen der Theorie. Generell wurde das Lernmodul nicht nach vorher definierten Kompetenzen gestaltet, welche vor der Durchführung von „Idefix“ noch nicht systematisch ermittelt und festgelegt werden konnten.

---

<sup>12</sup> Lean ist ein Thema, das im Bereich der Produktentwicklung nicht weit verbreitet ist. Häufig werden Workshops angeboten, um die Thematik „Lean in der Produktion“ für Entwickler zugänglich zu machen. Es geht dann nicht darum, dass die Entwickler Lean-Methoden selbst anwenden, sondern darum, die Entwicklung auf einen nach der Lean-Philosophie strukturierten Produktionsprozess abzustimmen.

<sup>13</sup> Die kreativen Entwicklungsprozesse für die Produktgruppe dauern mehrere Jahre. Lean ist jedoch darauf ausgelegt, auf erkannte Probleme schnell zu reagieren, eine bessere Alternative zu entwickeln und nach einem Neustart den erwarteten Vorteil zu überprüfen. Typischerweise handelt es sich hierbei um Prozesse von kurzer Dauer, mit hohen Wiederholungszahlen und nur einer begrenzten Anzahl von Varianten.

## TP 4.2 Entwicklung einer Systematik zur Gestaltung von Lernmodulen und Lernfabriken

### Ziele des Teilprojekts:

- Generierung einer Systematik in Umsetzung eines technikkdidaktischen Rahmenkonzepts
- Einbeziehung praxisrelevanter Erfahrungen der Innovationsmentoren
- Validierung und Modifikation der Systematik

Die Entwicklung der Systematik zur Gestaltung von Lernfabriken folgt einem iterativen Ansatz. Die Systematik wird aufbauend auf den Typologien aus TP 2.1 und den Morphologien aus TP 2.2 ausgearbeitet und zusammen mit den Innovationsmentoren weiterentwickelt. Zusätzlich abgestützt wird die Gestaltungssystematik durch Befunde aus Interviews mit Industrie, Hochschule und Berufsschule (vgl. TP 2.3).

Wie in TP 2.3 und TP 3.2 beschrieben, entspricht die Systematik einem curricularen Modell zur Gestaltung von Lernfabriken, die im Zuge der ersten didaktischen Transformation hergeleitet und in der Lernfabrik vermittelt werden.

Abbildung 22 zeigt das curriculare Modell für Lernfabriken im Überblick. Ausgehend von den beiden didaktischen Transformationen (beschrieben in TP 2.3) lässt es sich in drei Teile aufgliedern:

- Anforderungen an die Lernfabrik
- Betriebliche (Produktions-)Prozesse und Produkte, d.h. die Lernträger
- Lehrmethoden und intendierte Lernprozesse

Den curricularen Kern bilden die konkretisierten Kompetenzen.

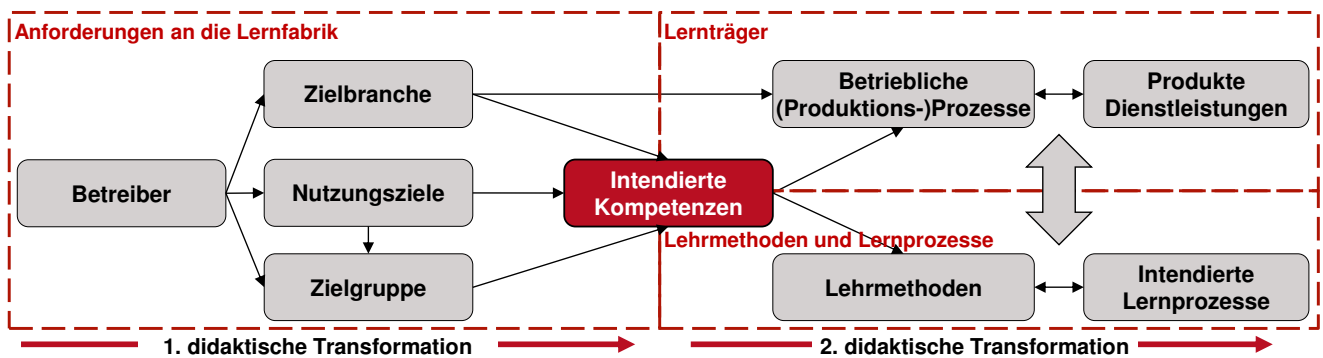


Abbildung 22: Curricularer Rahmen zur systematischen Gestaltung von Lernfabriken

### Anforderungen an die Lernfabrik

Um die einschlägigen Kompetenzen für eine Lerneinheit in der Lernfabrik festzulegen, ist es nötig, die Anforderungen an das Lernsystem seitens der Betreiber, des Nutzungsziels, der Zielgruppe und der Zielbranche zu betrachten.

**Zielbranche:** Ausgehend von der Zielbranche liegen unterschiedliche Typen der Produktion vor. Beispiele hierfür sind Einzelstückproduktion, Serienproduktion, aber auch kontinuierliche bzw. Prozessproduktion. Dabei hat die Art der Herstellung nicht nur Einfluss auf die intendierten Kompetenzen, sondern auch auf die Lernträger respektive Produktionsprozesse, welche in der designierten Lernfabrik aktiviert werden.

**Nutzungsziele:** Die Lernfabrik kann für unterschiedliche Zwecke genutzt werden, z.B. für die betriebliche Weiterbildung, Ausbildung oder Forschung. Je nach geplantem Nutzungsziel ändern sich die intendierten Kompetenzen sowie die angesprochenen Zielgruppen.

**Zielgruppe:** Zur Zielgruppe einer Lernfabrik können industrieseitig beispielsweise Facharbeiter, Ingenieure und Manager zählen, seitens der Hochschulen können Studenten, wissenschaftliche Mitarbeiter

oder Professoren angesprochen werden und bei Berufsschulen zählen Schüler und Lehrer zu möglichen Zielgruppen.

### Lernträger

Mit dem Begriff „Lernträger“ ist im vorliegenden Curriculum die gesamte technisch-organisatorische Lernumgebung bezeichnet.

**Betriebliche Prozesse:** Die Lernfabrik soll eine authentische Realität abbilden, in welcher typische betriebliche Prozesse stattfinden können, die entweder spezifische Produkte oder spezifische Dienstleistungen (bzw. beides) generieren.

**Produkte / Dienstleistungen:** Die Produkte einer Lernfabrik müssen einerseits jenen der betrieblichen Realität möglichst ähnlich sein, andererseits auch didaktischen Ansprüchen (Zugänglichkeit, Verständlichkeit, Komplexität, etc.) und pragmatischen Erfordernissen (Aufwand, Kosten, Wiederverwertbarkeit, etc.) genügen. Stehen Dienstleistungen an Stelle eines Produkts, müssen diese ähnlichen didaktischen Kriterien genügen.

Der Lernträger ist – zusammengefasst betrachtet – ein komplexes Arrangement aus Technik und deren Handhabung. Existiert er schon, bedeutet er eine zentrale Orientierung aber auch Determination für alle didaktisch-methodischen Konkretisierungen. Wird er aus didaktischen Überlegungen heraus entwickelt, gilt es dabei einen guten Kompromiss zwischen Authentizität und Universalität zu finden, denn das erste entscheidet über das unmittelbare Wirkungspotenzial der Lernfabrik, das zweite über deren Einsatzflexibilität.

### Lehrmethoden und Lernprozesse

Die in einer Lernfabrik zum Einsatz kommenden Lehrmethoden und dabei intendierten Lernprozesse prägen die zweite didaktische Transformation (vgl. TP 2.3 sowie Abbildung 22). Aufbauend auf die systematische Analyse von Lehrmethoden, beschrieben in TP 2.2, sowie die Identifikation effektiver Lernformen in TP 3.1., können Lernprozesse zielorientiert gestaltet werden. Die hierbei getroffenen Entscheidungen legen fest, wie die intendierten Kompetenzen vermittelt werden und welche Lernprozesse dabei angestoßen werden sollen.

Das Modell in Abbildung 22 dient als Konstruktionsvorlage. In Bezug auf die curriculare Konzeption ist es zunächst erforderlich, die Anforderungen an die einzurichtende Lernfabrik zu bestimmen. Steht der Betreiber (Schritt 1) der Lernfabrik fest, generiert sich darüber auch die Zielbranche, über die sich dann die entsprechenden Nutzungsziele und Zielgruppen adressieren lassen (Schritt 2). Durch Beschreibung der vier obengenannten Elemente innerhalb des curricularen Ansatzes werden somit die grundlegenden Anforderungen für die zu generierenden Module innerhalb der Lernfabrik beschrieben. Diese bilden den Ausgangspunkt für die Beschreibung der intendierten Kompetenzen (Schritt 3). Da es bei der Überarbeitung der Lernmodule innerhalb der CiP ausschließlich um den Erwerb fachlich-methodischer Kompetenzen geht, wird die Generierung dieser Kompetenzklasse bei der Systematisierung zunächst ausschließlich betrachtet. Im weiteren Projektverlauf, insbesondere im Teilprojekt 6.2, findet die Modellierung weiterer Kompetenzklassen Berücksichtigung. Abbildung 23 stellt die ersten Schritte, die gleichbedeutend mit der ersten didaktischen Transformation sind, entsprechend in der systematischen Vorgehensweise dar.

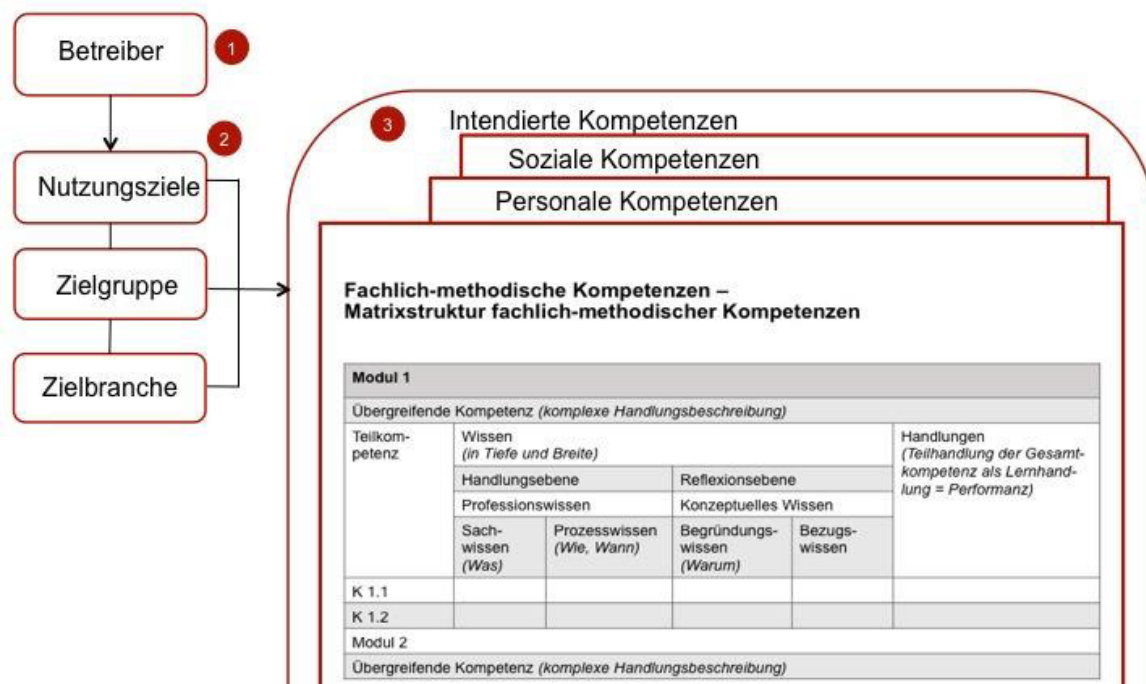


Abbildung 23: Konstruktionsschritte der 1. didaktischen Transformation

Sind die Anforderungen für die Generierung der Lernmodule durch die Schritte 1 und 2 beschrieben, lassen sich daraus die intendierten fachlich-methodischen Kompetenzen mittels „Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrizen“ formulieren und festlegen. Dabei ist darauf zu achten, dass für jedes Lernmodul eine solche Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix zu erstellen ist (synonym zu Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix wird auch der Begriff Kompetenztransformationstabelle verwendet). Je nachdem, ob dieses Instrument für die Neukonzeption von Lernmodulen oder für die Nachsteuerung des Curriculums bestehender Lernmodule genutzt wird, ist eine unterschiedliche Vorgehensweise sinnvoll.

Für die Neukonzeption von Lernmodulen sind die intendierten Kompetenzen leitend. Von diesen ausgehend wird dann auf die Performanzen geschlossen, die innerhalb des Lernmoduls von den Teilnehmern vollzogen werden, um anschließend die Wissensaspekte herzuleiten. Damit werden zur Generierung der entsprechenden Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix Teilhandlungen mit ausdifferenziertem Wissen in Bezug gesetzt, um somit die intendierten fachlich-methodischen Kompetenzen zu beschreiben.

Abbildung 24 akzentuiert die Konstruktionsschritte der 2. didaktischen Transformation. Aus den intendierten Kompetenzen lassen sich sowohl (in der Lernfabrik simulierte) betriebliche Prozesse sowie in diesen Prozessen hergestellte Produkte als auch die Lehrmethoden und die damit direkt verbundenen intendierten Lernprozesse ableiten. Die Verbindung zwischen Handlungs- und Reflexionsebene wird im kompetenzorientierten Curriculum zum einen durch die Akzentuierung der Wissensaspekte innerhalb des Professionswissen (Handlungsebene) und innerhalb des konzeptuellen Wissens (Reflexionsebene) und zum anderen auch durch die gegenseitige Verflechtung von informellen und formellen Lernprozessen deutlich. Abbildung 24 konkretisiert dabei die Verknüpfung der Curriculumelemente. Im oberen Bereich der Abbildung ist die Verbindung von Prozess und Produkt angedeutet, die die Realisierung von informellen Lernprozessen ermöglicht. Die formellen Lernprozesse werden im unteren Teil als Verbindung von Lernprozess und Lehrmethode veranschaulicht.

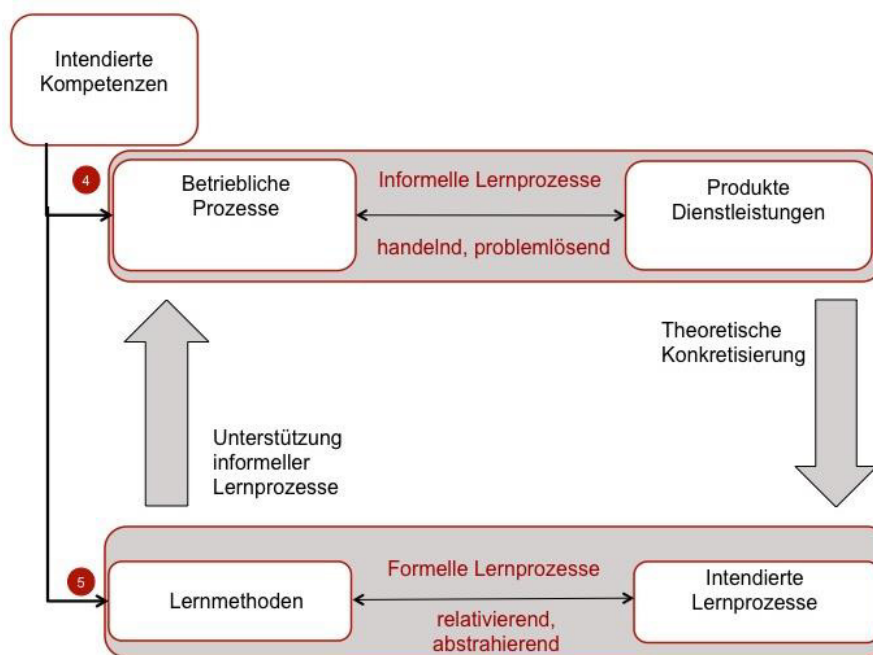


Abbildung 24: Konstruktionsschritte innerhalb der 2. didaktischen Transformation

Informelle und formelle Lernprozesse stehen sich einerseits gegenüber und andererseits ergänzen sie sich gegenseitig. So können entweder formelle Lernprozesse als Unterstützung für informelle Lernprozesse (aufsteigende Pfeilrichtung) genutzt werden oder informelle Lernprozesse können der Ausgangspunkt für theoretische Konkretisierungen sein (absteigende Pfeilrichtung).

Entlang des abwärts gerichteten Pfeils dienen praktische Beispiele aus den betrieblichen Prozessen als Grundlage für eine theoretische Auseinandersetzung mittels Reflexion. Somit können die aus der täglichen Arbeit und den täglichen Routinen entstandenen unbewusst ablaufenden Prozesse mittels systematischen Aufbereitungsphasen bewusst gemacht werden, in denen geklärt werden kann, warum und wie etwas gemacht wird. Lernträger sind innerhalb von Lernmodulen der Lernfabriken so auszuwählen, dass durch sie eine hohe (vollständige Handlungen sind in einer authentisch nachgestellten Realität möglich) bzw. maximale Kontextualisierung (Auseinandersetzung mit der Theorie erfolgt im beruflichen Realszenario) ermöglicht wird (Schritt 4). Es werden somit branchenabhängige Produkte (und/oder Dienstleistungen) und betriebliche Prozesse festgelegt, die Problemlöseprozesse ermöglichen, da Lernen über Problemlöseprozesse eine höhere Qualität aufweist als rezipierendes oder abbildendes Lernen.

Entlang des aufwärts gerichteten Pfeils geht es darum, Lernprozesse so zu konzipieren, dass Erkenntnisse als Grundlage für problemlösendes Lernen generiert werden können. Es müssen in den formal organisierten Prozessen somit Strukturen und Zusammenhänge deutlich werden, die über Transferprozesse in der Praxis erprobt werden. Dabei wird neues, formal erworbenes Wissen innerhalb betrieblicher Prozesse anhand von Produkten oder zu erbringenden Dienstleistungen handelnd in der Praxis erprobt und entsprechend mit Erfahrungs- und Anwendungswissen gefestigt (Abel et al. 2013).

In beiden Fällen ergeben sich unterschiedliche methodische Konsequenzen. Während in formellen Lernprozessen Methoden gezielt zur Vermittlung des Wissens eingesetzt werden, bedienen sich informelle Lernprozesse bestimmter Methoden, um anregende Lernumgebungen zu kreieren bzw. Fähigkeiten zur Selbststeuerung zu stärken. Tenberg (2011) ordnet die hierbei große methodische Vielfalt mit Prinzipien wie Kollektivierung, Motivierung, Aktivierung und Problemorientierung. In diesem Sinne sollte berücksichtigt werden, Lehrmethoden einzusetzen, die eine Kollektivierung ermöglichen, da Wissenserwerb auch immer ein sozialer Prozess ist, denn neuerworbenes Wissen muss mit anderen abge-

glichen werden, um es für sich selbst einordnen zu können. Soziale Einbindung fördert die Lernmotivation der einzelnen Teilnehmer. Der motivierende Aspekt ist genauso wie der aktivierende Aspekt bei der gesamten Konzeption der Lernprozesse zu berücksichtigen, da Lernen umso effektiver erfolgt, je größer das geweckte Interesse ist. Dadurch werden Flow-Erlebnisse ermöglicht und die persönlichen Ziele der Lernenden gefördert. Aktivierend bedeutet in diesem Kontext, dass Lernen individuell in aktiven und diskursiven Auseinandersetzungen mit Neuem erfolgt, wobei es wichtig ist, dass vertiefte theoretische Auseinandersetzungen im Lösungsprozess einer Problemstellung moderiert werden müssen sowie am Ende teilnehmeraktiver Phasen das Erarbeitete zusammengefasst, re-strukturiert und reflektiert werden muss (Schritt 5).

Das vorliegende curriculare Modell kann als ein Meta-Konzept zur systematischen Gestaltung von Lernfabriken angesehen werden. Durch Anwendung der ersten und zweiten didaktischen Transformation – und damit der Festlegung der einzelnen Elemente einer Lernfabrik – entsteht zuerst ein Katalog intendierter Kompetenzen, welcher im Anschluss in ein Konzept zur Umsetzung mündet. Dabei beschreibt dieses Konzept die abzubildenden betrieblichen Prozesse und Produkte, die anzuwendenden Lehrmethoden und die intendierten Lernprozesse. Das beschriebene Vorgehen wird auch in den Veröffentlichungen von Tisch et. al. vorgestellt (Tisch et al. 2013; Tisch et al. 2015a).

Anhand dieser Systematik ist das *FMS*-Lernmodul der CiP überarbeitet worden (Nachsteuerung des curricularen Ansatzes). Zudem sind zwei neue Lernmodule, einmal ebenfalls im Bereich der CiP und einmal innerhalb des Trainingszentrums des Innovationsmentors Daimler-Trucks in Mannheim (Einbeziehung praxisrelevanter Erfahrungen der Innovationsmentoren) entwickelt worden. Die Entwicklungsschritte werden im Teilprojekt 4.3 beschrieben.

Die Methodik und die eingesetzten Instrumente zur Überprüfung der Systematik hängen stark mit Aspekten der Reflexion und Weiterentwicklung zusammen und werden deshalb gemeinsam im Teilprojekt 4.5 beschrieben.

## TP 4.3 Systematische Entwicklung von Lernmodulen

### Ziele des Teilprojekts:

- Anwendung der entwickelten Systematik auf die Neuentwicklung von Lernmodulen
- Erprobung und Feinabstimmung der entwickelten Systematik auf die Neuentwicklung von Lernmodulen
- Entwicklung von Lernmodulen

### Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme

Die entwickelte Systematik wird auf ein bestehendes Referenzlernmodul *Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme* angewandt. Die Gestaltung eines Systems für den flexiblen Mitarbeiterereinsatz hat zum Ziel, eine geplante Umverteilung der Arbeitsinhalte und/oder Mitarbeiter zwischen Arbeitsplätzen und Fertigungslinien zur nachfragebedingten Anpassung des Outputs zu ermöglichen. Dabei soll eine gleichmäßige Arbeitsproduktivität bei wechselnder Kundennachfrage gewährleistet werden. Hierbei werden sowohl nicht automatisierte als auch teilautomatisierte Arbeitsanordnungen betrachtet.

Die Schulung wird zum einen mit Studenten der DHBW Mannheim, zum anderen mit Industriemitarbeitern von Unternehmen des CiP-Partnerkonsortiums durchgeführt. Das Szenario, in der die *Flexiblen Mitarbeiterereinsatzsysteme* erfahrbar werden, stellt eine variantenreiche Serienproduktion mit einem didaktisch reduzierten Getriebemotor dar. Hierbei kann gezeigt werden, inwiefern Flexibilität des Produktionssystems und Variantenvielfalt des Produkts vereinbar sind.

Die Schulung sowie die Systematik zur Gestaltung des Lernmoduls werden mithilfe sich wiederholender Schleifen aus Anwendung, Überprüfung und Anpassung weiterentwickelt. Der Zeitplan für die Weiterentwicklung des FMS-Moduls ist in Abbildung 42 dargestellt.

Für das Redesign der Schulung wurde zunächst der intuitiv gestaltete Workshop entlang des Konzepts von TP 4.1 analysiert und im Anschluss daran ein neues kompetenzorientiertes Soll-Konzept erstellt. Auf Basis der Zielkompetenzen, Handlungen und Wissens Elemente wurde die Schulung aus fachlicher und didaktisch-methodischer Perspektive neu gestaltet.

Für die Ist-Analyse des intuitiv gestalteten Workshops wurden zunächst relevante Inhalte über die Schulungsunterlagen identifiziert, indem die Inhalte den verschiedenen Wissensaspekten der Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix zugeordnet wurden. Anschließend konnten die spezifischen Handlungen im thematischen Rahmen der „Flexiblen Mitarbeiterereinsatzsysteme“ dem jeweiligen Professionswissen und dem damit korrespondierenden konzeptuellen Wissen zugeordnet werden. Anhand der Zuordnungen ließen sich kompetenzorientierte Lernziele formulieren (Vorgehen in Abbildung 25 dargestellt).

Auf diese Art konnten verschiedene Probleme des intuitiv gestalteten Workshops und damit Potenziale für eine Überarbeitung des Schulungsmoduls aufgedeckt und festgehalten werden. Probleme und Potenziale liegen hierbei vor allem in folgenden Bereichen:

- Durch die Analyse der Inhalte (Zuordnung zu den einzelnen Wissensaspekten) konnten fehlende Aspekte ergänzt werden.
- Inhalte, die sich zwar in Wissensaspekte ausdifferenzieren ließen, aber denen keine Handlung zuzuordnen war, wurden als träges Wissen identifiziert.
- Inhalte, die an unterschiedlichen Stellen der Schulung ohne neue Wissenstiefe oder ohne zusätzlichen Handlungsbezug existierten, wurden als redundante Inhalte eingestuft.
- Sicherstellung der kompetenzorientierten Lernzielformulierung durch konsequenten Bezug zwischen den Wissensaspekten (innerhalb der Handlungs- und Reflexionsebene) und den damit korrespondierenden Handlungen.



Teilkompetenz	Handlung	Wissenselemente	
K 1.7.1 K 1.7.2 K 1.7.3 K 1.7.4 K 1.7.5 K 1.7.6 K 1.7.7 K 1.7.8 K 1.7.9 K 1.7.10 K 1.7.11 K 1.7.12 K 1.7.13 K 1.7.14 K 1.7.15 K 1.7.16 K 1.7.17 K 1.7.18 K 1.7.19 K 1.7.20 K 1.7.21 K 1.7.22 K 1.7.23 K 1.7.24 K 1.7.25 K 1.7.26 K 1.7.27 K 1.7.28 K 1.7.29 K 1.7.30 K 1.7.31 K 1.7.32 K 1.7.33 K 1.7.34 K 1.7.35 K 1.7.36 K 1.7.37 K 1.7.38 K 1.7.39 K 1.7.40 K 1.7.41 K 1.7.42 K 1.7.43 K 1.7.44 K 1.7.45 K 1.7.46 K 1.7.47 K 1.7.48 K 1.7.49 K 1.7.50 K 1.7.51 K 1.7.52 K 1.7.53 K 1.7.54 K 1.7.55 K 1.7.56 K 1.7.57 K 1.7.58 K 1.7.59 K 1.7.60 K 1.7.61 K 1.7.62 K 1.7.63 K 1.7.64 K 1.7.65 K 1.7.66 K 1.7.67 K 1.7.68 K 1.7.69 K 1.7.70 K 1.7.71 K 1.7.72 K 1.7.73 K 1.7.74 K 1.7.75 K 1.7.76 K 1.7.77 K 1.7.78 K 1.7.79 K 1.7.80 K 1.7.81 K 1.7.82 K 1.7.83 K 1.7.84 K 1.7.85 K 1.7.86 K 1.7.87 K 1.7.88 K 1.7.89 K 1.7.90 K 1.7.91 K 1.7.92 K 1.7.93 K 1.7.94 K 1.7.95 K 1.7.96 K 1.7.97 K 1.7.98 K 1.7.99 K 1.7.100	Handlung	Wissenselemente	Wissenselemente
		Wissenselemente	Wissenselemente

Vorgehen bei der Erstellung des Soll-Konzepts

### Gestaltungsrichtlinien

- Reihenfolge des Vorgehens bei der Soll-Konzepterstellung:
  1. Hauptkompetenz,
  2. Teilkompetenz,
  3. Handlungen,
  4. Wissenselemente
- Themengebiete systematisieren und im Zusammenhang der praxisrelevanten Handlungen anordnen
- Nötiges Wissen integrieren, unnötiges Wissen aussortieren (**Keine Wissenselemente ohne zugehörige Kompetenz**)

Abbildung 26: Soll-Konzept FMS

Das aufgestellte Grundkonzept wird aus Zielkompetenzen, Wissensaspekten und Lernhandlungen im nächsten Schritt einer zweiten didaktischen Transformation unterzogen, d.h. der Ausgestaltung der Lernmodule unter methodischen Orientierungskonzepten. Hierbei wurde ein Instrument zur Lernsituationsgestaltung entwickelt, das die methodisch-mediale Konzeptionierung unterstützt, vgl. auch Abbildung 27 und TP 4.2 .

Die Gestaltungsrichtlinien wurden hierbei theoriegeleitet (aus technikedidaktischer Literatur) und erfahrungsgleitet (über begleitende Beobachtungen der Lernmodule) aufgestellt:

- Die Frequenz des Pendelns zwischen überschaubaren Erprobungs- und Systematisierungsphasen soll angepasst werden. Dabei soll es ermöglicht werden, Kompetenzen, die in informellen Lernprozessen im betrieblichen Umfeld erworben werden, in Reflexionsphasen nutzbar zu machen.
- Wenn möglich sollten zur Steigerung der Motivation der Teilnehmer zunächst Probleme aufgezeigt werden, um dann die methodischen und fachlichen Inhalte zu besprechen. Auf diese Weise wird die Theorie in die Schulung nicht unvorbereitet „hereingedrückt“ (Theory Push), sondern das Wissen wird von den Teilnehmern eingefordert, um die bestehenden Probleme lösen zu können.
- Eine geeignete Lehrmethode für die Erprobungs- und Systematisierungsaktivitäten kann mithilfe der in TP 3 vorgestellten Morphologie identifiziert werden.

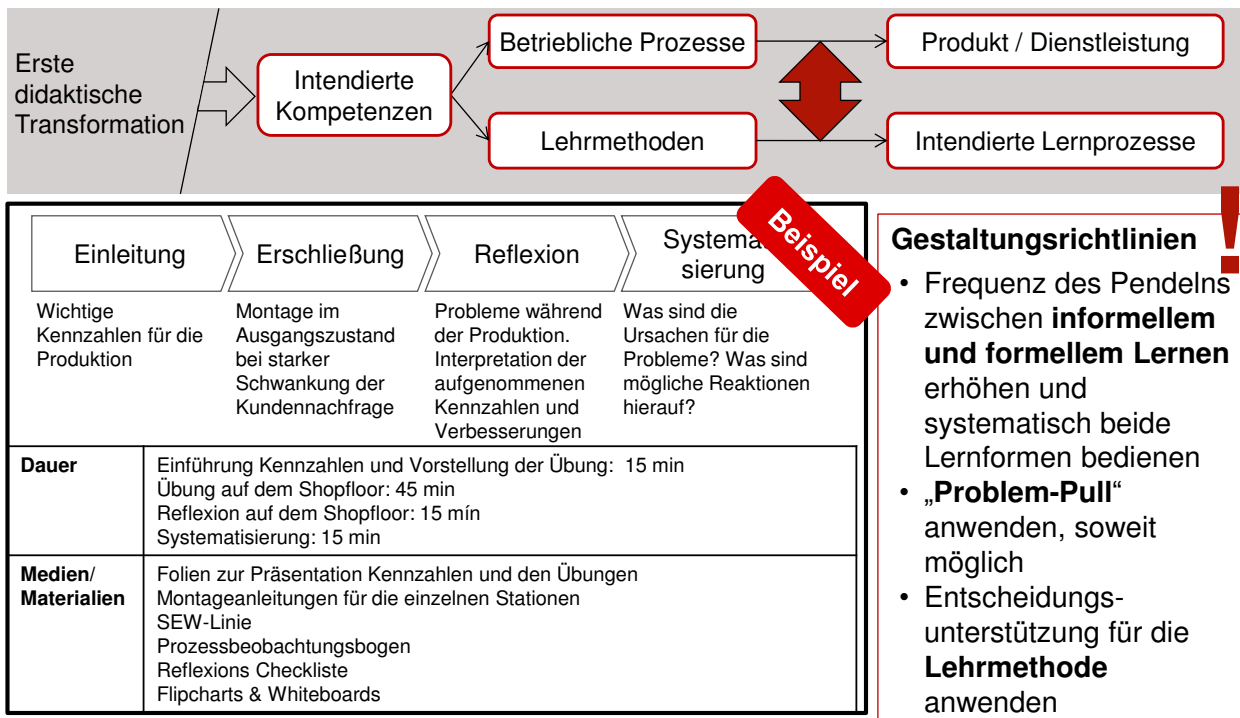


Abbildung 27: 2. didaktische Transformation der Schulung *Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme*

Mit Blick auf TP 5 und die Validierung des Gesamtlernszenarios wurde eine Handlungsaufgabe am Ende des Workshops integriert, um eine Überprüfung der Wirkung zu ermöglichen. Abbildung 28 visualisiert das für die Evaluation des Lernmoduls *Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme* verwendete Untersuchungsdesign.

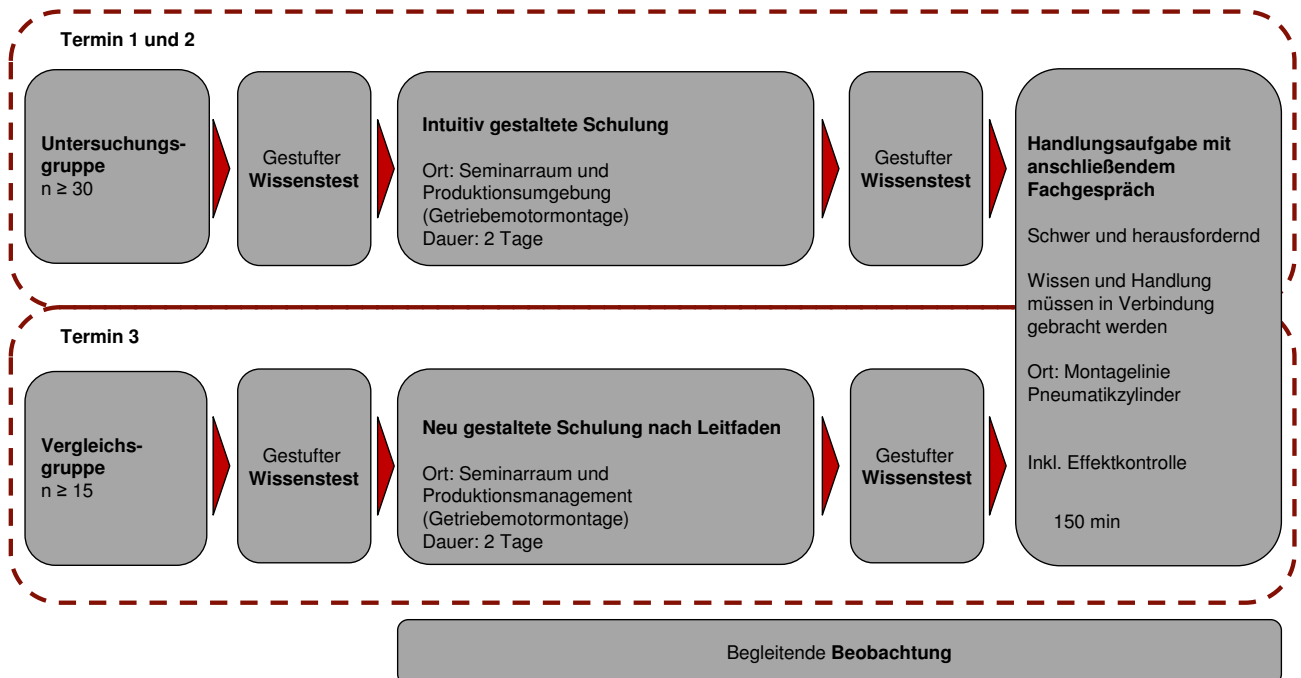


Abbildung 28: Geplantes Untersuchungsdesign zur Validierung der Entwicklungssystematik beim FMS Workshop

## Prozesslernfabrik für Entwickler

Für das Lernmodul<sup>14</sup> *Prozesslernfabrik für Entwickler* beim Innovationsmentor Daimler war nach Konzeptumstellung und mehreren Überarbeitungen (fünf Piloten) das gewünschte Ziel noch nicht erreicht.

In dieser Situation erfolgten mehrere Beratungstermine durch Vertreter der Projektgruppe „Idefix“. Bei den Treffen wurden einerseits das Curriculummodell und andererseits das momentane Trainingskonzept vorgestellt und besprochen. Der weitere Fokus lag auf der Konkretisierung und Formulierung der intendierten Kompetenzen. Die Darstellungsform anhand der Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix wurde von den Trainingsentwicklern bei Daimler als leichtverständlich bezeichnet und brachte effizient ein umfassendes Ergebnis. Die Auseinandersetzung mit ihrem Training auf dieser didaktischen Ebene führte bei den Trainern/Trainingsentwicklern zu einem hohen Grad an struktureller Klarheit und Planungssicherheit.

Im Anschluss an die Erstellung der Matrix wurde die bestehende Expertenrunde genutzt, um mögliche Ursachen für die bisherigen Schwierigkeiten zu identifizieren.

Ergebnisse der Reflexion:

- Organisation der Planung
  - Fluktuation in der personellen Ausstattung des Planungsteams
  - teilweise sehr lange Unterbrechungen
  - z.T. weit zurückliegende Entscheidungen (z.B. eingesetztes Medium), die einmal gefällt nicht mehr veränderbar sind bzw. deren Veränderung nicht mehr in Betracht gezogen wird
- Verworfenne Planungsansätze und Verbesserung
  - Vorangeschaltete Vortragelemente:

Die Einleitung über einen Vortrag kann den Phasenwechsel zwischen betrieblichem Alltag und Trainingssituation nicht leisten. Die Teilnehmer bleiben „gefangen“ in ihrem Tagesgeschäft. Die nun eingesetzte Variante startet mit einer teilnehmerzentrierten, aktivierenden Phase, sodass ein Verharren im Alltag nicht mehr möglich ist.
  - Erklärungen, Erläuterungen zu den Vorteilen von Lean:

Das Erkennen der Vorteile von Lean stellt das zentrale Element des Trainings dar. Dies nur zu erklären ist argumentativ schwach und setzt einen der Thematik gegenüber positiv eingestellten Teilnehmer voraus. Bei der Zielgruppe der Entwickler ist diese positive Grundeinstellung jedoch nicht gegeben. Im Gegenteil ist eher davon auszugehen, dass eine negative/ablehnende Einstellung vorhanden ist. In der neuen Variante des Trainings werden die Teilnehmer daher in eine Situation gebracht, in der sie innerhalb ihrer Rollen die Lean-Vorteile direkt erleben. Diese Eindrücke zeigen für die Entwickler Nutzen, Sinnhaftigkeit und auch Umsetzbarkeit im Lean-Ansatz und öffnen sie somit für eine Relativierung ihrer ablehnenden Haltung.
  - Inhaltlicher Bezug zur Teilnehmergruppe

Für die Teilnehmer ist Lean ein Element aus der Produktion mit dem sie nichts zu tun haben (wollen). Der Bezug ist jedoch gegeben durch eine im Produktionsprozess gängige Kenngröße, die in Zukunft auch zur Bewertung des Entwicklungsprozesses eingesetzt werden soll.

---

<sup>14</sup> Beim Innovationsmentor Daimler Trucks werden Lernmodule als Trainings bezeichnet – im Folgenden wird daher der Begriff Training verwendet.

## Modul Qualitätstechniken

Die systematische Überarbeitung des Lernmoduls *Qualitätstechniken* wurde auf Grundlage der Veröffentlichungen aus dem Projekt „Idefix“ und mit der Unterstützung von technischen und didaktischen Experten durchgeführt. Inhaltlich beschäftigt sich das Lernmodul *Qualitätstechniken* mit der Sicherstellung von Qualität in der Produktion und der strukturierten Lösung von Problemen. Die Gestaltung der Überarbeitung orientierte sich am Vorgehen, dass auch für das Lernmodul *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme* erarbeitet wurde. Die erste didaktische Transformation erfolgte anhand von Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrizen. Ein Ausschnitt aus der Matrix des nicht überarbeiteten Lernmoduls ist in Abbildung 29 zu sehen. Dabei wurden vor allem folgende Ansatzpunkte für eine Überarbeitung des intuitiv gestalteten Lernmoduls festgestellt:

- Redundante Wissens Elemente wurden eliminiert
- Fehlende Aspekte (besonders inhaltlich) wurden ergänzt
- Es wurden passende Handlungsaufgaben entwickelt, die das Wissen zur Anwendung bringen.

Teilkompetenz		zugehörige Handlung	Sachwissen (was) und Prozesswissen (wie, wann)	Begündungswissen (warum)
5.1	Fähigkeit zu erläutern, ob eine Durchführung von Audits sinnvoll ist	Erläutern der Methode "Audit"	Kenntnis der Grundregeln zur Durchführung von Audits in Bezug auf deren Organisation, Inhalt und Konsequenzen; Kenntnis des Einsatzzwecks von Audits (Do's und Dont's)	Verständnis, dass Audits eine Methode darstellen, um die Nachhaltigkeit von Verbesserungsaktivitäten und die Einhaltung von Standards zu sichern
5.2	Fähigkeit zu erläutern, ob die Anwendung der Methode "Kamishibai" sinnvoll ist	Erläutern der Methode "Kamishibai"	Kenntnis der Methode "Kamishibai", Kenntnis der Einsatzgebiete und der mit der Anwendung verbundenen Herausforderungen	
5.3	Fähigkeit, ein Kamishibai-Board für die Produktion zu erstellen	Auswahl von Inhalten zur Visualisierung auf dem Kamishibai-Board	Kenntnis der Methode "Kamishibai" inklusive typischer Inhalte eines Kamishibai-Boards (z.B. Kennzahlen, Planungsbereich mit Kamishibai-Aufträgen, aufgetretene Abweichungen)	
		Gestaltung eines Kamishibai-Boards (physische Umsetzung)	Kenntnis des Aufbaus/der Einteilung eines Kamishibai-Boards (z.B. Gestaltungsbeispiel); Kenntnis der Verantwortlichkeit für das Board; Kenntnis des Aktualisierungsprozesses des Kamishibai-Boards	
5.4	Fähigkeit, die Durchführung von Kamishibai-Audits zu planen und vorzubereiten	Planung und Vorbereitung von Kamishibai-Audits	Kenntnis des zu auditierenden Bereichs und der zu überprüfenden Standards; Kenntnis der verantwortlichen Auditoren, Kenntnis von Kamishibai-Karten; Kenntnis der Auditfragen	

Abbildung 29: Beispielhafter Auszug aus der Ist-Analyse des Lernmoduls Qualitätstechniken

Die Kompetenzen wurden dabei so formuliert, dass sie als Lernziele nutzbar sind. Im Fokus stand vor allem die inhaltliche Ausrichtung des Lernmoduls an den angestrebten Lernzielen. Das Lernmodul

wurde dadurch auch deutlicher von anderen Lernmodulen abgegrenzt und auf das Thema Qualitätstechniken in der schlanken Produktion fokussiert. Durch die Fokussierung verkürzte sich die für den Theorieanteil benötigte Zeit, wodurch deutlich mehr Handlungen integriert werden konnten, die von den Teilnehmern mithilfe der bereitgestellten Informationen durchgeführt werden. So werden die Teilnehmer dazu befähigt, Kompetenzen vollständig auszubilden. Die geplanten Reflexionsphasen nehmen dabei eine zentrale Stellung ein.

Die zweite didaktische Transformation, also die Ausgestaltung des Lernmoduls, erfolgte unter Zuhilfenahme des Instruments zur Lernsituationsgestaltung (siehe Abbildung 30). Parallel dazu wurden die Unterlagen für das Lernmodul erstellt, wobei bei der Ausgestaltung auf die Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix des Soll-Konzepts zurückgegriffen wurde. Aufgrund des inhaltlichen Umfangs des Lernmoduls *Qualitätstechniken* war es jedoch nicht möglich, eine Handlungsaufgabe zu integrieren, die von den Teilnehmern vollkommen selbstständig durchgeführt wird.

	Einleitung	Systematisierung	Erprobung	Reflexion
	Einführung in das Qualitätsverständnis der Schlanken Produktion	Vorgehen bei der Analyse bzw. der Aufnahme des Ist-Zustandes in der Produktion hinsichtlich Qualität	Qualitätsbezogene Aufnahme des Ist-Zustandes in der Produktion und Beurteilung der Produktion	Reflexion bezogen auf Vorgehen, Methode sowie Qualität in simulierten und unternehmenseigenen Produktionsumgebung
<b>Dauer</b>	Einführung in das Qualitätsverständnis: 15 min Systematisierung zur Analyse: 20 min Erprobung auf dem Shopfloor: 40 min Reflexion: 15 min			
<b>Medien/ Materialien</b>	Folien für Vortrag Folien zur Erklärung der Übung Rollenkarten für Studenten (Meister Fertigung, Meister Montage, Produktionsleiter) Vorbereitete Ist-Zustands-Matrix Bosch Linie Unterstützungsmaterial für Referenten bei Reflexion („Checkliste“) Flipcharts & Whiteboards			

Abbildung 30: Beispielhafte 2. didaktische Transformation des Lernmoduls Qualitätstechniken

## Modul Werkzeugmanagement

In TP 4.1 wurde das *Werkzeugmanagement* als Beispiel für das komplexe Problemlösen in den Domänen „Produktionstechnik“ und „Betriebsorganisation“ als Inhalt eines Referenzlernmoduls identifiziert. Zur Entwicklung dieses Referenzlernmoduls und Integration in die Prozesslernfabrik CiP des PTW kam das curriculare Modell aus TP 4.2 zur Anwendung. Hierbei wurden bei der Durchführung der ersten didaktischen Transformation die Elemente Betreiber, Nutzungsziel, Zielgruppe, Domäne und die intendierten Kompetenzen definiert (s. Abbildung 31 sowie Abbildung 23). Die detaillierte Erläuterung der Elemente kann den Ausführungen zu TP 4.2 dieses Berichts entnommen werden.

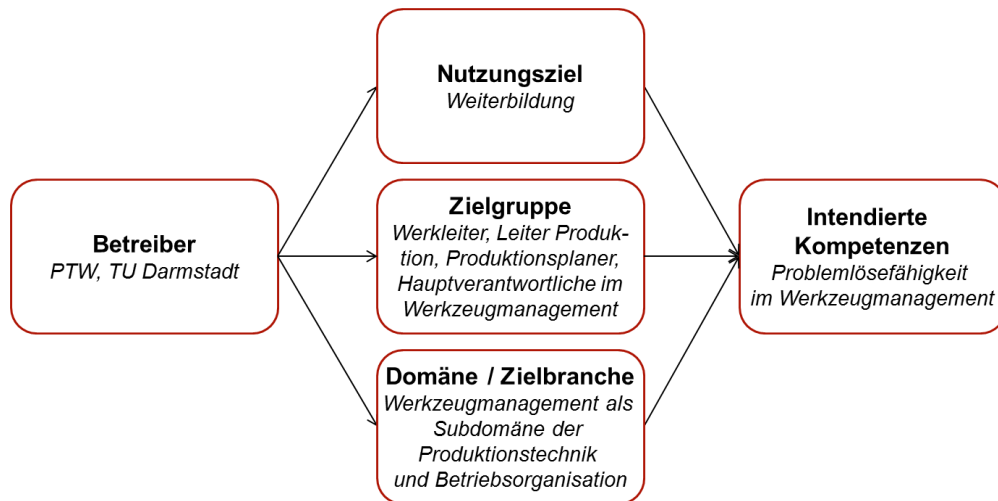


Abbildung 31: Erste didaktische Transformation zum Problemlösen im Werkzeugmanagement

Als intendierte Hauptkompetenz wird die Problemlösefähigkeit im *Werkzeugmanagement* akzentuiert. Zur Konkretisierung dieser Hauptkompetenz wurden sechs Teilkompetenzen der Problemlösefähigkeit mit der hierfür eigens entwickelten Matrixstruktur (s. TP3.3) formuliert, die als Lernziele bei der Gestaltung des Referenzlernmoduls fungieren. Eine herausragende Rolle spielen die ersten beiden Teilkompetenzen, die wie folgt lauten:

- „Die Teilnehmer besitzen die Fähigkeit, für die vorherrschende Problemsituation Ziele zu bestimmen und die Problemsituation zu modellieren.“ (1. Teilkompetenz)
- „Die Teilnehmer besitzen die Fähigkeit, die Wirkzusammenhänge im Netzwerk zu analysieren.“ (2. Teilkompetenz)

Mit der ersten Teilkompetenz werden zum einen die Herausforderungen „Offenheit“ und „Polytelie“<sup>15</sup> komplexer Probleme bei der Zielbestimmung und zum anderen die Herausforderungen „Komplexität“, „Vernetztheit“ und „Intransparenz“ bei der Lösung komplexer Probleme adressiert. Mit der zweiten Teilkompetenz werden nochmals die Herausforderungen „Komplexität“, „Vernetztheit“ und „Intransparenz“ vertiefend angesprochen und die „Eigendynamik“ als weitere zu lösende Herausforderung ergänzt. Somit werden alle Facetten komplexer Probleme bereits mit den ersten beiden Teilkompetenzen akzentuiert und stehen im Fokus des Referenzlernmoduls.

Die zweite didaktische Transformation befasst sich mit der Gestaltung der Lernsituation, also mit der Ausgestaltung des Referenzlernmoduls. Bei der Auswahl der Lehrmethoden sind sowohl Systematisierungs- als auch Erprobungsaktivitäten zu intendieren (siehe TP 3.1 ). Zur Realisierung der Erprobungsaktivitäten sind somit problemlösende Lernprozesse anhand realitätsnaher Handlungsaufgaben in das Referenzlernmodul zu integrieren. Dabei stellt sich beim *Werkzeugmanagement* die Herausforderung, dass die Abbildung und der Betrieb einer zerspannenden Produktion inklusive des Werkzeugversorgungsprozesses nicht wirtschaftlich in einer Lernfabrik umgesetzt werden kann. Dies ist jedoch zum Aufzeigen der genannten Merkmale komplexer Probleme, insbesondere die Vernetzungen und Eigendynamik der Prozesse, mit den entsprechenden erforderlichen Betriebsmitteln notwendig. Um die Implementierung von möglichst realitätsnah nachgebildeten Handlungsaufgaben zu gewährleisten, wurde als didaktisches Medium das „computerbasierte Planspiel“ ausgewählt. Im Zentrum der Gestaltung des Referenzlernmoduls stand somit die Entwicklung eines geeigneten computerbasierten Planspiels zum *Werkzeugmanagement* als zentrales Medium (siehe TP 4.4 ).

<sup>15</sup> „Die „Polytelie“ ist das Merkmal von Problemen, zu deren Lösung nicht nur ein einziges Ziel, sondern mehrere, möglicherweise sich widersprechende Ziele verfolgt werden müssen.“ (Schöpf 2010)

Zur Konzeption des zweitägigen Referenzlernmoduls wurde das im Projekt entwickelte Hilfsmittel der 2. didaktischen Transformation verwendet und erprobt. Auf Basis der Handlungen der intendierten Teilkompetenzen wurde das Referenzlernmodul zunächst in Sequenzen gegliedert und mit Hilfe der verschiedenen zur Verfügung stehenden Varianten an Aktivitätenreihenfolgen konkretisiert (siehe Abbildung 32).

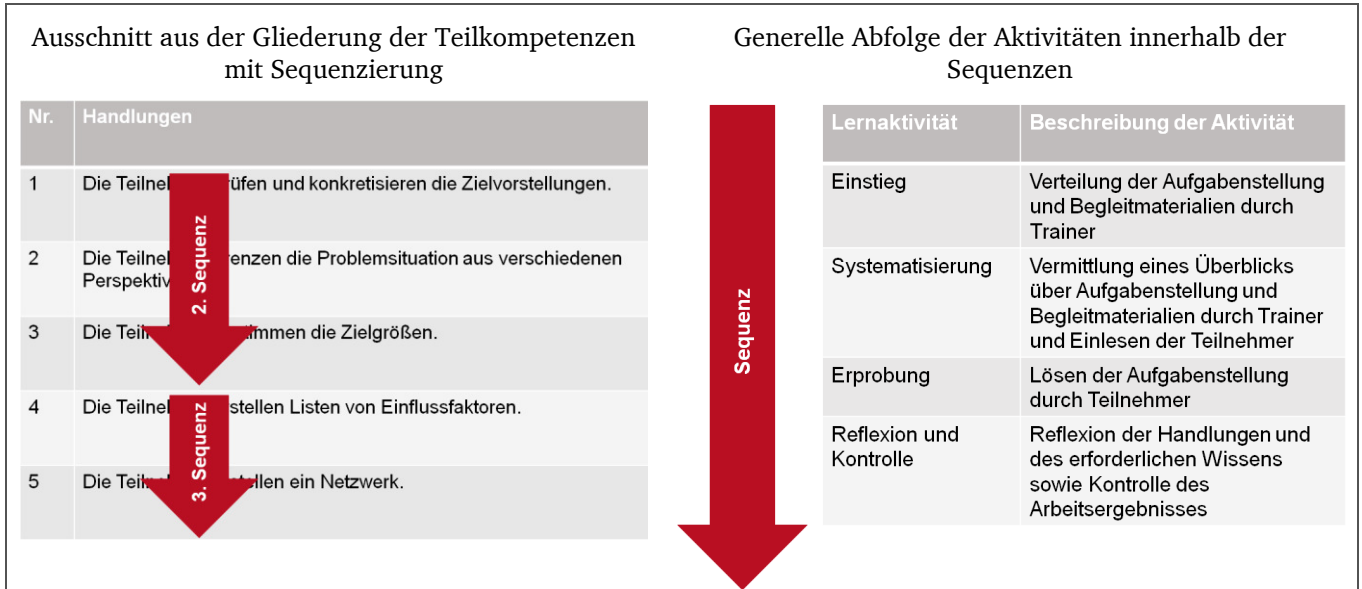


Abbildung 32: Gliederung der 1. Teilkompetenz in zwei Sequenzen und Darstellung der Aktivitätenreihenfolge beider Sequenzen

Anschließend wurden die Aktivitäten ausgestaltet und die erforderlichen Medien und Materialien erstellt. Insbesondere bei der methodischen Ausgestaltung wurden die Orientierungskonzepte als Entscheidungsgrundlage verwendet. Gleichzeitig war aufgrund des Hilfsmittels der 2. didaktischen Transformation die Berücksichtigung der in Abbildung 22 dargestellten Interdependenzen während der Planung des Referenzlernmoduls möglich.

## TP 4.4 Aufbau des Lernumfelds inklusive Demonstratoren

### Ziele des Teilprojekts:

- Identifikation von produktionstechnischen Themenfeldern für die Referenzlernmodule
- Auf- und Ausbau der Demonstratoren
- Inbetriebnahme der Demonstratoren

### Gestaltung und Aufbau des Schraubtechnik-Demonstrators für das Lernmodul *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme*

Aus den Beobachtungen des Referenzlernmoduls *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme* entstanden zwei maßgebliche Anforderungen an dieses Modul:

1. Das Referenzlernmodul lässt am Ende ungewünschte – da in der Praxis nicht sinnvolle – Lösungsoptionen offen (siehe Erläuterungen unten). Um am Ende ein praxisrelevantes Ergebnis zu erreichen, wird eine bessere Lenkung der Teilnehmer hin zu dem angestrebten Ziel einer flexiblen kontinuierlichen Fließfertigung benötigt.
2. Im Referenzlernmodul kommen nur Handschraubtechniken für die Montage zum Einsatz. Um eine höhere Realitätsnähe der Lernumgebung – und damit Akzeptanz des Lerninhalts – zu erreichen, müssen moderne Montagetechnologien zum Einsatz kommen.

Zusammen mit den Innovationsmentoren wurde beschlossen, diesen Anforderungen mittels eines Demonstrators zu begegnen. Die Entscheidung fiel auf eine Schraubtechnikstation, da diese die o.g. Anforderungen am besten erfüllen kann. Die Nutzung einer Schraubtechnikstation als Demonstrator adressiert zudem direkt die Probleme des Referenzlernmoduls und bietet darüber hinaus noch weitere Vorteile für den Lernerfolg der Teilnehmer (siehe Abbildung 33).

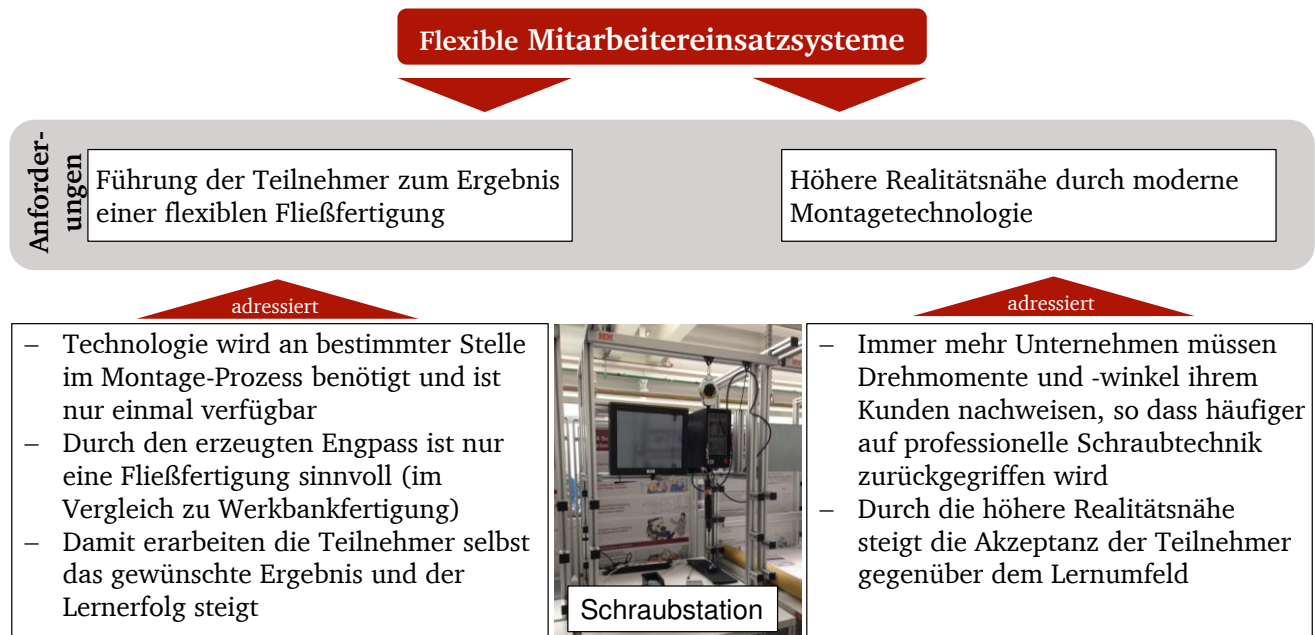


Abbildung 33: Adressierung der Anforderungen durch Schraubstation-Demonstrator

### Zu Anforderung 1:

Die Einführung in das Lernmodul *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme* zeigt beispielhaft die Werkstattfertigung, um so ein übergreifendes Verständnis vom Montageprozess zu erlangen. Zusammen mit den Teilnehmern wird dabei in einem ersten Schritt die Werkstattfertigung zu einer kontinuierlichen

Fließmontage umgebaut. Anschließend müssen die Teilnehmer die kontinuierliche Fließmontage hinsichtlich schwankender Kundennachfragen flexibilisieren. Aufgrund der Gestaltung der Getriebemotormontage des Referenzlernmoduls (mehrere Arbeitsplätze ausgestattet mit Handschraubtechniken, welche untereinander austauschbar sind) bieten sich an diesem Punkt den Teilnehmern zwei Möglichkeiten:

**Flexibilisierungslösung 1:** Die Fließmontage wird mit Hilfe der Methode *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme* durch entsprechende Ausgestaltung flexibilisiert.

**Flexibilisierungslösung 2:** Rückschritt zu einer Werkbankfertigung, so dass an einem Arbeitsplatz der Getriebemotor von Anfang bis Ende montiert wird

Flexibilisierungslösung 2 entspricht jedoch nicht dem gewünschten Ergebnis, ist aber aufgrund der Umsetzbarkeit in diesem speziellen Lernumfeld schwierig „wegzudiskutieren“. Hier setzt der Schraubtechnik-Demonstrator an und erzeugt durch seine Einmaligkeit einen Engpass: Jeder Getriebemotor muss während des Montageprozesses mindestens einmal an der Schraubtechnikstation gewesen sein. Durch diesen Engpass ist eine Werkbankmontage, an der Getriebemotoren von Anfang bis Ende montiert werden, nicht mehr sinnvoll und Teilnehmer präferieren von selbst Flexibilisierungslösung 1 (siehe Abbildung 34).

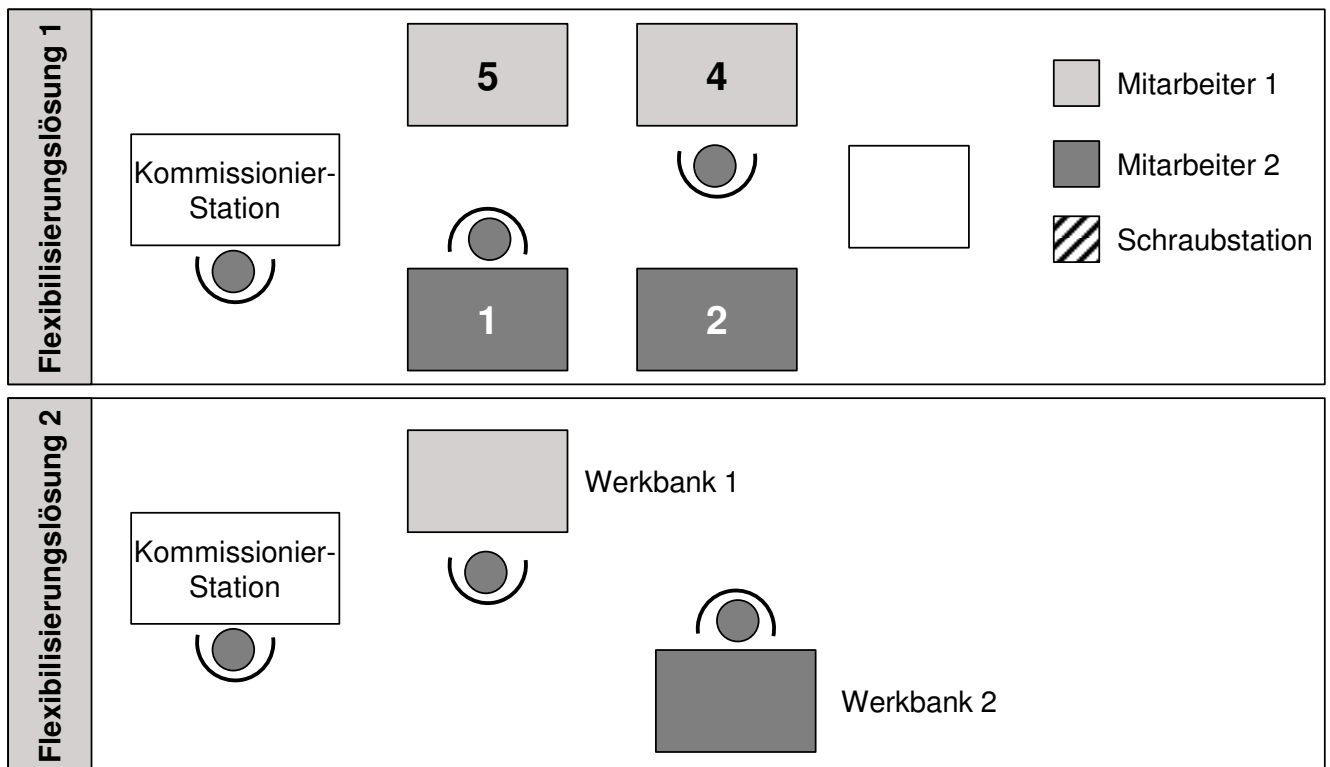


Abbildung 34: Vergleich Montageablauf Flexibilisierungslösung 1 und 2

**Zu Anforderung 2:**

Unternehmen werden häufig von ihren Kunden verpflichtet mittels Drehmoment- und Drehwinkelüberwachung die korrekte Montage von Produkten nachzuweisen. Das Referenzlernmodul greift bisher lediglich auf Handschraub-Montageprozesse zurück, so dass Teilnehmer die gewohnten industrialisierten Montageumgebungen nicht wiederfinden. Die Einführung des Schraubstation-Demonstrators erhöht die Authentizität des Lernumfelds und steigert damit die Akzeptanz der Teilnehmer für die Wirksamkeit der vermittelten Methoden. Der Schraubtechnik-Demonstrator wird in den folgenden Überarbeitungen des Lernmoduls *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme* integriert.

## Werkzeugmanagement

Auf Basis der einschlägigen Literatur wurden relevante Merkmale des Primär- und Sekundärflusses<sup>16</sup> extrahiert und mittels einer Typologie charakterisiert. Somit wurden gleichzeitig die zu berücksichtigenden Handlungsfelder im computerbasierten Planspiel des Demonstrators *Werkzeugmanagement* identifiziert (s. Zwischenbericht 2013). Auf der Grundlage dieses Beschreibungsrahmens wurde das computerbasierte Planspiel entwickelt und in die Software „Plant Simulation“ implementiert. Das Planspiel verfügt über einen modularen Aufbau, der in Tabelle 1 skizziert wird.

Tabelle 1: Module des Planspiels sowie ihre jeweilige Funktion

Modul	Funktion
Erzeugung Datenstruktur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Parametrisierung des zu verwendenden Werkstückspektrums</li><li>• Parametrisierung des zu verwendenden Werkzeugspektrums</li><li>• Parametrisierung der Betriebsmittel der Fertigung</li><li>• Erstellung der Einrichteblätter</li><li>• Erzeugung der Werkstücknachfrage</li></ul>
Verwaltung	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verwaltung des Lagerbestands der Werkstücke</li><li>• Verwaltung des Lagerbestands der Komplettwerkzeuge bzw. Werkzeugkomponenten</li><li>• Erzeugung und Verwaltung der Fertigungsaufträge der Werkstücke</li><li>• Erzeugung und Verwaltung der Montage-, Demontage- und Eilaufträge der Werkzeuge</li><li>• Verwaltung des Schichtmodells der Fertigung und Werkzeugvorbereitung</li><li>• Verwaltung der Mitarbeiteranzahl der Werkzeugvorbereitung</li><li>• Verwaltung der Anzahl der Werkzeugwagen</li><li>• Verwaltung von Kennzahlen</li></ul>
Fertigung	<ul style="list-style-type: none"><li>• Darstellung der Fertigungsabläufe in drei Fertigungszellen (s. Abbildung 35)<ul style="list-style-type: none"><li>○ 1. Zelle mit 2 CNC-Drehmaschinen</li><li>○ 2. Zelle mit 3 Bearbeitungszentren</li><li>○ 3. Zelle mit 3 Bearbeitungszentren</li></ul></li><li>• Zuordnung von Mitarbeitern zu Fertigungszellen</li><li>• Darstellung der Prozessabläufe in Werkzeugvorbereitung inkl. Mitarbeiterzuordnung (s. Abbildung 36)</li><li>• Anzeigen von Kennzahlen</li></ul>
GUI	<ul style="list-style-type: none"><li>• Starten und Fortsetzen des Planspiels</li><li>• Auswahl von Handlungsalternativen (s. Abbildung 37)<ul style="list-style-type: none"><li>○ Bestimmung der Magazingrößen und Art der Bearbeitungszentren</li></ul></li></ul>

<sup>16</sup> Der Primärfluss entspricht dem Werkstückfluss und der Sekundärfluss dem Werkzeugfluss in der Fertigung.

- Bestimmung der max. Anzahl von Fertigungsaufträgen pro Tag und Zelle
- Bestimmung über den Einsatz von Schwesterwerkzeugen
- Bestimmung über den Einsatz einer Werkzeugdifferenzliste
- Bestimmung über den Einsatz einer optimierten Rüstreihenfolge
- Bestimmung des Lagerzustand der Werkzeuge
- Bestimmung über die Anzahl der Betriebsmittel der Werkzeugvorbereitung
- Bestimmung über die Anzahl der Werkzeugwägen
- Bestimmung über die Transportstrategie der Werkzeuge
- Bestimmung des Schichtmodells und Anzahl der Mitarbeiter in der Werkzeugvorbereitung

Das Modul „Erzeugung\_Datenstruktur“ bietet dem Trainer des Referenzlernmoduls die Möglichkeit automatisiert unterschiedliche Werkstück- und Werkzeugspektren zu erstellen. Somit können den Teilnehmern bspw. die Auswirkungen planender Instanzen, wie der Werkzeugspektrumsplanung, auf den Primär- und Sekundärfluss der Fertigung näher gebracht werden.

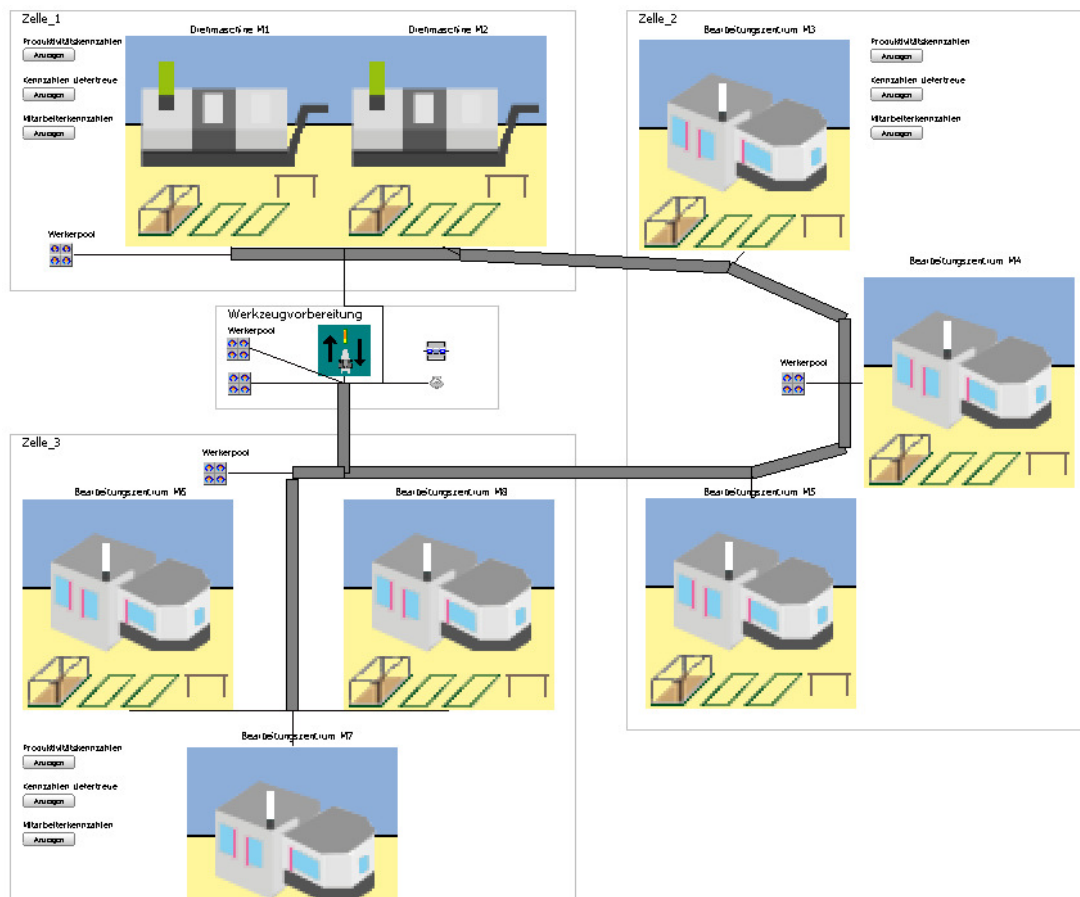


Abbildung 35: Fertigungszellen im computerbasierten Planspiel

Die Produktionsplanung und -steuerung inklusive der Steuerung der Handlungsalternativen des Planspiels ist im Modul „Verwaltung“ integriert. Sowohl das Modul „Erzeugung\_Datenstruktur“ als auch das Modul „Verwaltung“ sind für den Teilnehmer während des Spiels nicht von Relevanz und sind daher im Spielmodus ausgeblendet.

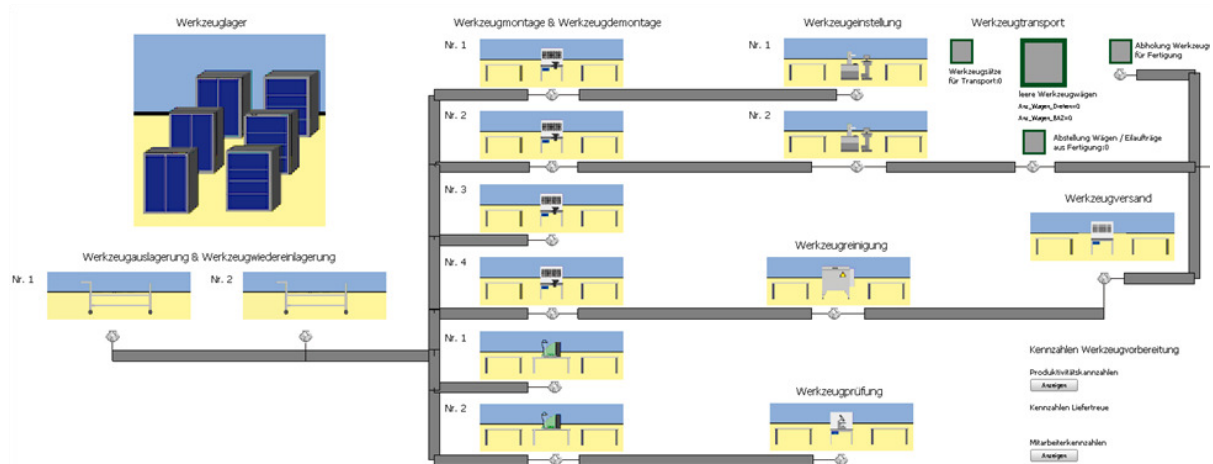


Abbildung 36: Gesamtüberblick über Werkzeugvorbereitung

Insgesamt kann mit dem Planspiel ein Zeitraum von einem Kalenderjahr simuliert werden. Durch die Verwendung eines Zeitraffers kann ein Produktionsmonat in einer Dauer von ca. fünf Minuten abgebildet werden. Die Teilnehmer können jeweils nach Ablauf eines Monats unter den verschiedenen Handlungsalternativen (s. Tabelle 1) auswählen und so die Werkzeugversorgung nach ihren Vorstellungen konfigurieren. Zur Reflexion des Erfolgs der gewählten Handlungsalternativen stehen im Spiel verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Durch die Ablaufsimulation kann der Prozessablauf in der Fertigung und der Werkzeugvorbereitung beobachtet und analysiert sowie erste Verbesserungspotentiale identifiziert werden (z.B. Auflösung von Kapazitätsengpässen). Des Weiteren werden verschiedene Kennzahlen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems sowie eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung angezeigt. Nach einem Vergleich mit zuvor definierten Zielen können die Teilnehmer bei Zielabweichungen die gewählten Handlungsalternativen anpassen (z.B. Wechsel von einem Zweischichtbetrieb in einen Dreischichtbetrieb) und die Wirkungen ihres Handelns mit Hilfe der Ablaufsimulation und den aktualisierten Kennzahlen erneut reflektieren. Durch das beschriebene Planspiel können im Demonstrator *Werkzeugmanagement* nun Handlungsaufgaben zur Unterstützung des Kompetenzaufbaus in dieser Subdomäne in die Lernfabrik mit angemessenem Aufwand integriert werden.

**Werkzeugversorgung**

<p>Werkzeuginstanz</p> <p>Lagerungszustand</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> demontiert</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> montiert</p> <p>Anteil montierter Werkzeuge</p> <p><input type="text" value="keine"/></p>	<p>Kommissionierung</p> <p>Anzahl Mitarbeiter (parallel): <input type="text" value="2"/></p>	<p>Personalplanung</p> <p>Schichtbetrieb</p> <p>einschichtig: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>zweischichtig: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>dreischichtig: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Anzahl Mitarbeiter</p> <p>Frühschicht: <input type="text" value="7"/></p> <p>Spätschicht: <input type="text" value="6"/></p> <p>Nachtschicht: <input type="text" value="6"/></p>
<p>Einstellgeräte</p> <p>Anzahl Einstellgeräte: <input type="text" value="1"/></p>	<p>Werkzeugmontage</p> <p>Anzahl Montagelplätze: <input type="text" value="4"/></p> <p>Anzahl Schrumpflplätze: <input type="text" value="1"/></p>	
	<p>Werkzeugtransport</p> <p>Anzahl Werkzeugwagen VDI 40: <input type="text" value="4"/></p> <p>HSK A: <input type="text" value="12"/></p>	
	<p>Sammeltransport: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>max_Wartedauer=10:00.0000</p>	
	<p>Holstrategie: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Bringstrategie: <input checked="" type="checkbox"/></p>	

Abbildung 37: Graphische Bedienoberfläche des Planspiels zur Auswahl verschiedener Handlungsalternativen (Auszug)

## TP 4.5 Reflexion und Weiterentwicklung der Systematik hinsichtlich deren Verwertbarkeit

### Ziele des Teilprojekts:

- Vorbereitung der Gegenüberstellung der beiden Lernmodulgruppen
- Auswertung der Ergebnisse und Bewertung vor dem Hintergrund der Forschungsliteratur
- Reflexion und Weiterentwicklung

Damit die beiden Lernmodulgruppen gegenübergestellt werden können, bedarf es verschiedener Instrumente, mit denen eine Bewertung ermöglicht wird. Diese Instrumente werden gleichzeitig auch für die Validierung der Systematik zur Entwicklung von Lernmodulen genutzt. Damit die Lernmodule überhaupt verglichen und Entwicklungspotenziale festgestellt werden konnten, musste zunächst ein Lernmodul identifiziert werden, mit dem mehrere Schleifendurchläufe innerhalb der Projektlaufzeit von „Idefix“ im Sinne eines Design-Based-Research Ansatzes möglich sind. So kann eine methodische Feinkorrektur nur dann erfolgen, wenn ein auf didaktischen und methodischen Entscheidungsprinzipien basierendes Lehr-Lernarrangement eines Lernmoduls mehrmals zeitnah angeboten wird. Um also verschiedene Schleifendurchläufe zu ermöglichen, wurde im Teilprojekt 4.3 der *FMS – Workshop* ausgewählt. Da hierbei ein experimentelles Curriculummodell erprobt wird, das sowohl Merkmale offener Curricula als auch situationsanalytischer Ansätze aufweist, werden zur Validierung unterschiedliche Ansätze aus der Curriculevaluation (Haenisch 1982) eingesetzt. Insgesamt zielt diese Evaluation a) auf die nutzungsorientierte Analyse einzelner Lernmodule und b) auf die Bewertung der Gesamtsystematik. Gerade durch die Evaluation der Lernebene innerhalb der Lernmodule lassen sich Rückschlüsse ziehen, in welcher Ausprägung die fachlich-methodischen Kompetenzen bei den Workshopteilnehmern erreicht wurden. Zum Einsatz kommt eine Ergebnisevaluation mittels gestuften Wissenstest, der das Professionswissen und das konzeptuelle Wissen der Workshopteilnehmer vor Beginn und am Ende des Workshops überprüft (siehe Abbildung 38).

Um die Korrespondenz des geprüften Wissens mit den intendierten Kompetenzen zu überprüfen, ist in den Workshop eine Handlungsaufgabe (siehe Abbildung 39) integriert, die von den Teilnehmern als Gruppenlösung gestaltet werden muss, so dass durch die parallel stattfindende strukturierte und offene Beobachtung Rückschlüsse über die beobachtbaren Performanzen auf die fachlich-methodische Kompetenzentwicklung gezogen werden können (siehe Abbildung 40).

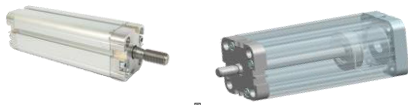
Da zusätzlich das Lehr-Lernszenario des gesamten Workshops mittels weiterer begleitender Beobachtungen analysiert wird, lassen sich weitere Optimierungen innerhalb der methodisch-medialen Ausgestaltung der Workshops vornehmen. Um die Evaluation der Gesamtsystematik zu unterstützen, werden die Vorgehensweise der curricularen Verflechtungen und die damit verbundenen Zusammenhänge zwischen erster und zweiter didaktischer Transformation auf andere Kontexte übertragen. So wurde beim Innovationspartner Daimler Trucks ein Lernmodul *Prozesslernfabrik für Entwickler* konzipiert, dessen Pilotphase ebenfalls durch begleitende Beobachtungen (siehe Abbildung 41) und Expertengespräche evaluiert wurde. Die Erkenntnisse wurden vor der Implementierungsphase in der Trainingsfabrik zur Optimierung des Lernmoduls genutzt. Die Frage der Übertragbarkeit des curricularen Vorgehens wird hier mittels Interviews und Expertenrunden beurteilt. Für die Überprüfung der curricularen Systematik werden weitere externe Kontexte genutzt. Teilaspekte des curricularen Vorgehens werden zudem aktuell von einer Lehrplangruppe des hessischen Kultusministeriums zur Erstellung des Kerncurriculum Mittelstufenschule und der zugehörigen Handreichung sowie von verschiedenen Lehrerteams an Selbständigen Beruflichen Schulen bei der Ausgestaltung der jeweiligen Meso-Ebenen erprobt.

Geburtsdatum:  Anfangsbuchstabe des Vornamens der Mutter:  Anfangsbuchstabe des Nachnamens der Mutter:  Land des Buchstaben des Geburtsorts:

CODE:

**Vorstellung**

In Ihrem Unternehmen besteht eine Linie zur Produktion von Pneumatik-Zylindern.



Beobachtungen zeigen, dass diese Linie inflexibel ist. Als erster Schritt soll untersucht werden, wie man dem Problem der Inflexibilität entgegen kann.

**1. Nennen Sie Methoden zur Beherrschung von Inflexibilität.**

Die verschiedenen Möglichkeiten wurden geprüft. Diese Prüfung führte zu dem Ergebnis, dass die einzige umsetzbare Strategie zur Bekämpfung der Inflexibilität die Installation eines flexiblen Mitarbeitersystems ist.

Bitte bearbeiten Sie die folgenden Aufgaben mit dem Ziel der Einführung eines flexiblen Mitarbeitersystems.

- Bestimmen Sie im Diagramm der Absatzprognose (siehe Anhang) eindeutige Szenarien, indem Sie die Markierungen im Diagramm setzen und die Szenarien beschreiben.
- Berechnen Sie die Kundentakte für die im 2. gefundenen Szenarien.
- Begründen Sie warum Sie sich genau für die von Ihnen gewählte Anzahl von Kundentakten entschieden haben.
- Welche Auswirkungen haben eine falsch gewählte Anzahl von Kundentakten sowie ein ungünstiges Verhältnis der Kundentakte zueinander?

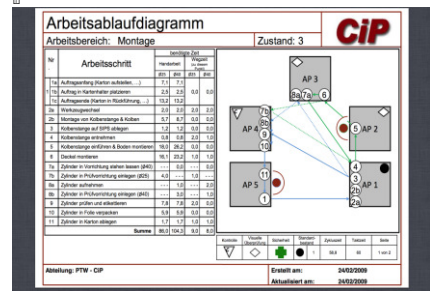
Viel Erfolg!

Geburtsdatum:  Anfangsbuchstabe des Vornamens der Mutter:  Anfangsbuchstabe des Nachnamens der Mutter:  Land des Buchstaben des Geburtsorts:

CODE:

**Anhang: Informationen zur Produktionslinie Pneumatikzylinder**

Das aktuelle System arbeitet mit 5 Mitarbeitern an 5 Arbeitsplätzen. Der Prozess sieht im Detail wie folgt aus:



Aus dem Verkauf liegt Ihnen folgende Absatzprognose für das erste Halbjahr des kommenden Jahres vor:

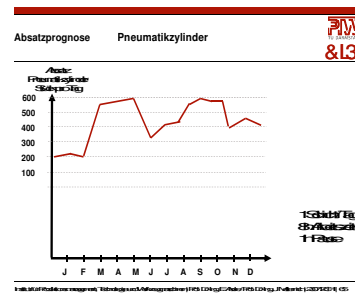
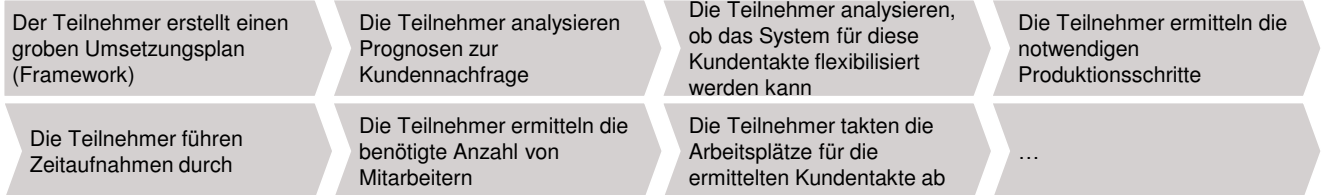


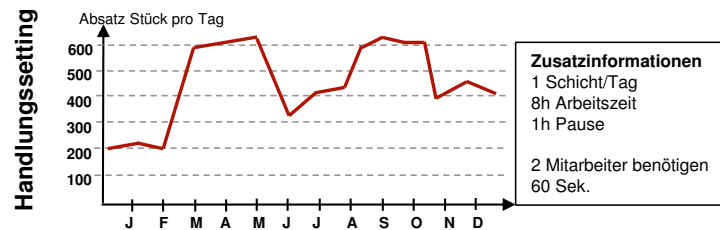
Abbildung 38: Gestufter Wissenstest im Lernmodul *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme*

**Handlungsaufgabe für Schulung erstellen**

Szenario für die Handlungsaufgabe – *Sequentieller Ablauf der in Schritt 1 definierten Handlungen*



**Aufgabenstellung für die Handlungsaufgabe erstellen**



**Zusatzinformationen**  
 1 Schicht/Tag  
 8h Arbeitszeit  
 1h Pause  
 2 Mitarbeiter benötigen  
 60 Sek.

**Aufgabenstellung**

**Setting**

- Montage
- 3 Gruppen

**Aufgabe**

- Sorgen Sie dafür, dass die Montage auf die schwankende Kundennachfrage im kommenden Jahr reagieren kann

Abbildung 39: Handlungsaufgabe im Lernmodul *Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme* (in Anlehnung an Tisch et al. (2014))

Gewichtete Evaluierungskriterien			
Durchführung	Vorgehen	Ergebnis	Gruppenaktivität
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ohne zu zögern, selbständig</li> <li>• Zögerlich selbständig (Skript, Hiwis, Diskussion)</li> <li>• Nach führenden Fragen der Moderatoren</li> <li>• Nach Vorgabe des nächsten Schritts</li> <li>• nicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodisch-strukturiert, nach definiertem Vorgehen</li> <li>• Analytisch-strukturiert, herleitend</li> <li>• Empirisch, ausprobierend</li> <li>• unstrukturiert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrekt</li> <li>• Überwiegend korrekt</li> <li>• Überwiegend nicht korrekt</li> <li>• Nicht korrekt (Orientierung jeweils an einem Erwartungshorizont)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemeinsam im Team</li> <li>• Teile der Gruppe (Anteil angeben)</li> <li>• Gar nicht</li> </ul>

Indikatoren

<b>Liste Handlungen aus Kompetenztransformation</b>  H1: TN nimmt... H2: TN plant... H3: TN definiert... H4: TN... ... ... ...	<b>Handlungen werden bezüglich den Evaluationskriterien, orientiert an den Indikatoren bewertet</b>	Felder für sonstige freie Beobachtungen (Was ist aufgefallen, Besonderheiten)
--	---	---

Abbildung 40: Beobachtungsboden zur Handlungsaufgabe im Lernmodul *Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme*

Phase:	Zeit:	Kommentar:	Wer?	Wo?	Wie?	Mit was?	Feedback/ Reflexion
Sammlung von Lean Begriffen	9:50	Takt, KVP, Zeitoptimierung, 5S, Paretoprinzip,  TN werfen Begriffe in den Raum, erklären diese  Lean Grundlagen zum Teil vorhanden	Teilnehmer keine Angabe Alle Dozent <b>Teilnehmer</b> Teilnehmergruppe andere Person	Seminarraum	Sozialform <b>keine Angabe</b>  mit Hilfe von: <b>keine Angabe</b>  Methode <b>Frage-Antwort</b>	Hilfsmittel: <b>Flipchart</b>  <b>keine Angabe</b>  Medium: <b>keine Angabe</b>  <b>Begriffe werden aufgeschrieben</b>	<b>keine Angabe</b>  <b>keine Angabe</b>  Kompetenzen: <b>fachlich-method</b>

Abbildung 41: Instrument der begleitenden Beobachtung

Anhand der eingesetzten unterschiedlichen Instrumente (Begleitende Beobachtungen, Gestufter Wissenstest, Beobachtungen der Handlungsaufgabe) wird die Evaluation der Gesamtsystematik vorangetrieben. Im Rahmen dieser formativen Evaluation des Curriculumansatzes werden zusätzlich Interviews mit den Validierungsgruppen sowie Diskussionen innerhalb dieser Gruppen durchgeführt.

Gleichzeitig dienen die Instrumente der Reflexion der durchgeführten Lernmodule und damit der geplanten Lehr-Lernszenarien. Diese Ergebnisse finden wiederum Anwendung in Konzeptworkshops zur Optimierung der methodischen Feinkorrektur und werden entsprechend der Projektplanung in den Teilprojekten des letzten Projektzeitraums im Kalenderjahr 2014 wirksam und entsprechend der Teilprojekte im Abschlussbericht dargestellt.

## TP 5 Evaluierung des Gesamtlernszenarios

Für die Evaluierung des Gesamtlernszenarios wurde ein Evaluationsansatz gewählt, der einer formativen Evaluation entspricht. Zentrale Intention dieses Evaluationsansatzes ist es, eine Effizienzanalyse durchzuführen, mögliche Wirkungen einzuschätzen und Veränderungsoptionen entwickeln zu können. Dahinter steckt die Leitidee, eine Curriculumevaluation als inhaltliche Qualitätsbestimmung und praktische Erprobung durchzuführen. Dabei liegt folgende Zielsetzung vor:

- Überprüfung der Konsistenz und Stringenz des curricularen Modells
- Bestimmung des generellen Stellenwerts des Curriculummodells
- Aufzeigen einer möglichen Modelloptimierung
- Sammlung von Erfahrungen und Problemen bei der Umsetzung des Curriculummodells
- Bestimmung günstiger und ungünstiger Realisierungsbedingungen

Um die genannte Zielsetzung zu realisieren, wurden vier Teilbereiche in verschiedenen Teilprojekten umgesetzt:

1. Teilbereich: Durchführung zweier optimierter Workshops (Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme und Qualitätstechniken) sowie eines neu entwickelten Workshops (Werkzeugmanagement) mit unterschiedlichen Teilnehmern (Konkretisierung im Teilprojekt 5.1); Zur Evaluation wurde hier auf die im TP 4.5 entwickelten Instrumente zurückgegriffen (begleitete Beobachtung, gestufter Wissenstest und Beobachtung der Handlungsaufgabe)
2. Teilbereich: Entwicklung eines Train-the-Trainer-Workshops für Lernfabriktrainer auf Basis der Erkenntnisse aus „Idefix“
3. Teilbereich: Interviews mit Akteuren aus unterschiedlichen Kontexten, die mit dem curricularen Modell gearbeitet haben:
  - Trainer der CiP
  - Trainer des Innovationsmentors Daimler Trucks
  - Produktentwickler des Innovationsmentors Festo Didactic
  - Mitglieder der Lehrplankommission Kerncurriculum Berufliches Gymnasium
4. Teilbereich: Spiegelung der Ergebnisse der ersten drei Teilbereiche in einem Workshop mit Führungskräften der Innovationsmentoren (Konkretisierung im Teilprojekt 7.2)

Um die oben dargestellte Zielsetzung zu erreichen, wurden fünf Kriterien zur Curriculumevaluation angelehnt an das Konzept von Brügelmann (1981) entwickelt. Diese sind:

### **Begründbarkeit**

- Wird deutlich von welchen Annahmen bei der Entwicklung des Curriculummodells ausgegangen wird?
- Welche strategischen und pädagogischen Vorentscheidungen bilden die Vorgabe für das Curriculummodell?
- Gibt es weitere pädagogische Entscheidungen, die bei der Entwicklung des curricularen Modells berücksichtigt werden sollten?

### **Stimmigkeit**

- Sind die Verflechtungen der 1. und 2. didaktischen Transformation innerhalb des curricularen Modells widerspruchsfrei?

### **Umsetzbarkeit**

- Lassen sich aus dem Curriculummodell konkrete Workshopsequenzen (Unterrichtssequenzen) entwickeln und begründen?
- Werden die Gliederungsform und die verwendete Begrifflichkeit der Planungsweise der Trainer (Lehrer) gerecht?

### **Offenheit**

- Werden im curricularen Modell Möglichkeiten für eine situationsbezogene Planung eröffnet?

## Überprüfbarkeit

- Ist das Curriculummodell so beschaffen, dass sich dessen Umsetzung und Wirksamkeit im Lernmodul (Workshop, Unterricht) feststellen lässt (Beobachtungs- und Diagnosemöglichkeiten)?

Die fünf Kriterien wurden mit den jeweils darunter stehenden Leitfragen untersetzt und in einen leitfadengestützten Interview-Fragebogen überführt. Für jede dieser Leitfragen wurden mögliche Ausprägungen definiert und als Kategoriensystem beschrieben. Getestet wurden die Leitfragen in drei Gruppen. Eine Gruppe bildeten Studierende im Bereich des Berufsschullehramts. Ihnen wurde im Rahmen eines Seminars mit Hilfe des curricularen Modells vermittelt, die Schritte der ersten didaktischen Transformation auszuführen, um für ein Lernfeld innerhalb eines Rahmenlehrplans der dualen Ausbildung fachlich-methodische Kompetenzen als Ausgangspunkt für die langfristige Unterrichtsplanung zu generieren. Die anderen beiden Gruppen waren Lehrerteams aus dem Bereich der Körperpflege, die im Rahmen einer Masterthesis an einem Fortbildungstag ebenfalls mit dem curricularen Modell die Schritte der ersten didaktischen Transformation ausgeführt haben, bei dieser Arbeit aber das komplette curriculare Modell kennenlernten und ihre Tätigkeit entlang der Kriterien evaluierten.

## TP 5.1 Durchführung der entwickelten Workshops mit verschiedenen Zielgruppen

### Ziele des Teilprojekts:

- Entwicklung eines Untersuchungsdesigns, Auswahl und Anpassung des Workshops, Festlegung des Querschnitts, Vorbereitung der Vergleichsgruppen, Auswahl von Testitems, Vortest
- Durchführung der Untersuchung mit der Untersuchungs- und der Vergleichsgruppe
- Analyse der Ergebnisse und Bewertung vor dem Hintergrund der Forschungsliteratur

### Modul Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme

Die in TP 4.3 entwickelte Methodik zur systematischen Gestaltung von Lernmodulen wurde auf das FMS Modul für dessen Weiterentwicklung angewendet. Abbildung 42 zeigt den zugehörigen Projektplan. Dabei sind folgende Varianten von FMS entwickelt worden:

- FMS I. Intuitiv gestaltetes FMS Lernmodul
- FMS II. Systematische Gestaltung von FMS nach dem curricularen Modell
- FMS III. Erneute Überarbeitung von FMS II nach curricularen Gesichtspunkten

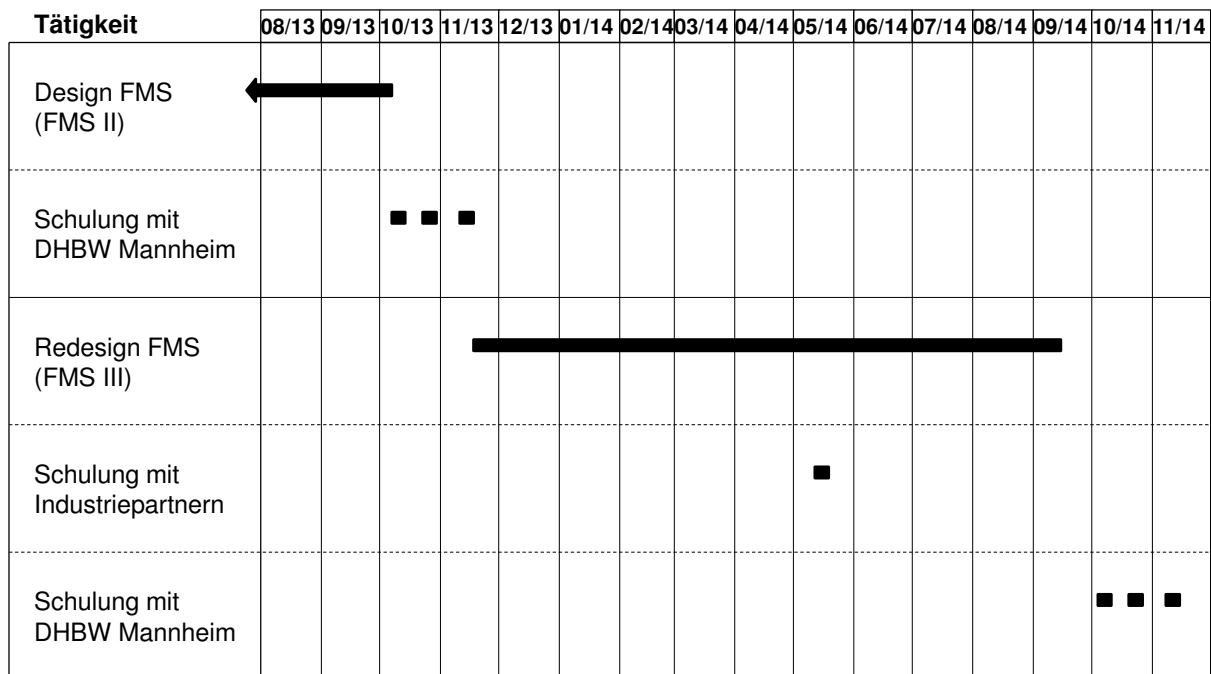


Abbildung 42: Entwicklungs- und Gestaltungsplan für das Lernmodul *Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme*

Der folgende Abschnitt beschreibt die wichtigsten Änderungen zwischen den beiden Lernmodulen FMS I und FMS II, das Untersuchungsdesign zur Gegenüberstellung beider Module sowie Details zur Durchführung des entwickelten Workshops mit verschiedenen Zielgruppen. Das Redesign FMS (FMS III) wird in TP 5.3 aufgegriffen.

Das Schulungsmodul FMS wurde im Zuge der systematischen Entwicklung grundlegend neu durchdacht und gestaltet. Das hierbei entstandene Modul (FMS II) hat aus lehrmethodischer Sicht das intuitiv gestaltete Modul weit überschritten – lediglich das Lernmedium ist überwiegend unverändert geblieben. Weitere Details zur Ausgestaltung der Lernumgebung finden sich im Abschnitt „Gestaltung und Aufbau des Schraubtechnik-Demonstrators für das Lernmodul Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme“ von TP 4.4 im Zwischenbericht 2013. Tabelle 2 zeigt die zeitlichen Verschiebungen und inhaltlichen Ergänzungen zwischen den Lernmodulen in einer Gegenüberstellung.

Tabelle 2: Wichtigste Änderungen im Lernmodul *Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme* in der Gegenüberstellung

	FMS I	FMS II
Agenda	2-Tages-Workshop: Tag 1: 9:00h – 16:30h Tag 2: 9:00h – 15:15h	2-Tages-Workshop: Tag 1: 9:00h – 17:00h Tag 2: 9:00h – 17:30h
Kompetenzorientierte Gestaltung des Workshops	Nein	Ja
Gesamtdauer der Erprobungsaktivitäten in der Lernfabrikumgebung [min]	450	680
Durchschnittliche Dauer der Erprobungsaktivitäten in der Lernfabrikumgebung [min]	90	85
Anteil der Erprobungsaktivitäten in der Lernfabrikumgebung an Gesamtzeit [%]	63,8	78
Gesamtdauer der Systematisierungsaktivitäten im Seminarraum [min]	255	190
Durchschnittliche Dauer der Systematisierungsaktivitäten im Seminarraum [min]	26	32
Anzahl der Wechsel zwischen Systematisierungs- und Erprobungsaktivitäten	4	7
Anzahl der Reflexionsphasen in der Lernfabrikumgebung	0	8

Obwohl sich die systematisch gestaltete Version von FMS auf die wesentlichen Aspekte fokussiert, nimmt der 2-Tages-Workshop mehr Zeit in Anspruch. Dies ist in erster Linie auf die ausführlichere Behandlung der beibehaltenen Inhalte zurückzuführen, den gesteigerten Anteil an Erprobungsaktivitäten an der Gesamtzeit um knapp 15 Prozentpunkte (63,8% zu 78%), aber vor allem auch auf die deutlich gesteigerte Anzahl von Wechseln zwischen Systematisierungs- und Erprobungsaktivitäten (4 zu 7). Hier zeigt sich, dass das häufige Pendeln zwischen Theorieeinheiten und Übungseinheiten konsequent umgesetzt wurde. Neben der kompetenzorientierten Ausgestaltung von FMS II wurden gezielt Reflexionsphasen im Anschluss an Erprobungsaktivitäten eingeführt, um das eben Erprobte in der gesamten Gruppe zu wiederholen und zu diskutieren.

Abbildung 28 zeigt das zur Evaluation des neu gestalteten Schulungsmoduls entwickelte Untersuchungsdesign. Dabei wurde an drei aufeinanderfolgenden Workshops zweimal die intuitiv gestaltete Schulung (FMS I) durchgeführt und einmal die systematisch gestaltete Schulung (FMS II). Um das durch die Schulung hinzugewonnene Wissen zu erfassen, wurde den Schulungen jeweils ein gestufter Wissenstest vor- und nachgestellt. Abschließend ergänzt eine Handlungsaufgabe die Lernerfolgsmessung der durchgeführten Schulungen. Sowohl der Wissenstest als auch die Handlungsaufgabe für das

Lernmodul FMS sind bereits umfassend in TP 4.5 Reflexion und Weiterentwicklung der Systematik hinsichtlich deren Verwertbarkeit im Zwischenbericht 2013 beschrieben.

Bei der Messung des Lernerfolgs werden nicht nur Wissenselemente abgefragt, sondern auch Aspekte selbstorganisierter Handlungsfähigkeit der Teilnehmer. Da Kompetenzen selbst nicht direkt sichtbar sind, ist deren unmittelbare Messung schwierig (Erpenbeck und Rosenstiel 2007). Deren Ausprägungen (Handlungen) sind jedoch beobachtbar und deren Voraussetzungen (Wissenselemente) abfragbar (Jung 2010). Um den Lernerfolg der Schulungsteilnehmer zu erheben, müssen also deren Handlungen beobachtet werden und mit geeigneten Fragen das zugrunde liegende Wissen abgeprüft werden. Um Rückschlüsse auf die entwickelten Kompetenzen ziehen zu können, müssen die Schulungsteilnehmer die Handlungen in einer – den zu vermittelnden Kompetenzen entsprechenden – neuartigen Situation durchführen. Das Vorgehen zur Messung des Lernerfolgs ist in Abbildung 43 veranschaulicht und kann in die Phasen Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung der Messung eingeteilt werden.

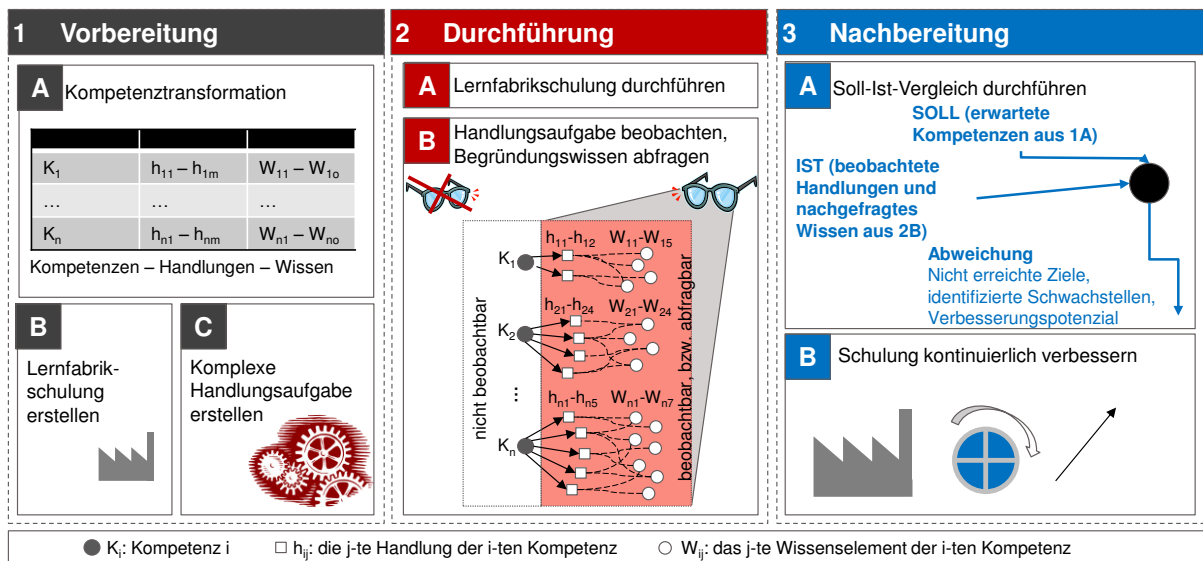


Abbildung 43: Vorgehen zur Messung des Lernerfolgs (Tisch et al. 2014)

Als Basis für eine zielorientierte Verbesserung der Schulung werden die Kompetenztransformationstabelle (1A) und darauf basierend die Schulung (1B) entwickelt. Basierend auf der Kompetenztransformation wird eine Handlungsaufgabe (1C) zur lernzielorientierten Evaluation erstellt. Im Rahmen der beschriebenen Untersuchung werden Lernziele ausschließlich im Bereich der fachlich-methodischen Kompetenzen definiert (1A), adressiert (1B) und überprüfbar gemacht (1C).

Bei der Entwicklung einer Handlungsaufgabe ist es entscheidend, die intendierten Kompetenzen zu adressieren, d. h. das Szenario der Aufgabe sollte mit den Anforderungen der Realität korrespondieren. Dies erfolgt mit der Kompetenztransformationstabelle, welche ausgehend von den intendierten Kompetenzen der Schulung die zugehörigen Handlungen sowie deren Wissenselemente – speziell das Professionswissen und das konzeptuelle Wissen – beschreibt.

Mithilfe dieses Kompetenz-Handlungs-Wissenssystems lassen sich Handlungsaufgaben in den folgenden drei Schritten erstellen:

1. Die den intendierten Kompetenzen zugehörigen Handlungen aus der Kompetenztransformationstabelle identifizieren.
2. Ein Szenario kreieren, in dem möglichst viele dieser Handlungen stattfinden (müssen), um ein gesetztes Ziel zu erreichen.

### 3. Ausgangssituation und Zielstellung den Schulungsteilnehmern zur Verfügung stellen.

Abbildung 44 verdeutlicht die Umsetzung dieser Schritte am Beispiel des FMS Schulungsmoduls.

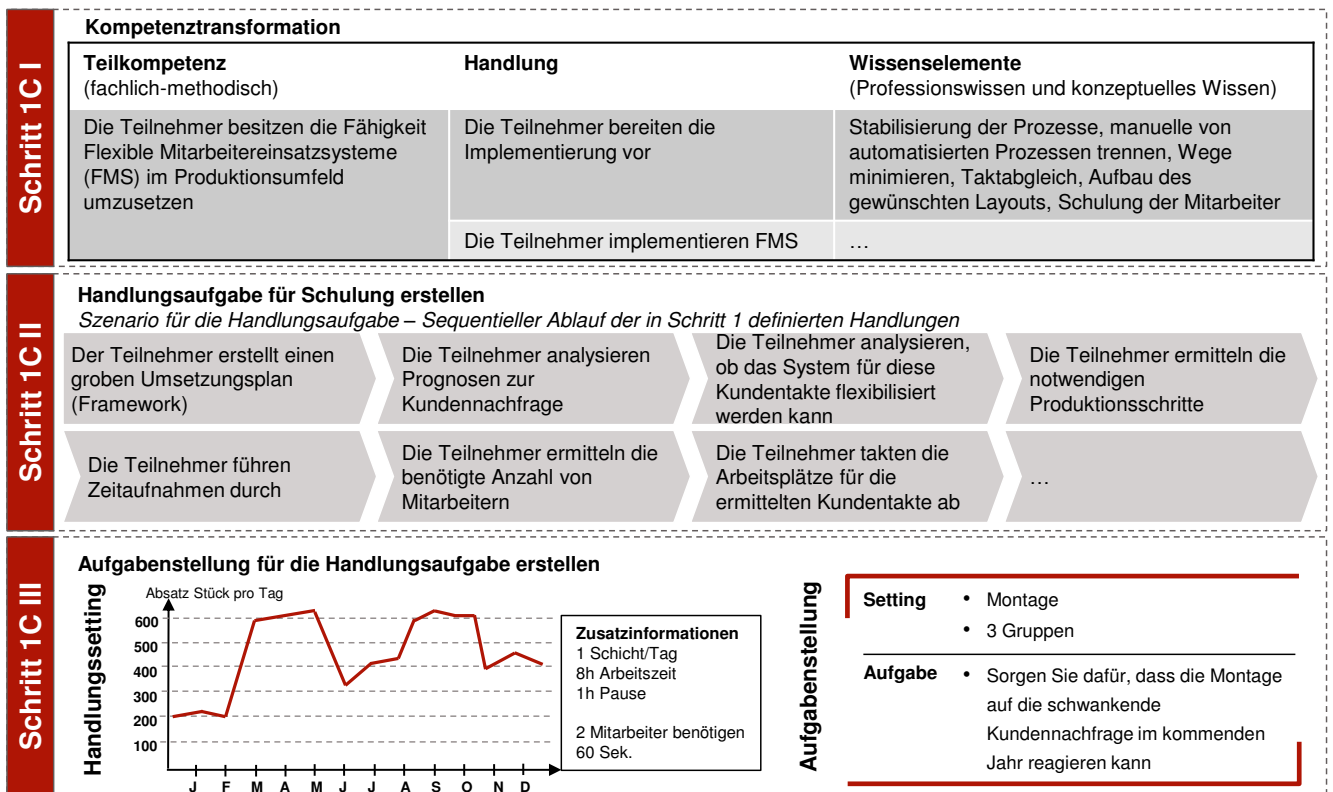


Abbildung 44: Gestaltung einer Handlungsaufgabe für das Lernmodul *Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme*

Schritt 1C I: Ausgehend von der Kompetenztransformationstabelle bilden die dort antizipierten Handlungen die Basis für die Handlungsaufgabe – das Erstellen der Kompetenztransformationstabelle wird in TP 4.3 Systematische Entwicklung von Lernmodulen beschrieben.

Schritt 1C II: Nachdem die notwendigen Handlungen identifiziert sind, muss ein Umsetzungsszenario erstellt werden. Die Teilnehmer müssen dabei die entsprechenden Problemstellungen selbstorganisiert, d. h. möglichst ohne Hilfe des Moderators o. ä., in einer fremden Umgebung bewältigen. Können Teilnehmer an einzelnen Stellen der Aufgabe trotz einiger Anstrengung nicht eigenständig fortfahren, unterstützt der Moderator durch führende Fragen. Sollte auch das nicht genügen, wird der nächste Schritt gemeinsam geklärt. Für das Schulungsmodul FMS wurde dementsprechend eine Handlungsaufgabe erstellt.

Schritt 1C III: Das Szenario der Handlungsaufgabe wird den Teilnehmern anhand einer Beschreibung der Ausgangslage sowie einer Zielsetzung vermittelt. Dabei ist es entscheidend, zwar jene Informationen zu liefern, die für die Erfüllung des Ziels notwendig sind, ohne jedoch zu große Hilfestellung bezüglich des Vorgehens zu geben.

Um die Wirkungen der Lernfabrikschulung analysieren zu können, wurde ein Beobachtungsleitfaden erstellt, anhand dessen die Handlungen der Teilnehmergruppen in der Lernsituation beobachtet und bewertet werden können. Der Beobachtungsleitfaden basiert auf der erstellten Kompetenztransformationstabelle (1A, Abbildung 43), die um umfassende Beobachtungskriterien erweitert wurde und die Handlungen bezüglich Selbständigkeit, Herleitung des Vorgehens, Aktivität der Teilnehmer und Ergebnis differenziert.

Anhand des Beobachtungsleitfadens können die Handlungen in einer begleitenden Beobachtung protokolliert werden. Dazu werden Indikatoren definiert, die während der Handlungsaufgabe beobachtbar sind. Die Indikatoren werden zudem mit einem qualitativen Ranking versehen. Der begleitende Beobachter wird durch die vorstrukturierte Beobachtung entlastet und kann sich bei der Aufnahme der Einzelhandlungen auf die für die Auswertung entscheidenden Punkte konzentrieren. Der vorstrukturierte Leitfaden erleichtert anschließend ebenso die Bewertung der Handlungen. Diese fließen gewichtet (Einschätzung des Schulungsanbieters, je nach Bedeutung für die Erreichung der Lernziele) in die Bewertung der zugeordneten Kompetenz ein.

Um sicherzugehen, dass Teilnehmer das für die jeweilige Handlungsfähigkeit entscheidende zugrundeliegende Wissen verinnerlicht haben, sollten die Beobachter mit ihren Fragen nicht nur leiten („Was ist der nächste Schritt?“), sondern auch hinterfragen („Warum folgt der nächste Schritt?“). Damit der Fluss der Aufgabenbearbeitung nicht immer wieder unterbrochen wird, kann das Hinterfragen der Handlungen nach dem Bearbeiten der Aufgabe in Form eines Fachgesprächs stattfinden.

### Modul Werkzeugmanagement

Im Rahmen der Evaluation des Referenzlernmoduls *Werkzeugmanagement* ist zu überprüfen, ob bei den intendierten fachlich-methodischen Teilkompetenzen des *Werkzeugmanagements* eine Entwicklung festgestellt werden kann, sowie zu erproben, ob mit den im Projekt entwickelten Hilfsmitteln ein durchführbares Referenzlernmodul entwickelt werden konnte. Überdies sollen evtl. bestehende Optimierungspotentiale hinsichtlich der methodischen, medialen oder materiellen Ausgestaltung identifiziert werden. Das eingesetzte Untersuchungsdesign zur Evaluierung des Referenzlernmoduls ist in Abbildung 45 dargestellt.

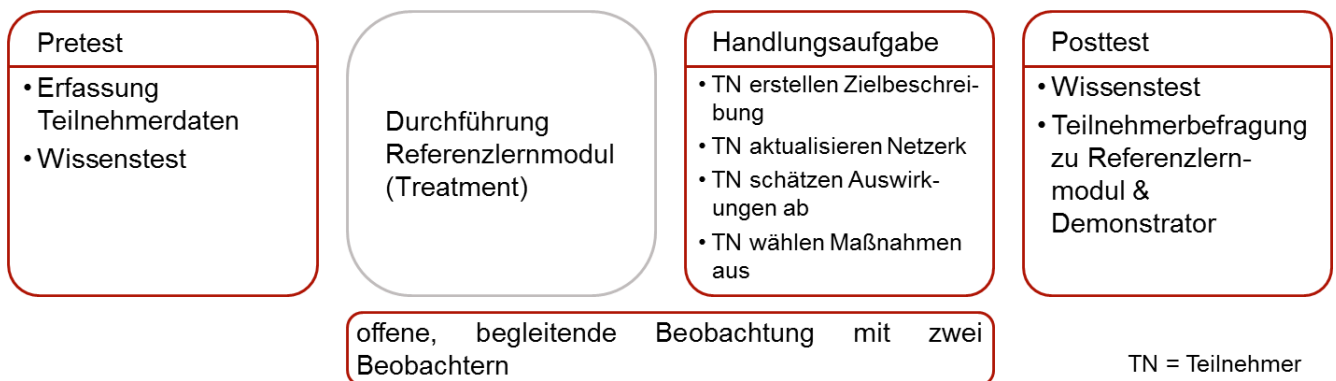


Abbildung 45: Untersuchungsdesign des Referenzlernmoduls "Werkzeugmanagement"

Bevor die Teilnehmer das Treatment erhalten, wird ein Pretest durchgeführt. Dieser besteht aus zwei Teilen: zum einen werden persönliche Daten der Teilnehmer zur Kontrolle möglicher Störfaktoren erfasst. Zum anderen werden mit Hilfe eines Wissenstests die Vorkenntnisse der Teilnehmer in der Domäne *Werkzeugmanagement* erfasst. Derselbe Wissenstest ist Bestandteil des Posttests, der nach dem Treatment und der Handlungsaufgabe durchgeführt wird. Ergänzt wird der Posttest durch eine schriftliche, offene Befragung der Teilnehmer hinsichtlich Ziel, Aufbau, Materialien und Medien (inkl. Demonstrator) des Referenzlernmoduls *Werkzeugmanagement*. Zudem wurde eine Handlungsaufgabe konzipiert, um mit den dort ermittelten Performanzen und dem ermittelten Teilnehmerwissen des Posttests auf die Entwicklung der fachlich-methodischen Teilkompetenzen im *Werkzeugmanagement* rückschließen zu können. Die Performanzen werden mittels einer offenen, begleitenden und teilstrukturierten Beobachtung erhoben. Zur Überprüfung der Durchführbarkeit des Referenzlernmoduls und Identifikation weiterer Verbesserungspotentiale hinsichtlich seiner Ausgestaltung wird der Ablauf des Treatments ebenfalls mittels einer offenen, begleitenden und teilstrukturierten Beobachtung aufgenommen.

Das Referenzlernmoduls Werkzeugmanagement konnte erfolgreich entsprechend des geplanten Ablaufs in der Prozesslernfabrik CiP durchgeführt werden. Allerdings zeigte sich, dass die Bestandteile, in denen ein selbstgesteuertes Lernen der Teilnehmer intendiert wurde, deutlich mehr Zeit in Anspruch genommen hatten, als in der Planung veranschlagt. Dies hatte zur Folge, dass die geplante Handlungsaufgabe nicht durchgeführt werden konnte. Somit wird der Lernerfolg anhand des Wissenszuwachses überprüft.

## **Modul Qualitätstechniken**

Das systematisch überarbeitete Lernmodul wurde bisher dreimal mit Teilnehmern aus der Industrie durchgeführt. Die Gruppen umfassen Mitarbeiter sowohl aus unterschiedlichen Unternehmen als auch mit verschiedenen Positionen und Aufgaben im Unternehmen. Die Vorstellungen und Erwartungen an das Lernmodul *Qualitätstechniken* sind deswegen sehr heterogen. Häufig genannt wird aber die strukturierte Problemlösung, die im überarbeiteten Modul an einem Tag anhand eines durchgehenden Anwendungsfalls von den Teilnehmern fast vollständig durchgeführt wird. Durch Befragung der Teilnehmer bezüglich der Vorkenntnisse im Bereich Qualität und schlanke Produktion kann die Wissensbasis ermittelt werden. Auch hier zeigen sich zum Teil deutliche Abweichungen zwischen den Teilnehmern. Dabei werden jedoch einige Instrumente von den meisten Teilnehmern bereits im eigenen Unternehmenskontext eingesetzt.

Werden die Agenden des Lernmoduls vor und nach der Überarbeitung verglichen (siehe Abbildung 46), wird ersichtlich, dass die dritte Phase bzw. der dritte Schritt von Jidoka nach dem alten Konzept am ersten Tag mit einer Präsentation begonnen wurde. Nach der Überarbeitung wird dieser Schritt, bei dem es sich um die strukturierte Problemlösung handelt, an einem Tag bearbeitet. Dies hebt den inhaltlichen Zusammenhang hervor, der bei der strukturierten Problemlösung besonders wichtig ist. Darüber hinaus werden im überarbeiteten Lernmodul am zweiten Tag wesentlich mehr Praxisübungen durchgeführt (üblicherweise zu erkennen an der Werkhalle (Shopfloor) als Durchführungsort). Dies greift insbesondere die Erkenntnis aus der Ist-Analyse auf, dass das vermittelte Wissen zu wenig mit korrespondierenden Handlungen vertieft wurde und so eine Ausbildung der Kompetenz als kritisch angesehen werden konnte. Die praktischen Übungen am zweiten Tag werden im neuen Konzept ohne Unterbrechung durch einen Theorieteil durchgeführt. So erhält der Prozess der strukturierten Problemlösung eine höhere Praxisnähe, da er auch im Unternehmen durchgängig durchgeführt werden sollte.

Die inhaltliche Neuordnung zeigt sich ebenfalls in der Gegenüberstellung der beiden Agenden. In der Agenda des intuitiv entwickelten Lernmoduls (Abbildung 46 oben rechts) wird die Übung „Priorisieren von Problemen“ im 3. Schritt: Ursachenanalyse und Problemlösung durchgeführt. Thematisch fügt sich die Übung aber in den Bereich Schaffung stabiler Prozesse ein. Dieser Themenbereich wird im überarbeiteten Lernmodul vor der Einführung der Jidoka-Sequenz behandelt, wobei die Voraussetzungen für eben diese vorgestellt und vertieft werden (Abbildung 46 unten links). Abbildung 47 zeigt einen inhaltlichen Vergleich zwischen der Ist-Analyse und dem angestrebten Soll-Zustand. Weite Teile des Lernmoduls wurden demnach angepasst, was die Vermittlung der Wissensinhalte und die zugehörigen Praxisübungen betrifft. Als zentrales Element ist Jidoka erhalten geblieben. Für das Thema Qualitätstechniken wurden nicht relevante Wissensinhalte, besonders solche, die keine korrespondierenden Übungen hatten, bei der Neugestaltung des Lernmoduls entfernt. Hier sind vor allem die Themen Werkzeuge zur Standardisierung, 5S und FIFO zu nennen. Diese grundlegenden Instrumente wurden im intuitiv erstellten Lernmodul ausführlich präsentiert. Im überarbeiteten Modul werden sie kurz zusammengefasst dargestellt. Dadurch wurde Zeit gewonnen, weitere Übungen zu integrieren, die das relevante Wissen adressieren.

Vor der Überarbeitung				Tag 2			
Tag 1				Tag 2			
Agendapunkt	Ort	Dauer	Uhrzeit	Agendapunkt	Ort	Dauer	Uhrzeit
Kennenlern-/Vorstellungsrunde	Seminarraum	15 min	09:00-09:15	Rückblick Vortag	Seminarraum	15 min	09:00-09:15
Einführung in JIDOKA. Qualitätssicherung Lean	Seminarraum	30 min	09:15-09:45	Praxisübung: Priorisieren von Problemen	Shopfloor	30 min	09:15-09:45
Praxisübung: Probleme in der Qualitätssicherung erkennen	Shopfloor	30 min	09:45-10:15	Praxisübung: Problemanalyse mit Ishikawa und 5-Why	Shopfloor	60 min	09:45-10:45
Kaffeepause	Seminarraum	15 min	10:15-10:30	Kaffeepause	Seminarraum	15 min	10:45-11:00
1. Schritt: Erkennen von Problemen und Anhalten	Seminarraum	45 min	10:30-11:15	Poka Yoke: Qualität einbauen	Seminarraum	15 min	11:00-11:15
Praxisübung: Konzepte zur Fehlerdiagnose auf dem Shopfloor	Shopfloor	90 min	11:15-12:45	Praxisübung: Build-In Quality durch Produkt Re-Design	Shopfloor	45 min	11:15-12:00
Mittagessen	Mensa	60 min	12:45-13:45	Mittagessen	Mensa	60 min	12:00-13:00
2. Schritt: Alarm mit Andon	Seminarraum	15 min	13:45-14:00	Lösungen planen und umsetzen	Seminarraum	15 min	13:00-13:15
Praxisübung: Entwicklung eines Andon-Konzepts	Shopfloor	75 min	14:00-15:15	Management Kamishibai - Nachhaltigkeit der Umsetzung	Seminarraum	30 min	13:15-13:45
Kaffeepause	Seminarraum	15 min	15:15-15:30	Kaffeepause	Seminarraum	15 min	13:45-14:00
3. Schritt: Ursachenanalyse und Problemlösung	Seminarraum	45 min	15:30-16:15	Praxisübung: Erstellen / Durchführen eines Kamishibai	Shopfloor	90 min	14:00-15:30
Zusammenfassung und Ende Tag 1	Seminarraum	15 min	16:15-16:30	Zusammenfassung und Ende der Veranstaltung	Seminarraum	30 min	15:30-16:00

Nach der Überarbeitung				Tag 2			
Tag 1				Tag 2			
1	Kennenlern-/Vorstellungsrunde	Seminarraum		1	Rückblick Vortag	Seminarraum	
2	Einführung: Qualität in der Schlanken Produktion	Seminarraum		2	Jidoka-Phase 3: Probleme systematisch lösen	Seminarraum	
3	Aktuellen Zustand in der Qualitätssicherung erfassen	Shopfloor		3	Problemraum aufspannen	Seminarraum	
4	Jidoka zur Erreichung einer 0-Defekte-Produktion	Seminarraum		4	Problem definieren	Shopfloor	
5	Probleme in der Produktion priorisieren	Seminarraum		5	Problemursache ermitteln	Shopfloor	
	Mittagessen	Mensa			Mittagessen		
6	Jidoka-Phase I: Probleme erkennen	Seminarraum		6	Lösungen entwickeln	Shopfloor	
7	Verbesserung der Qualitätsprüfung	Shopfloor		7	Umsetzung der Lösung planen	Shopfloor	
8	Jidoka-Phase II: Prozess stoppen und Hilfe anfordern	Seminarraum		8	Audit planen	Shopfloor	
9	Andon-Konzept erstellen	Shopfloor		9	Zusammenfassung Tag 2	Seminarraum	
10	Zusammenfassung Tag 1	Seminarraum					

Abbildung 46: Agenden des Lernmoduls *Qualitätstechniken* vor (oben) und nach (unten) der Überarbeitung

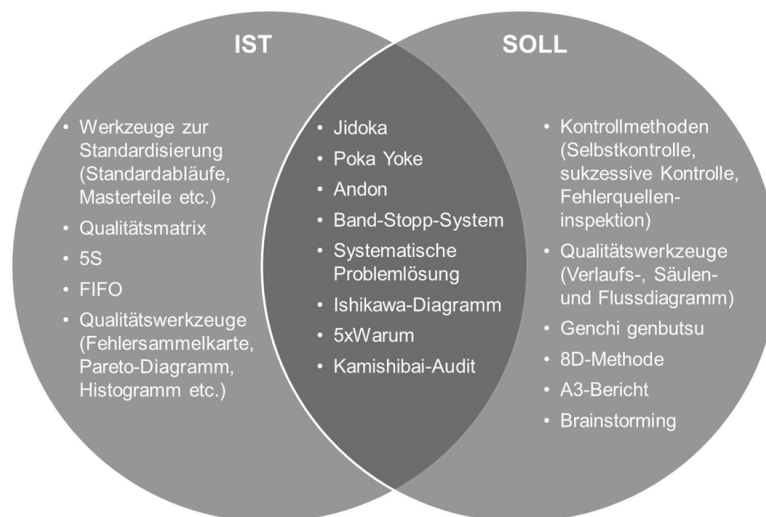


Abbildung 47: Inhaltlicher Vergleich zwischen Ist-Analyse und Soll-Konzept

Neue Übungen wurden dabei, wie bereits beschrieben, vor allem im Bereich strukturierte Problemlösung integriert, der bei der Frage nach ihren Erwartungen an das Lernmodul von den Teilnehmern regelmäßig als besonders relevant genannt wird. Dieser Prozess der strukturierten Problemlösung besteht aus sieben Schritten. Im intuitiv entwickelten Lernmodul werden davon Schritte in Übungen ver-

tieft, wie in Abbildung 48 zu sehen ist. Grün gekennzeichnet sind die Schritte des Prozesses, die nicht nur im Theorieteil dargestellt werden, sondern die von den Teilnehmern in Praxisübungen durchgeführt werden. So wird die Möglichkeit zur Kompetenzentwicklung deutlich erhöht.

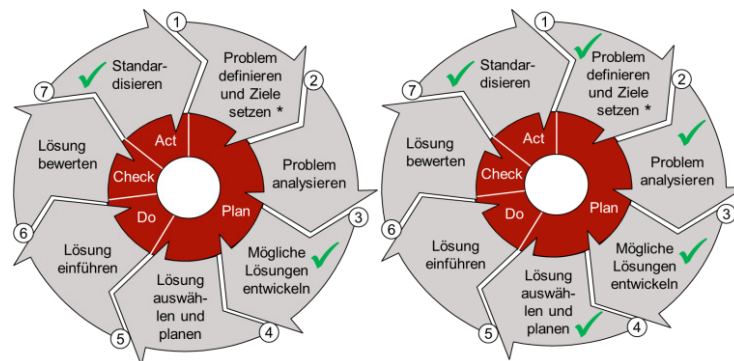


Abbildung 48: Schritte des Problemlöseprozesses, die durch Praxisübungen adressiert werden: vor (links) und nach der Überarbeitung (rechts)

Tabelle 3 fasst die wichtigsten Änderungen im Lernmodul *Qualitätstechniken* zusammen. Wie aus der Tabelle zu erkennen ist, werden im überarbeiteten Lernmodul insbesondere mehr Erprobungsaktivitäten durchgeführt. Es zeigt sich eine deutliche Steigerung der Anteile der Erprobungsaktivitäten an der Gesamtzeit des Lernmoduls um 20 Prozentpunkte. Darüber hinaus wird häufiger zwischen Theorie- und Praxisteil gewechselt.

Tabelle 3: Wichtigste Änderungen zu Qualitätstechniken in der Gegenüberstellung

	Qualitätstechniken I	Qualitätstechniken II
Agenda	2-Tages-Workshop: Tag 1: 9:00h – 16:30h Tag 2: 9:00h – 16:00h	2-Tages-Workshop: Tag 1: 9:00h – 16:00h Tag 2: 9:00h – 16:15h
Kompetenzorientierte Gestaltung des Workshops	Nein	Ja
Gesamtdauer der Erprobungsaktivitäten in der Lernfabrikumgebung [min]	330	495
Durchschnittliche Dauer der Erprobungsaktivitäten in der Lernfabrikumgebung [min]	47	50
Anteil der Erprobungsaktivitäten in der Lernfabrikumgebung an Gesamtzeit [%]	47,8	67,3
Gesamtdauer der Systemisierungsaktivitäten im Seminarraum [min]	360	240

---

Durchschnittliche Dauer der Systematisierungsaktivitäten im Seminarraum [min]	33	27
Anzahl der Wechsel zwischen Systematisierungs- und Erprobungsaktivitäten	6	9
Anzahl der Reflexionsphasen in der Lernfabrikumgebung	0	8

---

---

## TP 5.2 Auswertung des Lernerfolgs

### Ziele des Teilprojekts:

- Berücksichtigung individueller Ausprägungsformen verschiedener Zielgruppen
- Abgleich der Erkenntnisse mit den Eindrücken der Innovationsmentoren
- Potenzialidentifikation für eine zukünftige Verwertung

### Modul Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme

Die begleitende Beobachtung der einzelnen FMS-Workshops mittels der im Teilprojekt 4.5 entwickelten Beobachtungsbögen dient insbesondere dazu, Alternativen für die methodische und mediale Ausgestaltung zu erhalten. Im Folgenden werden die Ergebnisse aus den Beobachtungen der Schulungen mit der DHBW Mannheim Ende 2013 vorgestellt und diskutiert.

Können die Teilnehmer die Aufgabe selbstständig und strukturiert lösen und besitzen sie das der Kompetenz ( $K_i$ ) zugrunde liegende Wissen, würde  $K_i$  mit 100 % bewertet (Ziel der Schulung). Werden einzelne, zuvor definierte Indikatoren zur Handlungsfähigkeit nicht beobachtet, resultiert eine Abwertung der Wirkung. Die Prozentzahlen sind zu den Erwartungen und Zielen einer Schulung relative Werte. Sie sind abhängig von der jeweiligen Bewertung und Gewichtung der Indikatoren und erlauben somit keinen schulungsübergreifenden Vergleich des Erfolgs – die Wirkung einer Schulungsüberarbeitung hingegen wird auf diese Weise mess- und kontrollierbar.

Abbildung 49 zeigt eine Auswertung der Handlungsaufgabe mit sechs Teilnehmergruppen aus den drei DHBW Mannheim Schulungen Ende 2013. Die Gruppen 1-3 nahmen an der intuitiv gestalteten (FMS I), die Gruppen 4-6 an der systematisch gestalteten Schulung (FMS II) teil. Die Aufgaben im Bereich der Kompetenz  $K_1$  wurden von den Teilnehmern aller Gruppen nicht als Teil der Handlungsaufgabe wahrgenommen – über die Handlungsfähigkeit in diesem Bereich kann entsprechend keine Aussage getroffen werden (ggf. sind Änderungen der Aufgabenstellung, der Zielsetzung der Schulung oder der Schulung selbst nötig). Der Fokus der Verbesserungsaktivitäten lag auf der Kompetenz  $K_2$ , hier ist ein deutlicher Sprung im Grad der Zielerreichung von 6-18 % auf 44-52 % erkennbar. Auch bezogen auf die Kompetenzen  $K_3$  und  $K_4$  konnte mit dem beschriebenen Vorgehen die Schulung zielorientiert verbessert werden.

Aus der Protokollierung der exakten Phasenverläufe und ersten Optimierungsideen konnten von den Workshoptrainern Veränderungen entlang der Planungsinstrumente der ersten und zweiten didaktischen Transformation vorgenommen werden. Als Kernideen zur Optimierung ergaben sich:

- Leitfragen zur Erschließung der Theorieblöcke anhand der Wissenskategorien entwickeln, diese den Workshopteilnehmern am Anfang des jeweiligen Inputs zur Verfügung stellen: Teilnehmer können den Input für sich strukturieren und reflektieren
- Vermehrt Reflexionsphasen für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in die Workshops integrieren, in dem ermöglicht wird, dass diese sich anschließend in Tandems bzw. Gruppen und abschließend ihre Erkenntnisgewinnung im Plenum mit den Trainern austauschen (dieses methodische Vorgehen findet sich in der Literatur auch unter den Begriffen: „Think-Pair-Share-Methode“ oder „Ich-du-wir-Prinzip“).

Die aus den Beobachtungen entstandenen Kernideen sind dann nicht nur in die Weiterentwicklung der FMS-Workshops eingeflossen, sondern wurden auch bei der Konzeption des Train-the-Trainer-Workshops in Teilprojekt 7.1 berücksichtigt.

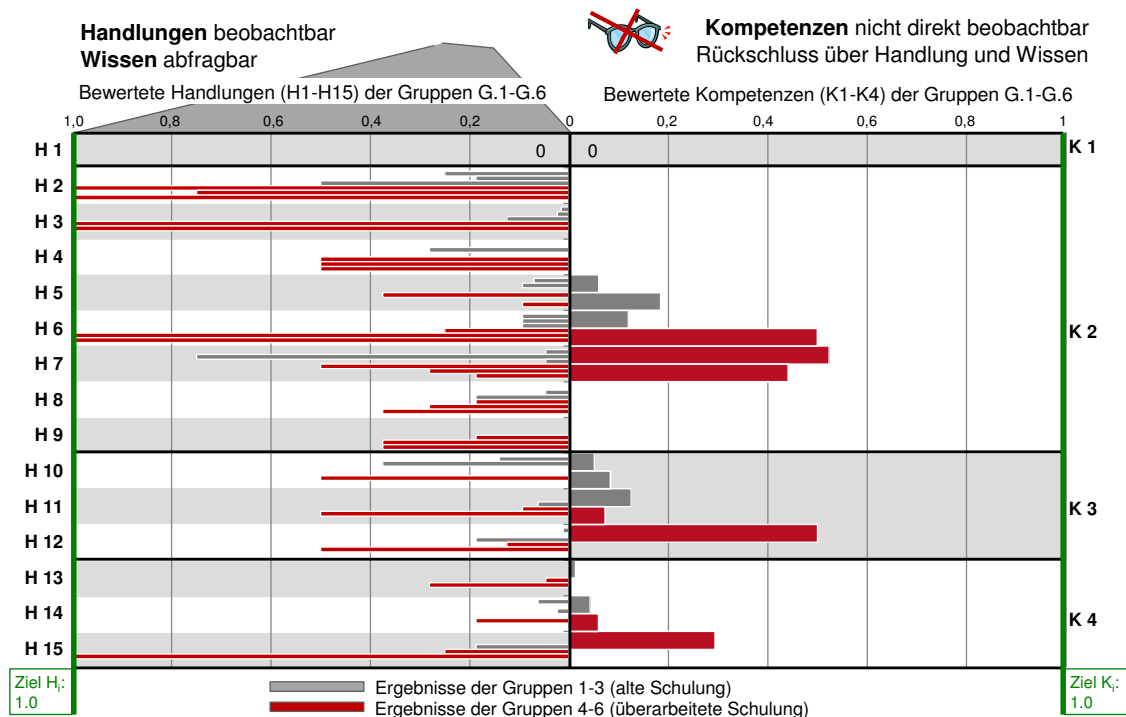


Abbildung 49: Ergebnisse der Auswertung des Lernerfolgs für das Schulungsmodul FMS (I und II)

## Modul Werkzeugmanagement

Der in TP 5.1 erwähnte Wissenstest umfasst Fragen zu Maßnahmen und typischen Herausforderungen des Werkzeugmanagements (s. Zwischenbericht 2014). Bei seiner Auswertung erfolgt ein intraindividuellem Vergleich der Ergebnisse des Pre- und Posttests. Dabei wurde eine eigens entwickelte Bewertungssystematik eingesetzt. Die Ergebnisse des Pretests zeigen, dass die Teilnehmer, trotz einer entsprechenden Berufserfahrung in der Domäne Werkzeugmanagement, anscheinend nicht über das erwartete und erforderliche Zusammenhangswissen verfügen. Des Weiteren kann beobachtet werden, dass bei den Fragen zu Maßnahmen des Werkzeugmanagements zumeist nur die erwünschten Effekte im jeweiligen Funktionsbereich des Unternehmens bekannt sind. Die mit Maßnahmen einhergehenden und zumeist unerwünschten Nebeneffekte in anderen Funktionsbereichen werden in der Regel nicht berücksichtigt. Ein äquivalentes Bild zeigt sich bei den typischen Herausforderungen.

Im Posttest ist bei den Teilnehmern überwiegend ein leichter Wissensanstieg erkennbar. Fraglich ist, warum dieser nicht deutlicher ausfällt. Der Fokus des Lernmoduls lag auf der Vermittlung einer Methode, mit deren Hilfe auf Basis einer zuvor erarbeiteten Zielstellung relevante Einflussfaktoren und deren Zusammenhänge untereinander hinsichtlich der Art der Einflussnahme, der Einflussintensität und der Latenzzeit identifiziert und analysiert werden. Auf Basis dieser Erkenntnisse erfolgt die Auswahl eines Maßnahmenbündels, mit der die Zielstellung erreicht werden soll und unerwünschte Nebeneffekte eliminiert oder zumindest auf ein akzeptables Niveau reduziert werden. Die im Test behandelten Maßnahmen sind im Rahmen des Lernmoduls nicht explizit angesprochen worden, sondern es wurden insbesondere die Einflussvariablen und Zusammenhänge in der Werkzeugversorgung und deren Auswirkungen auf die Werkzeugbewirtschaftung, Werkzeugdisposition und Fertigung diskutiert. Ebenfalls wurden Rückwirkungen der Fertigung auf die Werkzeugversorgung behandelt. Bei der Erstellung des Workshops wurde davon ausgegangen, dass zumindest die starken Abhängigkeiten zwischen Fertigung, Werkzeugversorgung und der Werkzeugverfügbarkeit bekannt sind und aufbauend auf diesem Wissen eine bestimmte Art und Weise der Wissensnutzung zur Entscheidungsfindung vermittelt

wird. Somit wurde eine Vertiefung des Wissens im Werkzeugmanagement intendiert und nicht die Schaffung einer Wissensbasis.

Bei der Diskussion der Ergebnisse des Lernmoduls *Werkzeugmanagement* mit den Innovationsmentoren stand der Einsatz des computerbasierten Planspiels im Mittelpunkt. Hier zeigte sich, dass die beobachteten anfänglichen Schwierigkeiten der Teilnehmer sich in dem Spiel zu Recht zu finden, sich mit den Erfahrungen der Innovationsmentoren bezüglich des Einsatzes von Planspielen decken.

Das entwickelte computerbasierte Planspiel bietet im Rahmen des Referenzlernmoduls *Werkzeugmanagement* das höchste Potential für eine zukünftige Verwertung. So könnte den Teilnehmern des Lernmoduls in Zukunft angeboten werden, dass sie das Planspiel bspw. als App-Anwendung erwerben können. Hierbei könnten weitere Maßnahmen des Werkzeugmanagements implementiert werden, die aufgrund der zeitlichen Begrenzung des Lernmoduls auf zwei Tage nicht adressiert werden konnten.

### **Modul Qualitätstechniken**

Die Überarbeitung des Lernmoduls *Qualitätstechniken* wurde vor allem genutzt, um die Verständlichkeit der erarbeiteten Methodik, insbesondere für die erste didaktische Transformation, zu prüfen. Für das Lernmodul wurden keine zusammenhängenden Handlungsaufgaben entwickelt, die beobachtet werden konnten. Es erfolgt ebenfalls keine Abfrage des Wissens durch Wissenstests vor und nach der Durchführung des Lernmoduls. Eine Auswertung der überarbeiteten Version fand über eine Befragung der Teilnehmer statt. Die mündlichen Äußerungen und die Kommentare in der schriftlichen Bewertung des Lernmoduls boten Ansatzpunkte für weitere Verbesserungen. Die schriftliche Bewertung von Lernmodulen ist Teil des Qualitätsmanagement-Systems der Forschungsgruppe CiP. Am Ende eines jeden Lernmoduls wird die Teilnehmerzufriedenheit mithilfe eines Fragebogens erfasst und ausgewertet, der unter anderem die Zufriedenheit mit den Vortragsinhalten, Übungsinhalten, mit der Moderation sowie mit der Dauer und Anzahl der Übungen erfasst. Außerdem können die Teilnehmer zu jedem Aspekt einen freien Text schreiben, um hervorzuheben, was ihnen positiv oder negativ aufgefallen ist. Als besonders positiv empfunden wurde dabei die Durchführung der strukturierten Problemlösung anhand einzelner Praxisübungen für die jeweiligen Schritte. Zusätzlich wurde auch von den Hilfswissenschaftlichen Mitarbeitern, die im überarbeiteten Modul in der Lernfabrik als Montagemitarbeiter und Maschinenbediener agieren, Rückmeldung eingeholt. Den Schwerpunkt bildete dabei die Verständlichkeit der Übungsunterlagen und der neu erstellten Rollenkarten.

Die unabhängige, erfolgreiche Anwendung der in „Idefix“ erzeugten Forschungsergebnisse zeigt sowohl die Nutzerfreundlichkeit der entwickelten Methodik als auch die gute Handhabbarkeit für die Überarbeitung von Lernmodulen. Als besondere Stärke wurde dabei die systematische Darstellung durch die Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrizen angesehen.

Für das Lernmodul *Qualitätstechniken* wurde zusätzlich zur Aufnahme der Teilnehmerzufriedenheit ein formaler und inhaltlicher Vergleich der Ist- und Soll-Matrizen durchgeführt. Dieser zeigte eine deutliche Erweiterung und Fokussierung auf die Entwicklung der Handlungsfähigkeit der Teilnehmer im Soll-Konzept. Träges Wissen wurde weitgehend eliminiert und die Praxisanteile im realen Umfeld der Lernfabrik erhöht. Eine detaillierte Auswertung ist in Enke et al. (2015) zu finden.

## TP 5.3 Erarbeitung von Verbesserungsvorschlägen für Thematik und Systematik

### Ziele des Teilprojekts:

- Berücksichtigung von Verbesserungsvorschlägen der Workshopteilnehmer durch Systematisierung und Zuordnung
- Zielgerichtete Optimierung der Entwicklungssystematik
- Überprüfung der Entwicklungssystematik an den Erfordernissen der industriellen Anwendung mit den Innovationsmentoren

### Modul Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme

In den durchgeführten Workshops zum Thema „Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme“ mit verschiedenen Zielgruppen wurden durch die begleitenden Beobachtungen sowie die nachgeschalteten Lernerfolgsmessungen weitere Verbesserungspotenziale für das Redesign (FMS III, siehe TP 5.1) identifiziert:

#### Strukturierung der Er-schließungs- und Erpro-bungsphasen

Der Startpunkt einzelner Übungen wurde überarbeitet. Unterschiedliche Teilnehmer hatten an gewissen Stellen in der Schulung Probleme, da die Praxisteile der Schulung in einzelnen Blöcken zu umfangreich waren oder über das bereits Bekannte hinausgingen. Um Verwirrungen zu vermeiden, wurden in einzelnen Übungsblöcken keine Erprobungs- und Erschließungselemente gemischt. Lernprozesse wurden dadurch stringenter und übersichtlicher gestaltet.

#### Begleitmaterialien

Begleitmaterialien zur Aufgabenstellung werden intuitiver gestaltet, so dass den Teilnehmern die Einarbeitung in die Problemstellung erleichtert wird.

#### Pausen

Die Pausen der zweitägigen Lernfabrikveranstaltung wurden neu strukturiert. Ausgiebige Lernphasen in den Produktionsumgebungen des letzten Durchgangs verlangten viel von den Teilnehmern ab. Hier wird ein kurzzyklischerer Wechsel zwischen Erprobungs- bzw. Erschließungs- und Systematisierungsphasen geplant.

#### Zielgruppenabhängige, inhaltliche Aufweitung

Die Vorteile der Fließfertigung gegenüber traditioneller Fertigung in Losen waren nicht allen Teilnehmern bekannt. Je nach Zielgruppe werden für ein besseres Verständnis die Vorteile in einer separaten Übung erfahrbar gemacht.

#### Alltagsbeispiel zur Ver-deutlichung

Teilnehmer hatten oftmals Schwierigkeiten bei der Ausbalancierung der Arbeitsinhalte über die unterschiedlichen Mitarbeiter bzw. Arbeitsplätze. Aus diesem Grund wurde zu dieser Problematik ein Alltagsbeispiel in die Schulung aufgenommen.

#### Ergänzende Aufgaben bei großen Gruppen

In einzelnen Veranstaltungen nahmen 20-25 Studierende teil. Um auch bei großen Gruppen die Aktivität aller Teilnehmer hochhalten zu können, wurden bei den einzelnen Übungen ergänzende Aufgaben für die zusätzlichen Teilnehmer definiert. Als Beispiel können hier Laufweganalysen, Analysen der Produktionssteuerungsprozesse, etc. genannt werden.

#### Stakeholder überzeugen, Konzepte erklären

Ebenso wie die Planungsphase nimmt das Überzeugen der unterschiedlichen Stakeholder (Management, Produktionsmitarbeiter, etc.) vom neuen Produktionskonzept einen zu geringen Stellenwert ein – dies kann allerdings auch eine Besonderheit

des Vorgehens in der nicht realen Situation der Prozesslernfabrik darstellen. In zukünftigen Veranstaltungen wird dieser Aspekt stärker betont.

**Wirksamkeit des Konzepts** Ohne eine Überprüfung der Wirksamkeit des neuen Produktionskonzepts kann keine Verbesserung der Prozesse sichergestellt werden. In der komplexen Handlungsaufgabe am Ende der Schulung kann die Wirksamkeit des Konzepts von einzelnen Gruppen besser überprüft werden. In zukünftigen Veranstaltungen wird die Relevanz der Überprüfung umgesetzter Maßnahmen stärker betont.

## Modul Werkzeugmanagement

Wie in Abbildung 45 dargestellt, ist eine Teilnehmerbefragung bezüglich des Referenzlernmoduls *Werkzeugmanagement* Bestandteil des Posttests. Befragt wurden die Teilnehmer hinsichtlich des Aufbaus des Referenzlernmoduls sowie der eingesetzten Medien und Materialien. Hieraus ergeben sich folgende Vorschläge der Teilnehmer für das Referenzlernmodul, die stichpunktartig skizziert sind<sup>17</sup>:

- höhere Kontextualisierung bei der Einführung in die Prozessabläufe der Werkzeugvorbereitung;
- Reduktion der Dauer für die Simulation eines Monats im computerbasierten Planspiel;
- partielle Umgestaltung der Bedienoberfläche des computerbasierten Planspiels;
- intensivere Betrachtung / Behandlung des Kennzahlensystems des computerbasierten Planspiels und
- Digitalisierung einiger im Lernmodul eingesetzter Materialien.

## Modul Qualitätstechniken

Wie in TP 5.2 angesprochen, erfolgte eine Auswertung des Lernmoduls *Qualitätstechniken* über Befragungen der Teilnehmer, Trainer und Hilfswissenschaftlichen Mitarbeiter. Daraus wurden Verbesserungspotenziale identifiziert. Ein Ansatzpunkt war dabei die Verteilung der Theorie- und Praxisteile. Der Theorieteil der strukturierten Problemlösung wurde als zu lang empfunden. Ziel bei einem zusammenhängenden Theorie- und vor allem auch Praxisteil war eine Annäherung an die betriebliche Praxis. Dieser Prozess sollte dort ebenfalls ohne Unterbrechung hintereinander ablaufen. Aufgrund der Anmerkungen der Teilnehmer und Trainer wurde der Ablauf am zweiten Tag jedoch geändert und der Theorieteil auf mehrere Vorträge verteilt.

Die Hilfswissenschaftlichen Mitarbeiter deckten vor allem Inkonsistenzen in den Übungsunterlagen auf. Es fehlten an einigen Stellen der Rollenbeschreibungen Informationen. Außerdem wurde festgestellt, dass einige Fakten auch von den Teilnehmern ermittelt werden können, anstatt sie durch eine Befragung der Hilfswissenschaftlichen Mitarbeiter zu ermitteln, was die Realitätsnähe noch einmal erhöht. Weitere Verbesserungsvorschläge werden nun im kontinuierlichen Verbesserungsprozess entlang der Vorgaben des curricularen Modells eingearbeitet.

In den nächsten Schritten wird der aktuelle Trend der Digitalisierung der Produktion im Bereich der Qualitätstechniken aufgegriffen. In der nächsten Durchführung des Lernmoduls *Qualitätstechniken* wird eine Industrie 4.0-Montagelinie, unter anderem auf Basis von Schraubsystemen des Unternehmens Atlas Copco, integriert, um die Potenziale der Digitalisierung für die qualitätsgerechte Montage erlebbar zu machen.

---

<sup>17</sup> Eine ausführliche Beschreibung kann dem Zwischenbericht 2014 entnommen werden.

## Veränderungen in der Entwicklungssystematik

In der Auseinandersetzung mit dem Modell zur Darstellung der curricularen Zusammenhänge in Lernfabrik-Workshops zeigte sich, dass das Modell einer Nacharbeit bedurfte:

1. Der Trainer, als zentrale Personen eines Workshops bisher gar nicht vertreten, sollte in das Modell integriert werden.
2. Das bisherige Modell zeigt die Lernfabrik als Gesamtkonstrukt. Zur Planung von einzelnen Workshops, welche summativ das Angebot der gesamten Lernfabrik widerspiegeln, wird eine weitere Ebene ergänzt. Das Modell erfährt somit eine Teilung in eine Meta-Ebene<sup>18</sup>, die didaktische Hintergründe dieser besonderen Lernumgebung und deren Beziehungen zusammenfasst, und eine Workshop-Planungsebene, die eine Anleitung zur konkreten Planung von Lernfabrik-Workshops gibt.
3. Die Darstellung der 2. didaktischen Transformation war bisher zu vage. Eine Erweiterung zu dieser Thematik auf beiden Ebenen ist notwendig, um die grundlegenden Zusammenhänge darzustellen und deren Umsetzung für Workshops zu explizieren.
4. Auf der Meta-Ebene sollen die didaktischen und methodischen Orientierungskonzepte einfließen.

Das Ergebnis der Überarbeitung wird im TP 6 vorgestellt.

---

<sup>18</sup> Die Meta-Ebene entspricht in weiten Teilen dem bisherigen Modell.

## **TP 6 Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials**

### **TP 6.1 Identifikation wirtschaftlicher Anwendungsfelder und Erarbeitung eines Geschäftsmodells**

#### **Ziele des Teilprojekts:**

- Identifikation zukünftiger Anwendungsfelder durch Potenzialanalyse
- Abschätzung wirtschaftlicher Risiken bei der Verwertung im industriellen und öffentlichen Sektor
- Erarbeitung eines Geschäftsmodells zur Entwicklung und zum Vertrieb von Lernfabriken.

#### **Identifikation zukünftiger Anwendungsfelder**

Lernfabriken sind in vielfältigen Feldern wirtschaftlich einsetzbar. Dies zeigt sich insbesondere darin, dass in den vergangenen Jahren mit zunehmender Frequenz Lernfabriken in unterschiedlichsten Einsatzfeldern aufgebaut werden. Ein Überblick über bestehende Lernfabriken in Industrie und Hochschullandschaft ist u.a. in (Micheu und Kleindienst 2014; Kreimeier et al. 2013; Wagner et al. 2012; Kuper et al. 2012; Reiner 2009) zu finden. Bestehende Lernfabriken adressieren hierbei die Themen Schlanke Produktion und Ganzheitliche Produktionssysteme, Energieeffizienz, Automatisierung, Produktentwicklung, Arbeitsplatzgestaltung oder Logistik.

Die Herausforderung zum Einsatz der Lernfabrik in einigen attraktiven Anwendungsfeldern (Energieeffizienz, Industrie 4.0, Fabrikplanung) ist nicht nur wirtschaftlicher, sondern auch technischer und didaktischer Natur. Bspw. in der Energieeffizienz sind Änderungen/Verbesserungen der Energieströme nicht sichtbar. Ein erfahrungsbasiertes Lernen in der Lernfabrik kann in diesen Fällen nicht ausschließlich auf einer wandlungsfähigen Gestaltung der Produktionsumgebung basieren. Lernprozesse müssen in diesen Lernfabriken durch IT- und Medienlösungen (Simulationen, Augmented Reality, etc.) unterstützt werden.

#### **Abschätzung wirtschaftlicher Risiken bei der Verwertung im industriellen und öffentlichen Sektor**

Den hohen Investitionen zum Aufbau einer Lernfabrik stehen auf der Nutzenseite große Potenziale gegenüber. Hierbei muss im Einzelfall untersucht werden, ob sich die Investitionen rechnen. In den folgenden Abschnitten wird aufgezeigt, wie Kosten und Nutzen von Lernfabriken gegeneinander abgewogen werden können. Es werden dabei direkt monetäre Effekte, die dem Investitionsvorhaben ohne Analyse oder Schätzung zugerechnet werden können (Stufe I), und nicht direkt monetäre Effekte, die nicht oder nur schwer mit weitergehender Schätzung in monetäre Nutzenäquivalente umgewandelt werden können, unterschieden (Stufe II).

Direkt monetäre Effekte treten sowohl auf der Kosten- als auch der Nutzenseite in Form von Aus- bzw. Einzahlungen auf. Bei den direkten Kosten können Investitionskosten, die einmalig zu tragen sind, und Lernfabrikbetriebskosten, die wiederkehrenden Charakter besitzen, unterschieden werden. Ebenso kann direkt monetärer Nutzen einmaliger oder wiederkehrender Natur sein. Aufgrund von Einfachheit und hoher Aussagekraft empfiehlt sich die Anwendung der Kapitalwertmethode.

Die Kapitalwertmethode errechnet und vergleicht den Kapitalwert der Investitionsalternativen. Der Kapitalwert ist dabei die Summe aller ab- bzw. aufgezinsten Einzahlungen und Auszahlungen zu einem bestimmten Zeitpunkt, die durch das Investitionsobjekt verursacht werden. Der Kapitalwert kann demnach als Äquivalent für eine Zahlungsreihe einer Investition gesehen werden (Colbe und Laßmann 1990).

$$KW = \sum_{t=0}^T (e_t - a_t) \cdot q^{-t}$$

KW	Kapitalwert
t	Zeitindex
T	Letzter Zeitpunkt relevanter Zahlungen
e	Einzahlung
a	Auszahlung
q	Abzinsungsfaktor

Der Kapitalwert kann unter Vorgabe verschiedener Betrachtungszeiträume (T) und eines Zinssatzes (q) berechnet werden. Ist der Kapitalwert eine Investition größer als Null, ist sie absolut vorteilhaft. Relativ vorteilhaft hingegen ist das Investitionsobjekt, dessen Kapitalwert größer als der aller anderen Alternativen ist (Götze 2008).

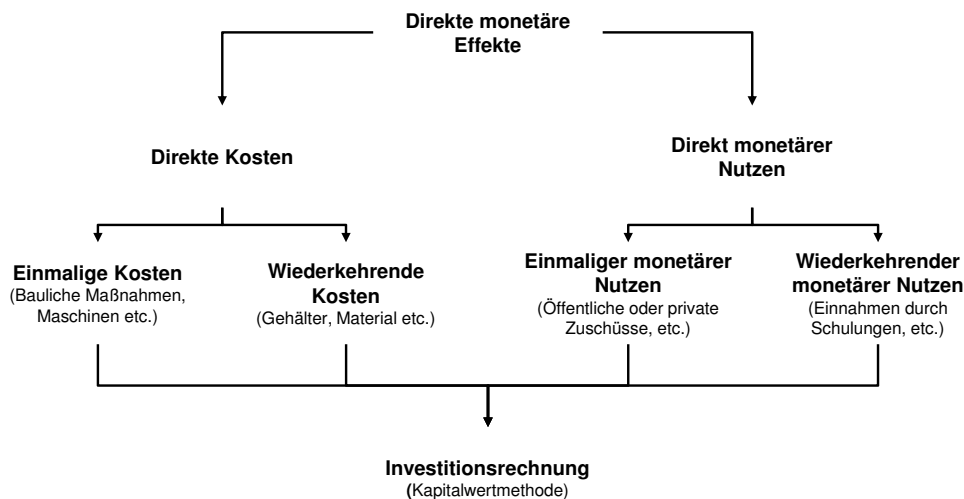


Abbildung 50: Direkte monetäre Effekte und die Investitionsrechnung

Um die notwendigen Daten zur Bewertung der finanziellen Aspekte möglichst genau zu antizipieren, können Checklisten für die direkte Kosten- (s. Tabelle 4) und Nutzenseite (s. Tabelle 5) verwendet werden.

Mithilfe der Wirtschaftlichkeitsanalyse auf Stufe I kann die Wirtschaftlichkeit der „isolierten“ Lernfabrik an sich (bspw. externer Lernfabrikschulungsanbieter, der sich über Schulungsbeiträge finanziert) ermittelt werden. Für die gesamtgesellschaftliche, unternehmens- und individuumsbezogene Betrachtung greifen die Checklisten zu Kosten und direkt monetärem Nutzen jedoch zu kurz, da aus diesen Perspektiven neben den direkt monetären Effekten (Stufe I) insbesondere auf der Nutzenseite entscheidende nicht-direkt-monetäre Effekte von Lernfabriken (Stufe II) einbezogen werden müssen. Vorteile der neuen Möglichkeiten zum effizienten und effektiven Kompetenzaufbau in Lernfabriken sind in Tabelle 6 exemplarisch aus unterschiedlichen Perspektiven beschrieben. Eine Umrechnung dieser nicht direkt-monetären Effekte in monetäre Nutzenäquivalente gestaltet sich aufwändig. Ansätze und Vorgehensweisen zur Integration dieser Effekte in die Wirtschaftlichkeitsanalyse in Lernfabriken finden sich in (Tisch 2012; Madsack 2013; Willemsen 2013; Oelkers 2013).

Tabelle 4: Checkliste einmaliger und laufender direkter Kosten von Lernfabriken in Anlehnung an Zangemeister (1993)

	<b>Einmalig</b>	<b>Laufend</b>
<b>Direkte Kosten</b>	1. Planung des Lernsystems • Intern • Extern	1. Materialkosten • Werkstoffkosten • Hilfs- und Betriebsstoffe • Energiekosten
	2. Anschaffungen • Grundstücke, Gebäude • Maschinen und Anlagen • Werkzeuge/Ausstattung	2. Personalkosten • Direkte Lohnkosten • Gemeinkostenlöhne • Lohnnebenkosten
	3. Baumaßnahmen	3. Fremdleistungen (Reparaturen, Material)
	4. Personalaufwand • Personalbeschaffung • Schulung	4. Umlagen • Raumkosten (Grundstück, Gebäude) • Allgemeiner Werksdienst • IT etc.
	5. Folgeinvestitionen in vor- und nachgelagerten Bereichen	5. Kapitaldienst • Kalkulatorische Abschreibungen • Kalkulatorische Zinsen

Tabelle 5: Checkliste für direkt monetären Nutzen von Lernfabriken – einmalig und laufend

	<b>Einmalig</b>	<b>Laufend</b>
<b>Direkt monetärer Nutzen</b>	1. Zuschüsse/Förderungen • Öffentlich • Privat	1. Schulungen • Intern • Extern
	2. Steuererleichterungen • Ausgaben für...	2. Verkaufserlöse • Produzierte Produkte
	3. Werbeeinnahmen • Intern • Extern	3. Verwendung als Testbed • Intern • Extern
	4. Investments • Verkauf von Lernfabrikbeteiligung	4. Werbeeinnahmen • Intern • Extern

Tabelle 6: Nicht direkt-monetäre Nutzeneffekte von Lernfabriken

Perspektive	Nicht direkt-monetärer Nutzen der Innovation Lernfabrik
Gesellschaft	Stärkung des Produktionsstandorts Deutschland durch hochqualifizierte Produktionsmitarbeiter von heute und morgen Transfer neuer Ideen und Konzepte für die Herausforderungen der Produktion der Zukunft aus der Forschung in die Praxis
Universität/Unternehmen	Attraktive, praxisnahe Aus- und Weiterbildung in Unternehmen, Universitäten und Hochschulen Produktionsumgebungen können für soziale, organisatorische und technologische Forschungsvorhaben genutzt werden Verbesserter Austausch zwischen Unternehmen und Hochschullandschaft Größeres Interesse der Studierenden an der Produktion
Individuum	Effektiver Kompetenzaufbau Steigerung des Marktwertes Steigerung der Attraktivität der Arbeit in der Produktion Steigerung der Motivation

### Geschäftsmodelle zur Entwicklung und zum Vertrieb von Lernfabriken

Aufbauend auf den Ergebnissen des Projekts, werden im Folgenden vier Geschäftsmodelle vorgestellt, die im weitesten Sinne die Vermarktung der Innovation Lernfabrik ermöglichen. Nutzen der Leistung, die Architektur der Wertschöpfung sowie das Ertragsmodell werden für folgende Geschäftsmodelle dargestellt:

- a) Gestaltung und Aufbau individualisierter Lernfabriken
- b) Aufbau schlüsselfertiger Lernfabriken
- c) Angebot von Lernfabrikschulungen für die Industrie
- d) Auditierung und Zertifizierung bestehender Lernfabriken

#### zu a) Gestaltung und Aufbau individualisierter Lernfabriken

Ein entscheidender Wettbewerbsvorteil des Produktionsstandorts Deutschland ist die hohe Qualifikation des Personals, die für die Umsetzung der Prinzipien der schlanken Produktion nötig ist. Traditionelle Standardmethoden stoßen bei den sich rasch ändernden Anforderungen aufgrund zu geringer Umsetzungs- und Transferwirkungen an Grenzen. Hierfür müssen technologieadäquate Lernumgebungen geschaffen werden, die zur Initiierung und Moderation von produktionstechnischen Selbstlernprozessen geeignet sind. Neues Wissen muss häufig und rasch in die betriebliche Praxis aufgenommen werden können. Lernfabriken sind hierfür eine geeignete Lernform, deren Gestaltung im Zuge eines Pilotprojekts jedoch sehr aufwändig ist und nur eingeschränkten Erfolg verspricht. An diesem Punkt kann die Lernfabrik der neuen Generation anknüpfen.

Lernfabriken der neuen Generation werden systematisch an die individuellen Anforderungen der Bedarfgruppen (Industrie, Universität, Hochschule, Berufsschule, etc.) angepasst und sind auf Basis aktueller technikkdidaktischer Erkenntnisse zielorientiert entwickelt. Die entstehenden Lernfabriken sind

dadurch bezüglich der Lernzielerreichung effektiver. Empirisch abgesicherte und effektbestätigte Lernfabriken der neuen Generation können im gesamten Bundesgebiet mithilfe eines Betreibermodells verbreitet werden. Als Entwickler der Lernfabriken könnten sowohl Universitäten als auch Privatunternehmen auftreten. Lernfabriken sollten dabei für Unternehmen oder Universitäten nach individuellen Anforderungen didaktisch und baulich konzipiert und ihr Personal bedarfsgerecht geschult werden. Der Umfang der Leistung des Entwicklers kann hierbei individuell an die Rahmenbedingungen des Projekts angepasst werden und reicht von einer einfachen Überlassung der Evaluationsergebnisse und des im Projekt „Idefix“ generierten Wissens über eine kompetenzorientierte Überarbeitung bestehender Lernfabriken bis hin zu einer umfassenden Entwicklung der individuellen Lernfabrik mit Vorbereitung zur baulichen Umsetzung.

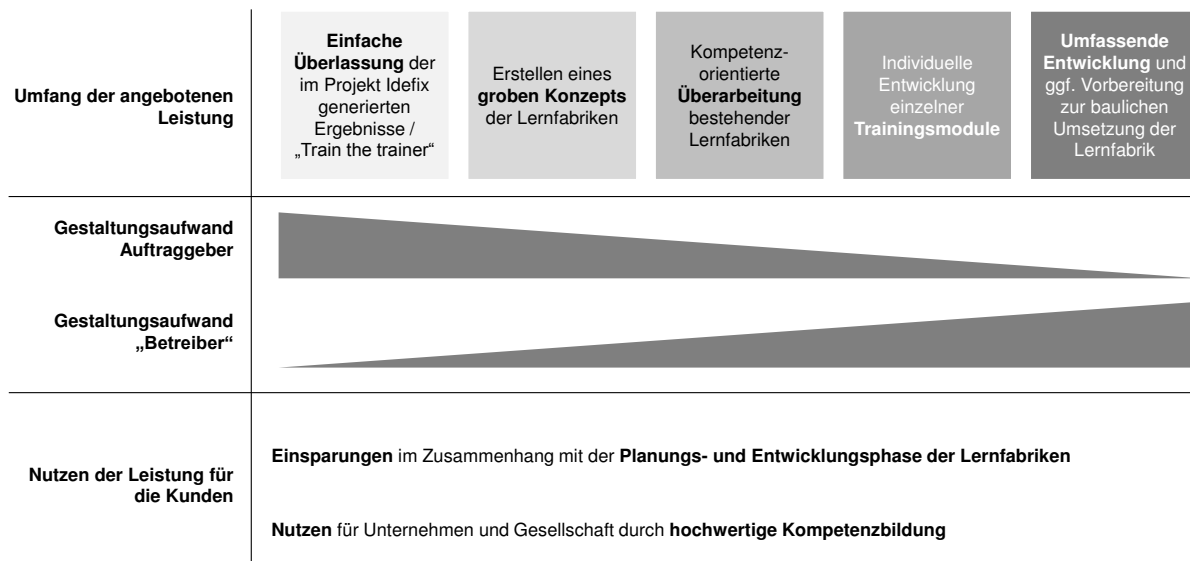


Abbildung 51: Umfang der Leistung im Zusammenhang mit der Entwicklung und dem Vertrieb von Lernfabriken

Sowohl die Industrie als auch der öffentliche Sektor zeigen großes Interesse an der Innovation Lernfabrik. Beide Bereiche können dementsprechend als potenzielle Auftraggeber gelten.

Industrieunternehmen benötigen technologieadäquate Lernformen, um den Herausforderungen der Produktion der Zukunft entgegenzutreten zu können. Zunächst werden Lernfabriken in erster Linie für verarbeitende Betriebe von Bedeutung sein. Aktuell gibt es in Deutschland 22.609 Betriebe des verarbeitenden Gewerbes (Statistisches Bundesamt 2015). Der Anteil an Großunternehmen (mehr als 249 Mitarbeiter oder über 50 Millionen € Jahresumsatz nach EU-Empfehlung 2003/361/EG), für die Lernfabriken besonders interessant sein dürften, beträgt dabei 2,7 %. In Deutschland gibt es folglich rund 600 produzierende Betriebe, für die eine individuell angepasste Lernfabrik interessant und relevant wäre.

Aufgrund der großen gesellschaftlichen Relevanz von Lernfabriken ist diese Lernform auch für den öffentlichen Sektor interessant. Für Universitäten und Fachhochschulen, die dem Bezugsrahmen der Produktion nahestehen, könnte sich eine realitätsnahe Lernform positiv auf den Lernerfolg der Lernenden auswirken. Dadurch könnten die Studenten beim Berufseintritt direkt einen Beitrag zur Stärkung des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland leisten. Universitäten, Fachhochschulen und Unternehmen werden als privater oder öffentlicher Auftraggeber in den Entwicklungsprozess einbezogen. Die Architektur der Wertschöpfung ist in Abbildung 52 dargestellt.

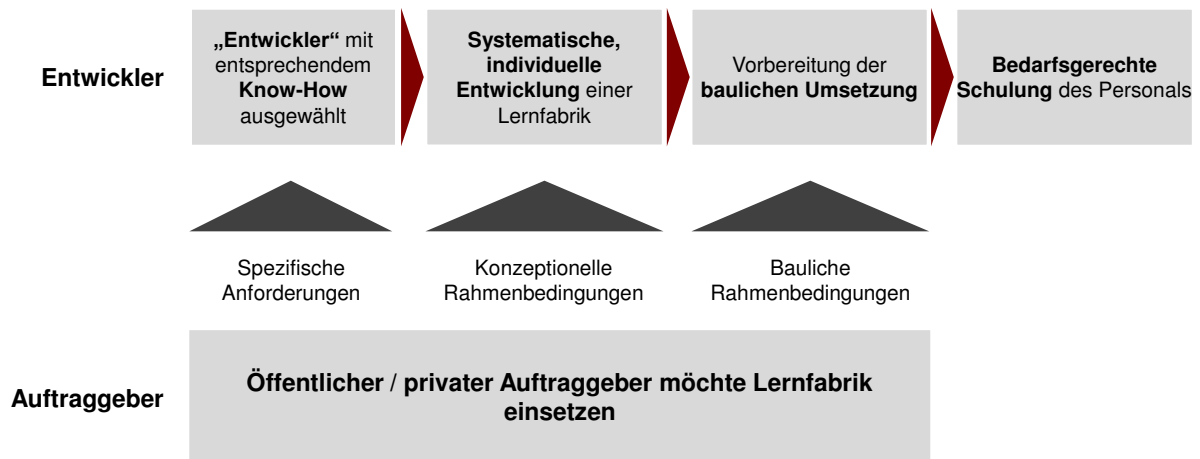


Abbildung 52: Beispielhafte Wertschöpfungsarchitektur für die Gestaltung und den Aufbau individueller Lernfabriken

Durch die auf die individuellen Anforderungen zugeschnittene Gestaltung einer optimalen Lernfabrik können dem Auftraggeber große Anstrengungen und eine langwierige Entwicklungsdauer für die Planung und den Bau einer Pilotfabrik erspart werden, wodurch auch eine Reduktion der Entwicklungskosten einhergeht. Insbesondere für Industrieunternehmen ist eine externe Entwicklung einer Lernfabrik attraktiv, da dafür hochqualifiziertes Personal in großem Umfang abgestellt werden müsste. Darüber hinaus vergrößert sich der erwartete wirtschaftliche Nutzen der Kunden im Hinblick auf nicht direkt monetäre Nutzeneffekte. Privatwirtschaftliche Unternehmen können durch die Lernfabrik Kompetenzen beim Produktionspersonal entwickeln und aufbauen. Dadurch können die Handlungsfähigkeit der Mitarbeiter sowie damit Produktivität und Flexibilität des Industrieunternehmens verbessert werden. Außerdem können mithilfe der Lernfabrik Technologie-, Produkt- und Prozessinnovationen innerhalb kurzer Zeit didaktisch sinnvoll aufbereitet und so den Mitarbeitern zugänglich gemacht werden. Öffentliche Einrichtungen befähigen durch die Lernfabriken Produktionsmitarbeiter dazu, den Herausforderungen der Produktion besser vorbereitet zu begegnen. Eine Verbesserung der Qualifizierung des Produktionspersonals von morgen birgt großes volkswirtschaftliches Nutzenpotenzial. Für Lernfabrikentwickler können dabei im Rahmen des Geschäftsmodells a) Erträge in zweifacher Form generiert werden:

- Erträge für die systematische und didaktisch hinterlegte Gestaltung und Entwicklung der Lernfabrik (Beratungsleistung Lernfabrik- und Schulungsaufbau)
- Erträge für die bedarfsgerechte Schulung des Personals (Trainingsangebot zum Betrieb der Lernfabrik als Dienstleistung)

#### zu b) **Aufbau schlüsselfertiger Lernfabriken**

Wie bereits angesprochen, stellt der Aufbau einer individualisierten Lernfabrik einen erheblichen Aufwand für Unternehmen und Forschungseinrichtungen dar. Dennoch bestätigen sowohl Unternehmen als auch Forschungseinrichtungen den hohen Nutzen von Lernfabriken. Ein weiteres Anwendungsfeld ist deshalb der Aufbau schlüsselfertiger Lernfabriken. Als Träger für solche Projekte können nur Konsortien auftreten, welche über das entsprechende Know-How, Personal und auch die entsprechenden betriebswirtschaftlichen Kapazitäten verfügen. Der Träger übernimmt alle Bestellungen, die im Rahmen eines solchen Projekts anfallen, prüft das Lernfabrikkonzept auf Funktionstüchtigkeit, unterstützt beim Aufbau und weist Trainer und Werker in die Abläufe ein. Vorteil für den Kunden ist hierbei der vergleichsweise geringe Aufwand. Er erhält dabei eine bereits auf ein bestimmtes Themenfeld komplett

abgestimmte Lernfabrik. Darüber hinaus ist es auch möglich, dass insbesondere in an Forschungseinrichtungen angegliederten Lernfabriken bereits neuste Forschungsergebnisse als Teil eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses umgesetzt werden. Der Kunde macht sich mit dem Einkauf einer solchen Lernfabrik diese Forschungsergebnisse zu Nutze. Darüber hinaus muss er kein Wissen bezüglich der Einrichtung von Lernfabriken im eigenen Unternehmen vorhalten oder entsprechende Experten ins Unternehmen holen.

Potentielle Kunden können sowohl Industrieunternehmen, Betreiber von Weiterbildungseinrichtungen als auch Forschungseinrichtungen sein. Dabei kann insbesondere der Markt bedient werden, für den bereits Lernfabriken an anderer Stelle existieren. In diesem Modell wird der Kunde auch absehbar der Betreiber sein. Eine entsprechend hohe Investition ist sonst schwer begründbar. Vonseiten des Kunden muss entsprechendes Personal bereitgestellt werden, insbesondere zum Training im Betrieb der Lernfabrik. Der Kunde bezahlt vor allem für die Einholung von Angeboten, die Übernahme der Bestellungen, die Entwicklung benötigter Hilfen zum Betrieb sowie die Auswahl und systematische Ausgestaltung der Lernumgebung durch den Lieferanten der Lernfabrik. Möglich ist dabei eine individuelle Konfiguration der Lernfabrik in bestimmten Grenzen, die dem Kunden als gesamtes Angebot unterbreitet wird, das den Aufbau, die Herstellung der Funktionstüchtigkeit und das Training des Personals einschließt. Dies ist besonders wichtig, da die Kompetenz über die Lernfabrik in diesem Modell nicht zunächst beim Kunden liegt. Da er diese jedoch sukzessive selbst aufbauen und weiter entwickeln muss, sind diesbezüglich Beratungs- und Coachingleistungen einzuplanen.

Einnahmen werden in diesem Modell zum einen aufseiten des Lieferanten generiert, da er die Personalaufwendungen im Zuge des Bestellprozesses dem Kunden in Rechnung stellen kann, (wie bei Lieferungen üblich). Zum anderen kann der Kunde/Betreiber Einnahmen generieren, wenn er Schulungen zum Beispiel für Industrieteilnehmer anbietet (siehe c). Das vorgestellte Modell wurde von der Prozesslernfabrik CiP bereits einige Male erfolgreich mit dem Aufbau einer Lernfabrik in den Niederlanden und in Südafrika umgesetzt. Eine weitere ist in Russland in Planung. Dabei werden diese Lernfabriken sowohl von Forschungseinrichtungen als auch von Unternehmen betrieben und für unterschiedliche Anwendungen genutzt.

### zu c) Angebot von Lernfabrikschulungen für die Industrie

Universitäten und privatwirtschaftliche Schulungsanbieter können die Innovation Lernfabrik als realitätsnahe Lernumgebung für handlungsorientierte Schulungen nutzen. Im Rahmen des Geschäfts- bzw. Betreibermodells müssen insbesondere die wirtschaftliche, inhaltliche und personelle Qualität sichergestellt werden.

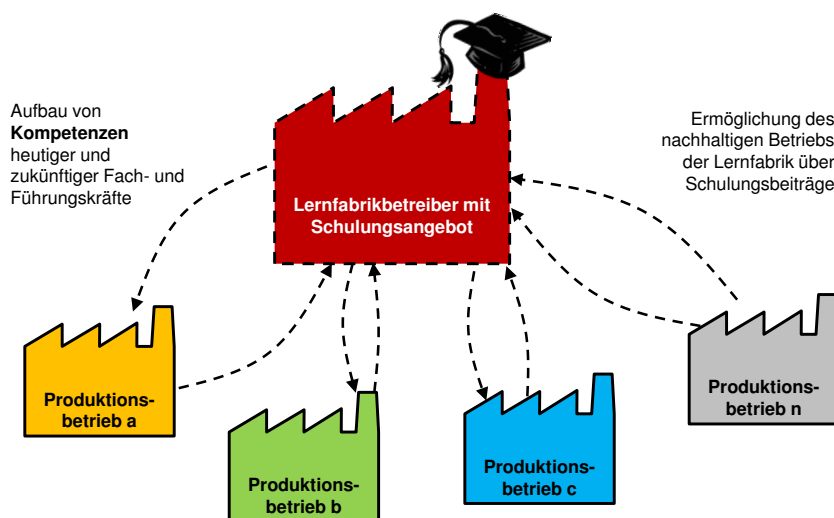


Abbildung 53: Angebot von Lernfabrikangeboten für die Industrie

Wirtschaftlich: Anbieter können Schulungen sowohl einzeln am Markt bewerben (siehe beispielsweise die Stuttgarter Produktionsakademie) oder auch Schulungen im Rahmen von Partnerschaftsmodellen anbieten (siehe beispielsweise die Prozesslernfabrik CiP). Beim Partnerschaftsmodell der Prozesslernfabrik können Industrieunternehmen bei Interesse einen Partnerschaftsvertrag abschließen. Dieser Vertrag sichert den Partnern gegen Zahlung eines jährlichen Beitrags eine bestimmte Anzahl an Schultagen zu, die vom jeweiligen Unternehmen beliebig auf seine Mitarbeiter verteilt werden können. Die Prozesslernfabrik CiP kooperiert im Rahmen des Partnerschaftsmodells mit 15-20 Industrieunternehmen unterschiedlicher Branchen. Der finanzielle Beitrag dieser Unternehmen stellt eine substantielle Größe für den nachhaltigen Betrieb der Lernfabrik dar. Für KMUs werden zusätzlich kompakte Schulungsreihen angeboten. Vereinzelt werden ebenso Veranstaltungen von in- und ausländischen Hochschulen für Studenten bestimmter Studiengänge gebucht.

Inhaltlich: Neben der wirtschaftlichen Qualität muss die inhaltliche Qualität des Lernfabrikschulungsanbieters gewährleistet werden. Universitäten als Betreiber der Lernfabriken haben die Chance Schulungsinhalte durch Erkenntnisse aus laufenden Forschungs- und Industrieprojekten auf dem aktuellen Stand zu halten. Dadurch wird ein Veralten der Trainingsinhalte verhindert. Nur die ständige Weiterentwicklung und das Einarbeiten aktueller Forschungsergebnisse in die Schulungen gewährleisten fortlaufend relevante und innovative Lehrinhalte. Auch privatwirtschaftliche Schulungsanbieter (bspw. Unternehmensberatungen) müssen sicherstellen, dass ihre Schulungsangebote auch längerfristig die Probleme und Herausforderungen der Kunden zeitgemäß adressieren.

Personell und organisatorisch: Personelle und organisatorische Aspekte spielen für die Qualität des Lernfabrikkonzepts eine große Rolle. Neben der fachlichen Expertise benötigen Lernfabriktrainer didaktisch-methodische Kompetenzen für die Entwicklung der Lernmodule sowie die Kursmoderation und das Coachen der Teilnehmer. Geeignete Referenten für Lernfabriken müssen gut rekrutiert und ausgebildet werden. Im Rahmen des Projekts wurden diesbezüglich geeignete Ansätze und Instrumente entwickelt (Curriculares Modell, Train-the-trainer, Hilfsmittel, Leitfaden).

#### **zu d)      Auditierung und Zertifizierung bestehender Lernfabriken**

Die bisher vorgestellten Modelle beschäftigen sich mit dem Aufbau neuer Lernfabriken oder greifen einen einzelnen Aspekt einer Lernfabrik auf, um ihn geschäftlich zu nutzen. Wie alle Organisationen sollten jedoch auch Lernfabriken kontinuierlich weiterentwickelt werden. Für systematische Kontrolle und Weiterentwicklung von Fabriken und Organisationen haben sich in der Wirtschaft umfangreiche Auditierungs- und Zertifizierungssysteme etabliert. Ein solches System ist auch für Lernfabriken denkbar. Die Herausforderung in Bezug auf Lernfabriken besteht darin, dass es sich um ein mehrere Ebenen umfassendes System handelt, das unterschiedlichste Aspekte einbezieht. Neben der Lernumgebung „Lernfabrik“ mit ihren Produkten und Prozessen müssten bei einem Audit insbesondere die Lehr- und Lernprozesse betrachtet werden. Dazu ist es notwendig, unterschiedliche Ausprägungen für jedes einzelne Merkmal einer Lernfabrik zu bestimmen. Potenzielle Kunden könnten durch eine regelmäßige, unabhängige Auditierung bei der kontinuierlichen Entwicklung ihres Lernfabrik-Systems unterstützt werden. Externe Beobachter müssten dabei Ansatzpunkte für Verbesserungen aufzeigen. Neben dem Eigeninteresse einer kontinuierlichen Weiterentwicklung der Lernfabrik für den Betreiber kann die Zertifizierung für deren Vermarktung in hohem Maße genutzt werden.

Kunden sind also die Betreiber von Lernfabriken, die regelmäßig auditiert würden, um weitere Verbesserungen anzustoßen und ihre Zertifizierung zu erhalten. Anbieter der Leistung wären insbesondere Forschungseinrichtungen, die Lernfabriken betreiben, da hier großes Know-How sowie Einarbeitung neuester Forschungsergebnisse in die Auditierung gewährleistet ist. Denkbar ist aber auch, dass sich ein von Unternehmen und Forschungseinrichtungen unabhängiger Zertifizierer entwickelt, der die Auditierung und Zertifizierung von Lernfabriken als Dienstleistung anbietet.

Das Interesse an Lernfabriken steigt stetig, da sie als Weiterbildungsform vielerlei Vorteile bieten. Je mehr Lernfabriken existieren, desto attraktiver wird auch das vorgestellte Modell. Besonders interessant ist dabei, die eigene Lernfabrik hinsichtlich ihres Entwicklungsstandes einordnen zu können. Einnahmen entstehen vor allem aufseiten des Auditors beziehungsweise Zertifizierers.

## TP 6.2 Darstellung der zweiten didaktischen Transformation auf der Metaebene

Im Verlauf des Projekts stellte sich heraus, dass die Entwicklung eines modularen Baukastens für die Zuordnung von Lernmethoden und Lernumgebungen so wie anfangs gedacht nicht möglich ist. Planungsprozesse, die „Lernsituationen“ betreffen, sind hoch komplexe Vorgänge, die nicht schlüssig in eine Struktur linearer Prozessabläufe überführbar sind. So schrieb Oelkers: „Provokant ist die Einsicht in das Risiko der Vorbereitung einer Handlungsrealität, die so komplex und heteronom ist, dass sie aller Planung zu spotten scheint. Eigentlich kann kein Unterricht so gelingen, wie es die Planung vorgeschrieben hat. Trotzdem bestehen wir mit Recht auf die Vorbereitung von Unterricht.“ (Oelkers 1988) Dies ist jedoch nicht in Form eines einfachen Baukastens möglich.

Im Umfeld der Lernfabrik kommt zum zentralen Problem der schwierigen Planung von Unterricht oder Lernsituationen hinzu, dass viele der Trainerinnen und Trainer, die diese Lernsituationen planen und auch anleiten sollen, weder pädagogisch noch didaktisch ausgebildet sind. Es galt daher ein System zu generieren, in dem technische Experten angemessen agieren können. Aus dem bisherigen, nur eine Ebene umfassenden Curriculummodell entwickelte sich in mehreren Schritten ein deutlich detaillierteres Planungsinstrument. Es erfolgte die Aufteilung in eine Metaebene, eine konkrete Planungsebene und eine Ebene der Explikationen. Während in TP 6.3 genauer auf die Darstellung der Planungs- und Explikationsebene eingegangen wird, befasst sich TP 6.2 im Folgenden mit der Umsetzung der didaktischen Transformationen als Prinzip auf der Meta-Ebene.

Die Begrifflichkeiten aus der vormaligen Überschrift von TP 6.2, also „Lernmethoden“ und „Lernumgebung“, stellen aus didaktischer Sicht eine zu starke Verkürzung dar. Sie können daher nur stellvertretend gesehen werden. Die „Lernumgebung“ wird durch die Lernfabrik als solche sowie die daran geknüpften fachlichen und pädagogisch-didaktischen Besonderheiten repräsentiert. „Lernmethode“ war bisher mit der Wahl einer Methode gleichgesetzt worden, welche die Art des Vermittlungsprozesses vom Blickpunkt des Trainers beschreibt. Häufig handelte es sich dabei nicht um Methoden, sondern um Sozialformen. Im Zuge der Anpassung des Modells wurden die Besonderheiten der Lernumgebung „Lernfabrik“ im Bereich der Meta-Ebene des Modells detaillierter dargestellt.

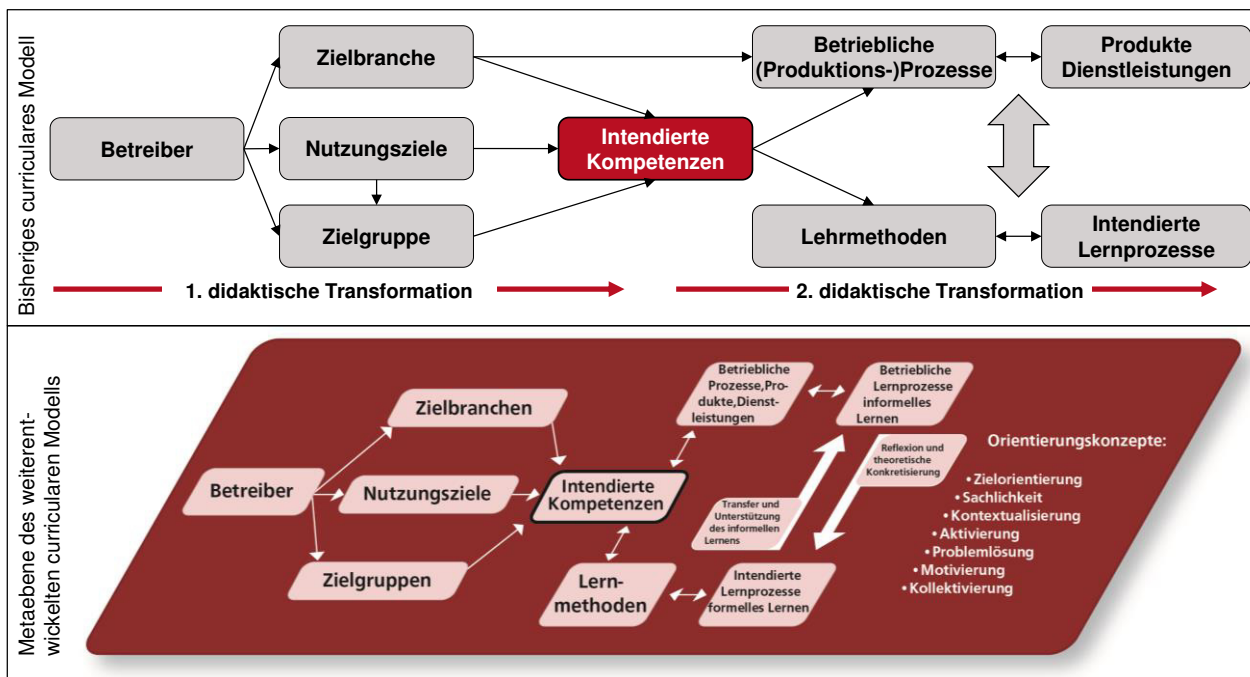


Abbildung 54: Gegenüberstellung des bisherigen curricularen Modells und der Metaebene des weiterentwickelten curricularen Modells

Der Bereich der ersten didaktischen Transformation wurde unverändert übernommen, da sich das Prinzip, dass der „Betreiber“ zunächst die Elemente „Zielbranchen“, „Nutzungsziele“ und „Zielgruppen“ bestimmt, an allen kooperierenden Lernfabriken bestätigt hat. Diese drei Elemente münden in die „Intendierten Kompetenzen“. Deren ausführliche Dokumentation bildet den Abschluss der ersten und gleichzeitig den Ausgangspunkt der zweiten didaktischen Transformation.

Im Bereich der zweiten didaktischen Transformation werden die definierten Ziele in lernwirksame Situationen überführt. Wie bereits im Zwischenbericht 2013 (TP 4.2) dargestellt, wird hierfür der kurzzyklische Wechsel zwischen formellen und informellen Lernprozessen angestrebt. Im vorliegenden Modell schließt sich die Planung der formellen Lernprozesse, repräsentiert durch das Element „Lernmethoden“, an die „intendierten Kompetenzen“ an. Die Umsetzung erfolgt dann im Element „Intendierte Lernprozesse formelles Lernen“. Die Planung der informellen Lernprozesse, dargestellt als das Element „Betriebliche Prozesse, Produkte, Dienstleistungen“, baut ebenfalls auf den Formulierungen der „Intendierten Kompetenzen“ auf, ihre Umsetzung wird durch das Element „Betriebliche Lernprozesse informelles Lernen“ symbolisiert.

Die Wechselwirkung bzw. die kurzzyklischen Wechsel zwischen informellen und formellen Lernprozessen werden durch ein expliziertes, gegengerichtetes Pfeilpaar dargestellt. Die Explikationen verweisen darauf, dass Wissen aus informellen Lernprozessen genutzt werden kann, um in formellen Lernprozessen zu reflektieren und um die Theorie durch die Anbindung an praktische Wissensbestände zu untermauern. Im Gegenzug kann formell erworbenes Wissen beim informellen Lernen genutzt werden, um konkrete Beispiele aus der Praxis besser zu verstehen, den Transfer zwischen verschiedenen Anwendungen herzustellen und somit das zugrundeliegende Prinzip zu erfassen.

### TP 6.3 Die zweite Ebene des Modells als Grundlage zur Planung von Workshops (vormals TP 6.3 Umsetzung eines IT-basierten Konfigurators zur Konzeption modularer, effizienter Lernfabriken)

Im Projektplan war für das zweite und dritte Quartal im Jahr 2014 vorgesehen, die Erkenntnis aus den vorangegangenen Teilprojekten in einen IT-basierten Konfigurator zur Konzeption modularer, effizienter Lernfabriken zu überführen. Die Komplexität bei der Ausgestaltung einzelner Aktivitäten innerhalb der 2. didaktischen Transformation, vor allem bedingt durch die Interdependenzen zwischen Interaktionsplanung, Material, Medien, Lernprodukt und methodischer Ausgestaltung, macht deren Reduktion auf einen Algorithmus bzw. eine Modellierung eines Objekts oder von Klassen in Unified Modeling Language unmöglich. Die Begründungen dafür wurden bereits in Teilprojekt 6.2 dargestellt. Zudem erwies sich während der Überarbeitung der verschiedenen Lernmodule die Verflechtung zwischen den einzelnen Elementen der Aktivitätsausgestaltung als zu komplex.

Die Entwicklung eines IT-basierten Konfigurators wurde daher verworfen und stattdessen das curriculare Modell zur Entwicklung von Lernfabriken um die Ebene der Lernmodulplanung und eine darunter liegende Explikationsebene erweitert. Dieses erweiterte curriculare Modell, ergänzt durch die zugehörigen Tabellen zur Dokumentation der Planungsentscheidungen, bildet die Schritte der 1. und 2. didaktischen Transformation ab. Das Curriculummodell kann genutzt werden, um die systematischen Entwicklungsschritte zur Gestaltung einzelner Lernmodule durchzuführen, aber auch, um grundsätzliche Überlegungen zur Konzeption einer neuen Lernfabrik bzw. zur didaktischen Fundierung einer bestehenden Lernfabrik anzustellen. Die systematischen Entwicklungsschritte des Modells wurden in dieser Form sowohl bei der Neukonzeption des Lernmoduls *Werkzeugmanagement* als auch bei der Validierung der Ergebnisse durch den Train-the-Trainer-Workshop (siehe TP 7.2) erprobt und evaluiert.

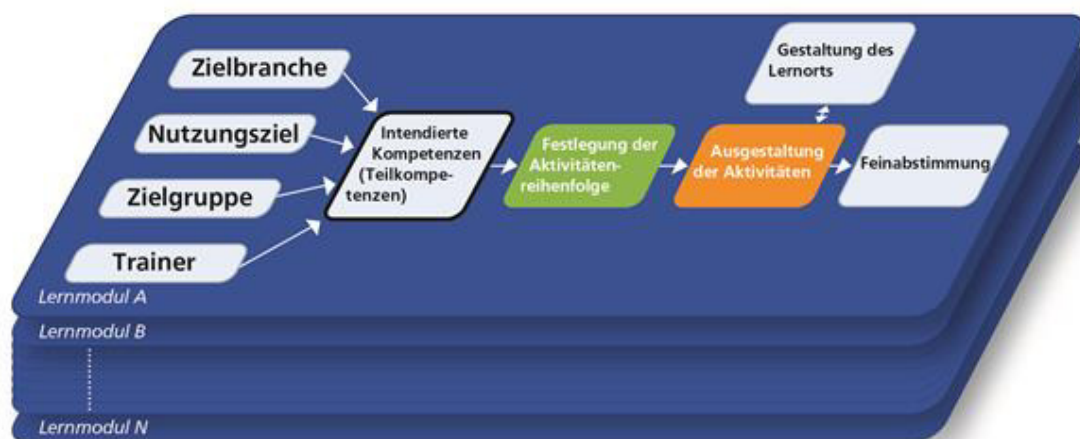


Abbildung 55: Workshop-Planungsebene des weiterentwickelten curricularen Modells

Abbildung 55 zeigt einzelne Lernmodule in Form von Karten auf einem Stapel. Dies soll darauf hinweisen, dass es Entscheidungen mit disjunktiver Verknüpfung nicht gibt. Für jedes einzelne Lernmodul ist es notwendig, alle Entscheidungen unabhängig von anderen Lernmodulen zu treffen.

Diese Ebene, wie auch die Metaebene, wird von links nach rechts gelesen. Es werden zunächst die rahmengebenden Elemente Zielbranche, Nutzungsziel, Zielgruppe und Trainer bestimmt. Diese Elemente korrespondieren gemeinsam mit der übergeordneten Meta-Ebene. Eine Ausnahme bildet hierbei der Trainer, da er einerseits als ausführendes Organ austauschbar ist und somit nur auf den einzelnen Workshop einwirkt und andererseits in einem Abhängigkeitsverhältnis zur Lernfabrik (Betreiber, Teilnehmer, Vorgesetzte der Teilnehmer) steht. Der Trainer hat jedoch die Möglichkeit auf den Betreiber oder auf Zwischenebenen der übergeordneten Hierarchie einzuwirken, um so die übergreifende Ausge-

staltung der Lernfabrik zu verändern. In der Darstellung der Metaebene ist dies mit einer Variation der Betreibermeinung gleichgesetzt.

Die vier Elemente (Zielbranche, Nutzungsziel, Zielgruppe, Trainer) bilden den Rahmen für die intendierten Kompetenzen, welche als Lernziele wirken. Als Hilfsmittel der Kompetenzformulierung und auch zur Formulierung von Handlung und Wissen (Fachwissen, Prozesswissen, Begründungswissen, Bezugswissen) liegt die innerhalb des Projekts entwickelte Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix vor.

Tabelle 7: Grundstruktur der Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix

Kompetenz	Teilkompetenz	Handlung	Wissen			
			Handlungsebene		Reflexionsebene	
			Professionswissen		Konzeptuelles Wissen	
			Sachwissen (Was)	Prozesswissen (wie)	Begründungs-wissen (Warum)	Bezugswissen
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Für die einzelnen Formulierungen der Kompetenzen wurde ein Muster entwickelt, das nachfolgend anhand des Beispiels der Hauptkompetenz des Train-the-Trainer-Moduls erläutert wird:

„Die Teilnehmer (Nennung der Zielgruppe) haben die Fertigkeiten und Fähigkeiten, die intendierten Kompetenzen ihres Lernmoduls (Nennung der Kompetenz, meist fachlich-methodisch, als Verknüpfung von Handlung und Wissen) zu formulieren (Nennung des Operators).“

Nach der Formulierung der Kompetenzen, Handlungen und Wissens Elemente müssen diese zunächst durch Vervollständigen und Entfernen von Mehrfachnennungen bereinigt werden. Ist dies abgeschlossen, folgt der nächste Schritt, die Festlegung der Aktivitätenreihenfolge. Darunter wird zunächst die Festlegung der grundlegenden Struktur des Workshops verstanden, also die Reihung der Inhalte und daran anschließend die Festlegung der einzelnen Aktivitäten und deren Reihung für jede einzelne Kompetenz bzw. Teil-Teilkompetenz<sup>19</sup>. Es beginnt mit dem Einstieg. Dieser zeigt an, dass jetzt etwas Neues beginnt, er führt zum Thema hin, leitet das neue Thema ein, fängt die Gruppe ein, gibt einen Überblick und lenkt die Aufmerksamkeit der Teilnehmer (z.B. durch Leitfragen). Ein Kompetenzerwerb macht sowohl Erschließungs- als auch Erprobungsaktivitäten und Systematisierungsaktivitäten erforderlich. Wenn einer der beiden Aspekte nicht oder nur untergeordnet berücksichtigt wird, entsteht entweder ein aktionistischer Unterricht (Vernachlässigung des Systematisierungs-Aspekts) oder ein theorielastiger Unterricht (Vernachlässigung von individuellem Zugang und Anwendung) (Tenberg 2011).

<sup>19</sup> Je nachdem, wie stark die einzelnen Eintragungen der Kompetenzmatrix untersetzt sind. Es ist dabei jedoch angebracht möglichst detailliert zu arbeiten ohne dabei ineffizient zu werden.

Tabelle 8: Unterscheidung der Lernaktivitäten (nach Tenberg 2011)

<b>Erschließungs- und Erprobungsaktivitäten</b>	<p>„Unter Erschließungs- und Erprobungsaktivitäten sind Lernaktivitäten zu verstehen, die in einem engeren Zusammenhang mit beruflichem Tun stehen. Darunter fallen z.B. Erstellen beruflicher Informationsmaterialien oder auch die Bearbeitung einer beruflichen Problemstellung. Kennzeichen von Erschließungs- und Erprobungsaktivitäten ist deren handlungslogische Orientierung im direkten Berufskontext. Die Lernenden sollen dabei in vollständigen Handlungen eigene Ziele bilden, deren Erreichen überprüfen und ihr weiteres Handeln daran ausrichten. Neben der Vermittlung von Handlungsfähigkeit wird durch diese Aktivitäten auch dem Anspruch der Kontextualisierung Rechnung getragen.“ (Tenberg 2011) Dabei bedeutet Erschließen etwas Neues finden, sich damit auseinandersetzen und darüber informieren, etc. Erproben bedeutet dezidiert etwas Anwenden, Umsetzen, Realisieren.</p>
<b>Systematisierungsaktivitäten</b>	<p>Unter Systematisierungsaktivitäten sind Lernaktivitäten zu verstehen, die in einem engeren Zusammenhang mit fachlichen bzw. wissenschaftlichen Systemen oder Systematiken stehen. Darunter fallen z.B. das erfassende, vergleichende oder abstrahierende Erschließen fachlicher Informationsmaterialien, die Durchführung und Auswertung von Versuchen oder auch die Einbettung fachlicher Teilinformationen in fachwissenschaftliche Ordnungssysteme. Kennzeichen der Systematisierungsaktivitäten ist deren fachsystematische Orientierung, welche ein Relativieren (aber auch Verlassen) des direkten Berufskontextes erfordert. Die Lernenden sollen dabei ihre bestehenden Wissenssysteme anhand objektivierten Wissens (Fachbücher, Tabellenbücher, etc.) aktivieren, überprüfen, ergänzen, erweitern oder auch korrigieren können. Neben der Konkretisierung und Stabilisierung des handlungsbezogenen erworbenen Wissens wird durch diese Aktivitäten auch dem Anspruch der Fachlichkeit Rechnung getragen.</p>
<b>Reflexion und Kontrolle</b>	<p>Reflexion und Kontrolle sind lernwirksame Rückmeldungen. Sie sind notwendig, da „Ohne Rückmeldung (...) ein Lehr-Lernprozess aus lerntheoretischer und interaktionistischer Sicht defizitär“ bleibt (Tenberg 2011). Über Reflexionen und Kontrollen können für Lehrende und Lernende Information über die Wirksamkeit des Unterrichts generiert werden. Es erfolgt ein Abgleich zwischen dem, was gelernt wurde und dem, was gelernt werden sollte, ergänzt durch die Explikation der eingetretenen bzw. ausgebliebenen Entwicklung, sodass entsprechende Folgehandlungen für beide Seiten (Trainer und Teilnehmer) abgeleitet werden können. Reflexion ist dabei auf die Lernenden gerichtet. Sie enthält Elemente, mit denen die Lernenden selbst feststellen können, ob sie etwas richtig oder falsch gemacht haben, wo sie stehen, was noch fehlt, etc. Kontrolle geht eher von den Lehrenden aus und intendiert auch Bewertung.“</p>

Als graphische Darstellung ergänzt dies die Workshop-Planungsebene auf der Explikationsebene.

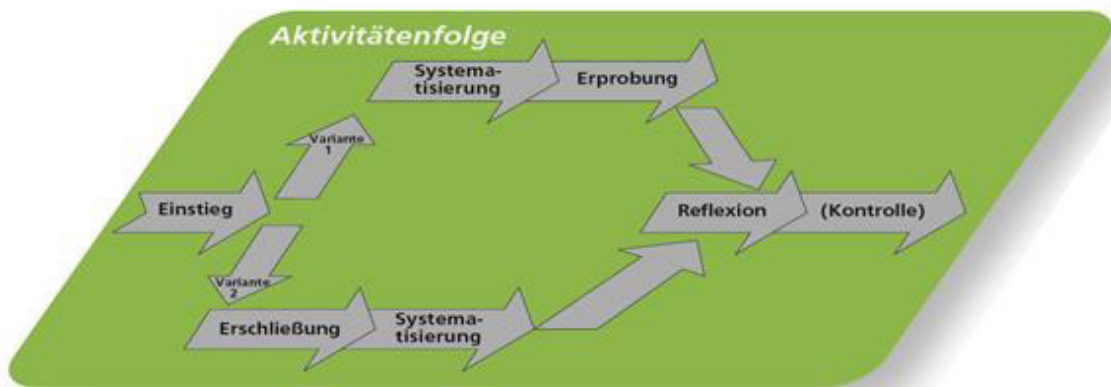


Abbildung 56: Explikation der Ausgestaltung der Aktivitätenfolge des weiterentwickelten curricularen Modells

Daraufhin kann entweder ein theoretischer Zugang erfolgen (Variante 1), indem man z.B. eine Wertstromtheorie analysiert, oder ein kasuistischer Zugang (Variante 2), indem man sich direkt mit einem Wertstrom auseinandersetzt. Im Anschluss an einen Theoriezugang erfolgt dessen Übertragung in Handlungen (Erprobung), im Anschluss an eine Praxiserschließung deren Verallgemeinerung durch Systematisierung.

Während der Festlegung der Aktivitätenfolge wurde noch nichts inhaltlich oder methodisch geplant. Dies findet in der anschließenden Ausgestaltung der Aktivität statt. Dabei werden fünf Gestaltungselemente geplant und aufeinander abgestimmt. Die Interdependenzen zwischen diesen Gestaltungselementen sind hochkomplex, da jedes Element mit jedem anderen in wechselseitiger Beziehung steht.

Als Überblick wurde, ebenfalls auf der Explikationsebene, eine weitere Darstellung eingefügt.

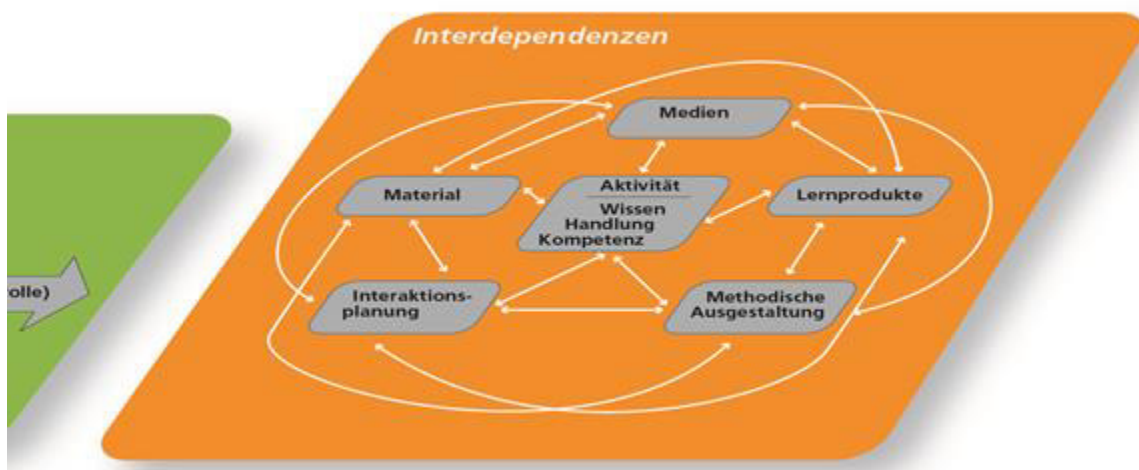


Abbildung 57: Explikation der Ausgestaltung der Aktivitäten des weiterentwickelten curricularen Modells

## TP 7 Einleitung von Wissenstransfer und Verwertung

Der Wissenstransfer findet zurzeit in drei Bereichen statt. Da die gesamten curricularen Entwicklungsüberlegungen für das curriculare Modell zur Entwicklung von Lernfabriken mit den Grundsätzen schulischer, insbesondere berufsschulischer Bildung korrespondieren, liegt es nahe, die im „Idefix“-Projekt erzielten Erkenntnisse dem schulischen Bereich zur Verfügung zu stellen. So wurden zentrale Erkenntnisse aus den Idefix-Prozessen vom Hessischen Kultusministerium aufgegriffen und seit Mitte 2013 bei der Entwicklung von Kerncurricula für die neukonzipierte Mittelstufenschule und seit Mitte 2014 für den Bereich des Beruflichen Gymnasiums genutzt. Die beiden anderen Transferbereiche sind die Entwicklung eines Lernmoduls zur effizienten Gestaltung von Lernfabriken und den darin implementierten Lernmodulen (Ausgestaltung siehe Teilprojekt 7.1) sowie die Durchführung und Validierung dieses Lernmoduls mit Führungskräften der CiP- und ETA-Lernfabrik der TU Darmstadt (Ausgestaltung siehe hier Teilprojekt 7.2)

### Wissenstransfer ins Hessische Kultusministerium mittels Entwicklung des Kerncurriculum Mittelstufenschule (KC MSS)

Die Entscheidungen im Hessischen Kultusministerium, den Schülern in Haupt- und Realschulen eine stärkere berufliche Orientierung zu ermöglichen, führte 2012 zur Konzeption der Mittelstufenschule, die je einen Unterrichtstag in den Jahrgangsstufen 8 und 9 der Hauptschule und in den Jahrgangsstufen 9 und 10 der Realschule an beruflichen Schulen als Kooperationspartner vorsieht. Für die neu zu entwickelnden Curricula wurde die Festlegung auf ein Kerncurriculum beschlossen. Zentrales Element ist dabei, Lernziele als Kompetenzen zu formulieren. In den Entwicklungsprozess der Struktur und Generierung der einzelnen Themenfelder wurde durch Einbringen einer schriftlichen Stellungnahme des „Idefix“-Projektteams im Mai 2013 diesem Projektteam die Mitarbeit in der Steuergruppe der Lehrplankommission ermöglicht. Die curricularen Überlegungen zur Entwicklung von Lernfabriken bzw. Lernmodulen wurden in die Überarbeitung der Kompetenzraster des Kerncurriculums einbezogen. Abbildung 58 verdeutlicht, an welcher Stelle der entscheidende Transfer aus „Idefix“ erfolgt ist. Die 30 Personen umfassende Lehrplankommission erhielt an einem zweitägigen Workshop im Herbst 2013 in Weilburg eine Einführung in das curriculare Modell von „Idefix“. Die zentralen Elemente des curricularen Modells wurden während der Erstellungsphase und in der Phase des Beteiligungsverfahrens von allen Unterlehrplangruppen in die Kerncurriculum-Konzeption übernommen und in der Lehrplanentwicklung umgesetzt werden.



<b>Konzeption</b> Okt. 2012 - Mai. 2013	<b>Erstellung</b> Okt. 2012 - Nov. 2013	<b>Beteiligungsverf.</b> Feb. 2014 - Jul. 2014	<b>Einführung</b> Ab August 2014
Entwicklung der Struktur und Generierung der Themenfelder	Einstuerung curriculare Elemente aus Idefix (Juni- Sept. 2013)	Beteiligungsverfahren und Fertigstellung der Erprobungsfassung	Vorbereitende Planungen der Schulen (Schuljahr 2014/ 2015)
Erörterung der Konzeption mit den fünf hessischen Studienseminaren für Berufsschulen	Workshopgestaltung mit dem hessischen Kultusministerium 08/09.10.2013 Weilburg	Herstellung, Druck und Veröffentlichung	01.08.2014 Inkraftsetzung
Einreichung schriftliche Stellungnahme => Einladung zur Mitarbeit in Steuergruppe der Lehrplankommission	KHW-Matrizen werden zur Formulierung intendierter Kompetenzen in das KC und in die Handreichung integriert		Möglichkeit zur Entwicklung für Lehrerfortbildung an den kooperierenden Berufsschulen und Mittelstufenschulen

Abbildung 58: Entwicklungsphasen der Entstehung des Kerncurriculums Mittelstufenschule im Bereich des Hessischen Kultusministeriums

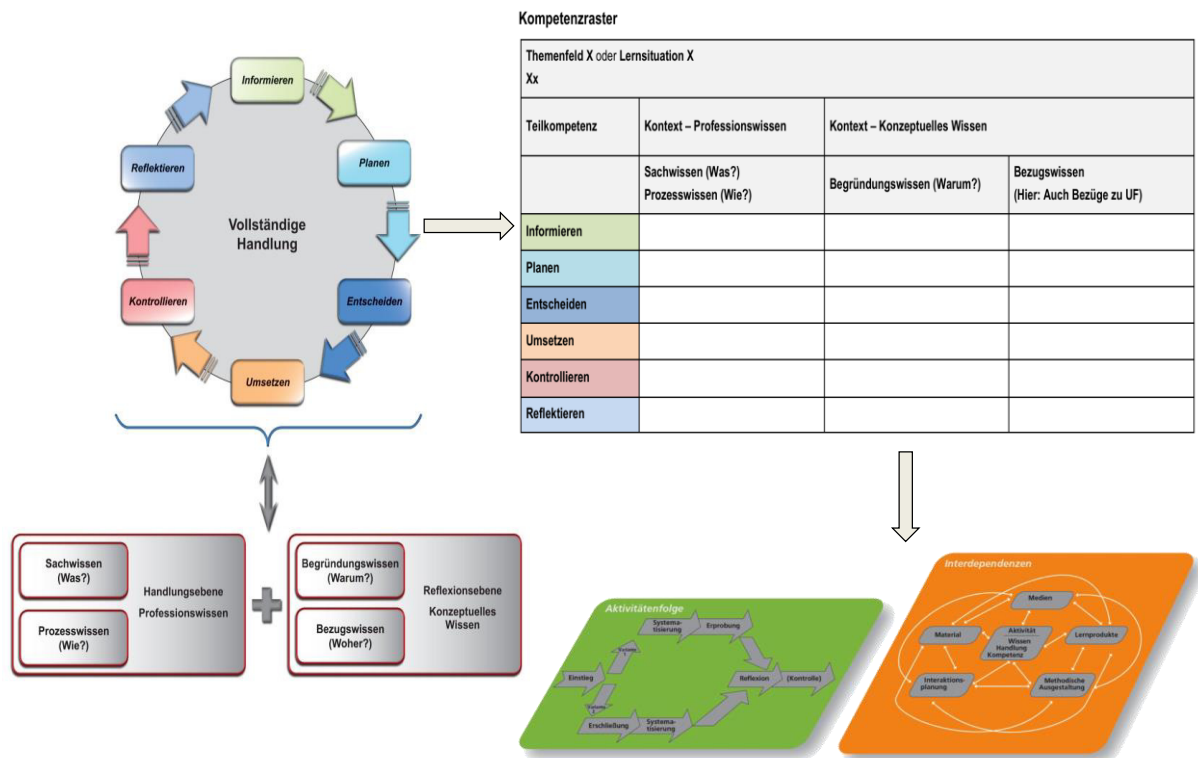


Abbildung 59: Verflechtung der Konstruktionselemente innerhalb des Kerncurriculums der Mittelstufenschule und innerhalb der Handreichung in Anlehnung an das curriculare Lernfabrikmodell

Abbildung 59 zeigt zudem, dass die Verknüpfung von Wissensaspekten und Performanzen zur Formulierung von fachlich-methodischen Kompetenzen, wie dies im curricularen Modell zur Entwicklung von Lernfabriken Standard ist, ebenfalls als zentrales Element in die Formulierung des Kerncurriculums aufgenommen wurde. Das gesamte so entstandene Kerncurriculum ist unter der Adresse: <http://mittelstufenschule.bildung.hessen.de/berufsbezogen/index.html> im Internet zugänglich (letzter Aufruf 14.03.2015). Die Konkretisierung, als Hilfe für die einzelnen Lehrerteams an den Mittelstufenschulen zur Umsetzung der Meso- (Umsetzungsebene in der Schule auf Teamebene, z.B. Team aller in einer Klasse unterrichtenden Lehrer) und Mikro-Planungsebene (Umsetzungsebene des einzelnen Lehrers für seine konkreten Unterrichtsstunden) in den Schulen des entsprechenden Kerncurriculums ist in Form von Handreichungen der Lehrplanuntergruppen gestaltet worden. Betrachtet man diese Handreichungen (auffindbar unter: <http://berufliche.bildung.hessen.de/p-lehrplaene/mss/index.html> (letzter Aufruf 14.03.2015)), so wird deutlich, dass die fachlich-methodischen Kompetenzraster auch hier der Ausgangspunkt für die weitere Sequenzierung des Unterrichts in Form der Aktivitätenausgestaltung mit den entsprechenden Verflechtungen bilden (s. Abbildung 59), so wie dies im Entwicklungsprozess für Lernmodule/ Workshops in Lernfabriken nach dem curricularen Modell handlungsleitend ist.

### Entwicklung des Kerncurriculums der Gymnasialen Oberstufe Berufliches Gymnasium Schwerpunkt Technische Informatik (KC GOS BG TI)

Als zweiter Wissenstransfer in den Bereich des Hessischen Kultusministeriums läuft seit August 2014 die Entwicklung des Kerncurriculums der Gymnasialen Oberstufe Berufliches Gymnasium für den Schwerpunkt Technische Informatik. Ausgangspunkt war dabei eine Begleitfortbildung mit hessischen Berufsschulen, die die Zielsetzung hatte, einen Lehrplan für den neuen Schwerpunkt Technische Informatik zu entwickeln (s. Abbildung 60). Diese Idee wurde vom hessischen Kultusministerium aufge-

griffen und durch Unterstützung aus dem „Idefix“-Projekt in die Entwicklung eines Kerncurriculums überführt, welches sich noch stärker als das Kerncurriculum für Mittelstufenschulen an dem curricula- ren Modell für Lernfabriken aus dem „Idefix“-Projekt orientiert.



<b>Konzeption</b> Okt. 2013 - Juli. 2014	<b>Erstellung</b> Aug. 2014 - Aug. 2015	<b>Beteiligungsverf.</b> Aug. 2015 - Feb. 2016	<b>Schulversuch</b> Aug. 2015 –Jul. 2019
Begleitfortbildung zur Entwicklung eines neuen Lehrplans Technische Informatik	Erstellung des KC Technische Informatik	Beteiligungsverfahren und Fertigstellung der Erprobungsfassung	Vorbereitende Planungen der 6 beteiligten Schulen (Schuljahr 2015/ 2016)
Bereitschaft des HKM + IQ zur Implementierung curricularer Elemente aus Idefix ins KC-GOS-BG	Erstellung einer Handreichung für die Kurse der E-Phase und die 3 abiturwirksamen LK	Herstellung, Druck und Veröffentlichung	01.08.2015 Inkraftsetzung
Personalgewinnung für Lehrplankommission (3 Personen)	Vorstellung des Konzepts im HKM vor Entscheidungsträgern => Ziel: Übertragung des Ansatz auf alle Domänen des BG		Möglichkeit zur Entwicklung für Lehrerfortbildung an den 6 Modellschulen

Abbildung 60: Entwicklungsphasen der Entstehung des Kerncurriculums GOS BG TI im Bereich des Hessischen Kultusministeriums

Zur Formulierung der intendierten Kompetenzen der 15 Kurse der Einführungs- (Klassenstufe 11) und Qualifizierungsphase (Klassenstufe 12 und 13) wurden zunächst die Zielgruppe und das generelle Nutzungsziel aus der Analyse von Modulhandbüchern ausgewählter Universitäten und Hochschulen analysiert. Zur Formulierung der intendierten Kompetenzen wurde ein Instrument entwickelt und eingesetzt, das deckungsgleich zum Instrument aus dem „Idefix“-Projekt war (s. Abbildung 61).

Kurs E1 TEWI: Programmieren I				
<b>Inhaltsfelder:</b> - Information und Daten - Algorithmen - Formale Sprachen		<b>Schwerpunktprozesse:</b> - Kommunizieren und Kooperieren - Erfassen, Analysieren und Interpretieren - Modellieren und Darstellen - Entwickeln, Konstruieren und Implementieren		
		<b>Anforderungsbereiche:</b> <b>I-III</b>		
Die Schülerinnen und Schüler analysieren informationstechnische Problemstellungen, entwickeln Algorithmen und implementieren diese mit Hilfe einer höheren Programmiersprache.				
Modul	Wissen			Handlungen
	Professionswissen	Konzeptuelles Wissen		
	Sachwissen (Was)	Prozesswissen (Wie, Wann)	Begründungs- und Bezugswissen (Warum)	
<b>M1</b> (Pflicht, 16 Std.)	<b>Basiskonzepte</b> Problemanalyse, Algorithmus, Programm, Software <u>Programmiersprachen:</u> Maschinensprachen, Assembler-Sprachen, Höhere Programmiersprachen	Auswahl einer geeigneten Programmiersprache abhängig von den gewünschten Programmeigenschaften	Eigenschaften der unterschiedlichen Programmiersprachen: Laufzeit, Speicherbedarf, Programmieraufwand, Plattformunabhängigkeit	Die SuS wählen unter Berücksichtigung von Hard- und Softwareplattformen die einzusetzenden Werkzeuge und Programmiersprachen aus und implementieren Operationen

Abbildung 61: Auszug aus der Kursbeschreibung Programmieren I der Einführungsphase Klassenstufe 11 im 1. Halbjahr in Anlehnung an die Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix aus dem curricularen Modell des „Idefix“-Projekts

Mit Hilfe dieses Curriculums, das alle 15 Kurse kompetenzorientiert beschreibt, werden zurzeit die Bildungsstandards nach der Inhalts- und Prozessdimension entwickelt. Im didaktischen Vorwort des Kerncurriculums sowie in jedem der 15 Kurse erhalten die sechs beteiligten Modellschulen konkrete Umsetzungshinweise zur Entwicklung des Unterrichts entlang der Lernmodul-Planungsebene und der Explikationsebene aus dem curricularen Modell für Lernfabriken. Dieser Entwicklungsprozess wird im Sommer 2015 abgeschlossen und dann in einem Schulversuch mit sechs Modellschulen vier Jahre lang erprobt. Bei der Evaluation ist angedacht, sich an den fünf Kriterien aus dem Teilprojekt 5 zu orientieren.

## TP 7.1 Entwicklung eines Lernmoduls zur effizienten Gestaltung von Lernfabriken

### Ziele des Teilprojekts:

- Identifikation von Anforderungen an das Lernmodul
- Ausarbeitung des Lernmoduls vor dem Hintergrund der Erkenntnisse über den Aufbau effizienter Lernfabriken
- Spiegelung des Lernmoduls mit den Innovationsmentoren an den industriellen Praxiserfordernissen

Die technikdidaktische Beratung eines Partnerindustriunternehmens des „Idefix“-Projekts lieferte für die Entwicklung eines Lernmoduls zur effizienten Gestaltung von Lernfabriken die konzeptionellen Grundlagen. Dabei wurde zentral das Schulungskonzept und die Schulungsmaterialien zweier externer Softwaredienstleistungsberater des industriellen Partners unter technikdidaktischen Aspekten analysiert und auf der Basis der Analyse das Schulungskonzept optimiert. Gleichzeitig wurden Aspekte des Change-Managements in die Fortbildung eingebunden. Zusätzlich wurde eine mehrperspektivische Reflexion im Rahmen einer Masterthesis konzipiert, durchgeführt und ausgewertet. Diese Rückmeldung diente in „Idefix“ als Basis für die Validierung innerhalb des Teilprojekts 7.2. Das Evaluationsergebnis (siehe Verbreitung der Ergebnisse) bestätigte ebenfalls die Konzeption der Train-the-Trainer-Fortbildung, deren einzelne Bausteine (s. Abbildung 62) auch die Grundlage für die Entwicklung einer Train-the-Trainer-Konzeption im Rahmen der Lernfabrik CiP der TU Darmstadt bildeten. Dabei wurden als Teilnehmer Mitarbeiter der CiP und weitere Trainer anderer Maschinenbauinstitute der TU Darmstadt adressiert. Als zentrales Ziel wurde formuliert, dass die Teilnehmer Fertigkeiten und Fähigkeiten entwickeln sollen, um selbständig Workshops für Lernfabriken zu konzeptionieren sowie in Lernfabriken bestehende Workshops zu optimieren.

Nr.	Train-the Trainer-Bausteine	Zeitpunkt/ -raum	Intention
1.	Auftaktworkshop	1 Tag	Konzept Vorgehensweise
2.	Konzeptworkshop	1-3 Tage	Arbeit mit den Trainern an deren Konzepten, Analyse bestehender Konzepte oder Neuaufbau
3.	Testworkshop der Trainer	2 Tage	Gegenseitiger Test der Schulung
4.	Lessons Learnt	1 Tag	Erste Einschätzung der Wirksamkeit
5.	Coaching Workshop I	1 Tag	Umgang mit Widerständen, Ausgestaltung der Trainerrolle
6.	Konzeptionelle Feinkorrektur	1 Tag	Abschlussoptimierung des Trainingsdurchlaufs als Feinabstimmung vor der Benutzerschulung
7.	Schulung	2 Tage	Zielzeitraum als Ausgangspunkt für die Rückwärtsplanung
8.	Lessons Learnt II	1 Tag	Beurteilung der Wirksamkeit anhand von Evaluation

Abbildung 62: Übersicht möglicher Train-the-Trainer-Bausteine auf der Basis der Evaluationsergebnisse nach der pädagogischen Beratung eines Industrieunternehmens

Die Bezeichnung Trainer wird hier für Personen verwendet, die Workshops/ Lernmodule als Dozenten durchführen und diese Durchführung eigenständig vorbereiten, was insbesondere die Gestaltung der Materialien und Medien sowie die generelle Administration des Workshops betrifft. Damit ist diese Personengruppe so zu befähigen, dass sie eigenständig bestehende Workshops überarbeiten bzw. auch neue entwickeln kann.

Der Train-the-Trainer-Workshop ist konsequent entlang der drei Ebenen des überarbeiteten curricularen Modells (siehe Teilprojekte 6.2 und 6.3 oben) entwickelt worden, wobei darauf geachtet wurde, die Grundidee einer „doppelten Vermittlungspraxis“, wie sie im Folgenden erläutert wird, umzusetzen:

- Der Train-the-Trainer-Workshop ist methodisch so aufgebaut, dass er mit dem darin zu vermittelnden Methodenkonzept hochgradig korrespondiert. Er selbst repräsentiert dabei komplett die vermittelten Inhalte.
- Durch Aufzeigen der Parallelen zwischen theoretischem Inhalt und erlebter Praxis wird der Workshop zum Lerngegenstand der Trainer.
- Die Planung nach dem vorgestellten Ablaufschema wird offengelegt und dient als exemplarische Vorlage (Material) für die Trainer.
- Die Teilnehmer arbeiten innerhalb des Train-the-Trainer-Workshops an ihren eigenen Workshops, sodass die Lernprodukte einen persönlichen Bezug haben und direkt verwendet werden können.
- Die methodische Ausgestaltung beinhaltet exemplarisch Umsetzungsbeispiele, wobei auf Visualisierung und Reflexion ein besonderer Schwerpunkt gelegt wird.

Der begrenzte zeitliche Rahmen von zwei Tagen führte dazu, dass aus den vorliegenden Erfahrungen des pädagogischen Beratungsprozesses und den damit verbundenen acht Teilbausteinen eine begründete Auswahl getroffen werden musste. Um den curricularen Ansatz nachvollziehen zu können, bedarf es einer Auseinandersetzung mit diesem Ansatz auf der Meta-Ebene der Lernfabrik. Die Auseinandersetzung mit dem curricularen Modell ist für die Formulierung der intendierten Kompetenzen mit Hilfe der Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix von entscheidender Bedeutung. Somit widmet sich der erste Workshoptag im Rahmen der konzeptionellen Vorgehensweise der Auseinandersetzung mit dem curricularen Grundkonzept sowie dem technik-didaktischen Kompetenzmodell und der daraus generierbaren Formulierung der intendierten Kompetenzen. Die Schwerpunktsetzung innerhalb der beiden Workshoptage des Train-the-Trainer-Workshops unterteilt in vier Halbtage zu jeweils vierstündigen Blöcken:

- Auseinandersetzung mit dem curricularen Grundkonzept sowie dem technikdidaktischen Kompetenzmodell. Ziel: Beschreibung der Elemente „Betreiber“, „Zielbranche“, „Zielgruppe“ und „Nutzungsziel“.
- Beispielhafte Formulierung der intendierten Kompetenzen mithilfe der Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix.
- Aufzeigen der Verflechtungen innerhalb der 2. didaktischen Transformation. Ziel: Festlegung einer zeitlichen Workshopstruktur und Formulierung beispielhafter Informationsfolien und Aufgabensettings.
- Auseinandersetzung mit möglichen Widerständen mittels Coachingelementen und Entwicklung einer geeigneten Evaluation.

## **TP 7.2 Validierung der Ergebnisse durch einen Workshop mit Führungskräften**

Zur Validierung des Train-the-Trainer-Workshops wurde der oben erwähnte Fragebogen (siehe auch TP 6.1) auf die im Workshop eingesetzten Instrumente, Methoden und Medien angepasst.

Die Evaluationsfragen sowie die Zusammenfassung der abgegebenen Meinungsbildung als Durchschnitt in Schulnoten zeigt die tabellarische Zusammenstellung des Fragebogens in Tabelle 9. Zu jeder dieser gebundenen Fragen hatten die Workshopteilnehmer die Möglichkeit, freie Antworten als Kommentierung ihrer jeweiligen Einschätzung abzugeben. Diese Möglichkeit wurde jedoch nur sehr geringfügig genutzt. Zusätzlich wurde der zweitägige Workshop mit dem in TP 6.1 entwickelten Instrument beobachtet und die schriftlichen Beobachtungsnotizen in einem anschließenden Auswertungsgespräch mit den beiden Trainern interpretiert.

Die Auswertung ergab die folgende Interpretation: Aus den Teilfragen 1 und 3 ist deutlich zu erkennen, dass die Arbeit mit der Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix als nützliches Instrument eingestuft wurde, dass bei der Planung bzw. Überarbeitung der Workshops weiterhin genutzt werden wird und somit eine gelungene Hilfe für die Umsetzung der ersten didaktischen Transformation bildet. Demgegenüber wird die Weiterführung der Excel-Tabelle als Unterstützungsinstrument bei der Ausführung der zweiten didaktischen Transformation so nicht wahrgenommen (siehe Teilfragen 2 sowie 4 bis 6). Dies zeigt auch die Auswertung der schriftlichen Aufzeichnungen der beiden Beobachter. Hier lässt sich kritisch hinterfragen, ob es durch den zweiten Workshoptag sowie auch generell durch das curriculare Modell gelingt, die Begrifflichkeiten und Verflechtungen innerhalb der zweiten didaktischen Transformation schlüssig zu definieren und in nachvollziehbare Zusammenhänge zu setzen. Dies wird auch durch die gegebenen Antworten in dem Fragekomplex der Teilfragen 7, 8, 11 und 12 verstärkt. So sind sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sicher, entlang des curricularen Modells planen zu können, distanzieren sich jedoch deutlich von dem Hilfsinstrument für die zweite didaktische Transformation. Gleichzeitig werden die nach dem Workshop zur Verfügung gestellten Foliensätze als sinnvolles Unterstützungsinstrument eingestuft (Teilfrage 13), wie auch das gesamte Workshoparrangement und die im Workshop eingesetzten Methoden, Sozialformen und Medien positiv bewertet werden (Teilfragen 16 bis 21). Insgesamt wird der Train-the-Trainer-Workshop sowie die Art und Weise, mit der die Dozenten innerhalb des Workshops agieren und die inhaltliche Dichte im Workshop positiv beurteilt (siehe Teilfragen 22 bis 32).

Tabelle 9: Fragebogen zur Evaluation des „Train-the-Trainer-Workshops“

	Stimme völlig zu (1)	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme gar nicht zu (4)	Ø
1) Meiner Meinung nach ist die Anwendung der Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix für mich und das CiP-Team/ $\eta$ -Lernfabrik-Team nützlich bei der Entwicklung bzw. Überarbeitung von Lernfabrik-Workshops (Lernmodulen).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,38
2) Meiner Meinung nach ist die Erweiterung der Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix um die Elemente der 2. didaktischen Transformation (Exceltablelle) für mich und das CiP-Team/ $\eta$ -Lernfabrik-Team nützlich bei der Entwicklung bzw. Überarbeitung von Lernfabrik-Workshops (Lernmodulen).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,71
3) Ich werde die Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix beim Erstellen/ Überarbeiten meiner Workshops nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,88
4) Ich werde das komplette Planungstool (Exceltablelle der 1. und 2. didaktischen Transformation) für das Erstellen/ Überarbeiten meiner Workshops nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,00
5) Die Arbeit mit den Planungstools (Exceltablelle der 1. und 2. didaktischen Transformation) für das Erstellen/ Überarbeiten meiner Workshops kommt meiner Arbeitsweise entgegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,00
6) Hätte ich eine größere zeitliche Ressource für die Gestaltung der eigenen Workshops, würde ich mit den Planungstools auf alle Fälle arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,63
7) Kommende zeitliche Mehrbelastungen bei der didaktischen Konzeption (Einsatz des Planungstools entlang des curricularen Modells) übersteigen den Nutzen bei der didaktischen Workshopplanung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,71
8) Die Arbeit mit den Planungstools (Exceltablelle der 1. und 2. didaktischen Transformation) führt zu unangenehmen Veränderungen und übersteigt den Nutzen dieser Tools.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,14
9) Das Arbeiten mit dem kompletten Planungstool entlang des curricularen Modells macht mir bereits Freude.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,43
10) Der „Train-the-Trainer-Workshop“ hat hohe Erwartungen an mich geweckt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,00
11) Ich habe das curriculare Modell und die darin enthaltenen didaktischen Verknüpfungen verstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,00
12) Ich wäre in der Lage, das curriculare Modell und die damit korrespondierenden Planungstools in meinem „Workshop-Planungsalltag“ anzuwenden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,00
13) Ich fühle mich in der Lage, die Planungstools mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Foliensätze zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,43
14) Die angewandten Methoden und Hilfsmittel (Foliensätze) des „Train-the-Trainer-Workshops“ wurden von mir leicht verstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,00
15) Die Umsetzung des „Train-the-Trainer-Workshops“ war insgesamt motivierend für mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,14

16) Die folgenden Aktivitäten, Methoden und Hilfsmittel der Schulung waren hilfreich:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,28
17) ... der Wechsel zwischen Erschließungs-/ Erprobungsaktivitäten, Systematisierung und Reflexion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,86
18) ... die Foliensätze als Handout für die Weiterarbeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,71
29) ... die Arbeit in unterschiedlichen Sozialformen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,86
20) ... die Arbeit mit verschiedenen Materialien zur Erstellung der Handlungsprodukte (Metaplankarten, Flip-Chart).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,00
21) ... die ausführlichen Diskussionen in den Systematisierungs- und Reflexionsphasen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,71
22) Die Dozenten konnten die Inhalte gut an die Teilnehmer vermitteln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,86
23) Die Dozenten sind souverän mit technischen Problemen/ Störungen während des zweitägigen Workshops umgegangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,86
24) Die Dozenten sind souverän mit allen persönlichen Anliegen umgegangen, die im Ablauf der Schulung auftauchten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,71
25) Der Workshop wurde von persönlichen Konflikten belastet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,5
26) Die Dozenten sind souverän mit fachlichen Fragen während des Workshops umgegangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,00
27) Die Dozenten fingen die Erfahrungsunterschiede der Teilnehmer durch persönliche Zuwendung auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,71
28) Die Dozenten strahlten Kompetenz aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,57
29) Das Tempo in der Abfolge der einzelnen Themen war zu hoch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,14
30) Das Tempo im Vorzeigen der einzelnen Inhalte war zu hoch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,14
31) Die Phasen für die eigene Auseinandersetzung mit den Inhalten waren zu kurz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,00
32) Insgesamt fühle ich mich in der Handhabung mit dem curricularen Modell gut geschult.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,00

Gesamtnote als Schulnote für den „Train-the-Trainer-Workshop“: Ø: 1,97
--

---

### III Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1: Entwicklungsphasen von Lernfabriken im Wissens- und Technologietransferprozess.....	4
Abbildung 2: Zusammensetzung des Projektteams.....	5
Abbildung 3: Identifizierte Megatrends in der Literatur .....	9
Abbildung 4: Erweiterte Zielgrößen der Produktionstechnik.....	10
Abbildung 5: Zuordnung der Forschungsthemen zu den Kategorien mit beispielhafter Angabe relevanter Lernfabrikthemen.....	11
Abbildung 6: Zielgruppen aus der Industrie und Studierende .....	13
Abbildung 7: Domänenstrukturen für Lernfabriken im Sinne des Projekts.....	17
Abbildung 8: Lernfabrik Typologie (beispielhaft ausgefüllt).....	18
Abbildung 9: Verteilung der Workshopteilnehmer über die Hierarchieebenen in der Prozesslernfabrik CiP seit 2008.....	19
Abbildung 10: Lernfabriken entlang der Wertschöpfungskette .....	20
Abbildung 11: Aktuelle Schwerpunkte und Lehr-/Lerninhalte von Lernfabriken .....	20
Abbildung 12: Übersicht über den Einfluss der Gestaltungsparameter in Bezug auf lernumgebungsrelevante finanzielle, technische und organisatorische Aspekte .....	21
Abbildung 13: Bewertung der technischen Aspekte der Lernumgebungen.....	22
Abbildung 14: Definition der Charakterisierungskriterien für die Morphologie der Lehrmethoden .....	23
Abbildung 15: Bewertungsmorphologie am Beispiel Lerninsel .....	24
Abbildung 16: Curriculares Modell zur systematischen Gestaltung von Lernfabriken .....	25
Abbildung 17: Spezifiziertes Kompetenzmodell in Anlehnung an Erpenbeck & Rosenstiel.....	33
Abbildung 18: Matrixstruktur fachlich-methodischer Kompetenzen .....	34
Abbildung 19: Bildschirmfoto des mit Lime Survey erstellten Online-Tools.....	35
Abbildung 20: Verteilung der Teilnehmer aus der Industrie nach Branchen .....	36
Abbildung 21: Relevante Themen für die zukünftige Entwicklung von Unternehmen (aus Unternehmenssicht) .....	37
Abbildung 22: Curricularer Rahmen zur systematischen Gestaltung von Lernfabriken .....	42
Abbildung 23: Konstruktionsschritte der 1. didaktischen Transformation.....	44
Abbildung 24: Konstruktionsschritte innerhalb der 2. didaktischen Transformation.....	45
Abbildung 25: Ist-Analyse des intuitiv gestalteten Workshops <i>Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme</i> .....	48
Abbildung 26: Soll-Konzept FMS .....	49
Abbildung 27: 2. didaktische Transformation der Schulung <i>Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme</i> .....	50
Abbildung 28: Geplantes Untersuchungsdesign zur Validierung der Entwicklungssystematik beim FMS Workshop.....	50
Abbildung 29: Beispielhafter Auszug aus der Ist-Analyse des Lernmoduls Qualitätstechniken .....	52

Abbildung 30: Beispielhafte 2. didaktische Transformation der Lernmodul Qualitätstechniken .....	53
Abbildung 31: Erste didaktische Transformation zum Problemlösen im Werkzeugmanagement .....	54
Abbildung 32: Gliederung der 1. Teilkompetenz in zwei Sequenzen und Darstellung der Aktivitätenreihenfolge beider Sequenzen .....	55
Abbildung 33: Adressierung der Anforderungen durch Schraubstation-Demonstrator .....	56
Abbildung 34: Vergleich Montageablauf Flexibilisierungslösung 1 und 2 .....	57
Abbildung 35: Fertigungszellen im computerbasierten Planspiel .....	59
Abbildung 36: Gesamtüberblick über Werkzeugvorbereitung .....	60
Abbildung 37: Graphische Bedienoberfläche des Planspiels zur Auswahl verschiedener Handlungsalternativen (Auszug) .....	60
Abbildung 38: Gestufter Wissenstest im Lernmodul <i>Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme</i> .....	62
Abbildung 39: Handlungsaufgabe im Lernmodul <i>Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme</i> .....	62
Abbildung 40: Beobachtungsboden zur Handlungsaufgabe im Lernmodul <i>Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme</i> .....	63
Abbildung 41: Instrument der begleitenden Beobachtung .....	63
Abbildung 42: Entwicklungs- und Gestaltungsplan für das Lernmodul <i>Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme</i> .....	66
Abbildung 43: Vorgehen zur Messung des Lernerfolgs .....	68
Abbildung 44: Gestaltung einer Handlungsaufgabe für das Lernmodul <i>Flexible Mitarbeiterereinsatzsysteme</i> .....	69
Abbildung 45: Untersuchungsdesign des Referenzlernmoduls "Werkzeugmanagement" .....	70
Abbildung 46: Agenden des Lernmoduls <i>Qualitätstechniken</i> vor (oben) und nach (unten) der Überarbeitung .....	72
Abbildung 47: Inhaltlicher Vergleich zwischen Ist-Analyse und Soll-Konzept .....	72
Abbildung 48: Schritte des Problemlöseprozesses, die durch Praxisübungen adressiert werden: vor (links) und nach der Überarbeitung (rechts) .....	73
Abbildung 49: Ergebnisse der Auswertung des Lernerfolgs für das Schulungsmodul FMS .....	76
Abbildung 50: Direkte monetäre Effekte und die Investitionsrechnung .....	82
Abbildung 51: Umfang der Leistung im Zusammenhang mit der Entwicklung und dem Vertrieb von Lernfabriken .....	85
Abbildung 52: Beispielhafte Wertschöpfungsarchitektur für die Gestaltung und den Aufbau individueller Lernfabriken .....	86
Abbildung 53: Angebot von Lernfabrikangeboten für die Industrie .....	87
Abbildung 54: Gegenüberstellung des bisherigen curricularen Modells und der Metaebene des weiterentwickelten curricularen Modells .....	90
Abbildung 55: Workshop-Planungsebene des weiterentwickelten curricularen Modells .....	92
Abbildung 56: Explikation der Ausgestaltung der Aktivitätenfolge des weiterentwickelten curricularen Modells .....	95

Abbildung 57: Explikation der Ausgestaltung der Aktivitäten des weiterentwickelten curricularen Modells .....	95
Abbildung 58: Entwicklungsphasen der Entstehung des Kerncurriculums Mittelstufenschule im Bereich des Hessischen Kultusministeriums.....	96
Abbildung 59: Verflechtung der Konstruktionselemente innerhalb des Kerncurriculums der Mittelstufenschule und innerhalb der Handreichung in Anlehnung an das curriculare Lernfabrikmodell .....	97
Abbildung 60: Entwicklungsphasen der Entstehung des Kerncurriculums GOS BG TI im Bereich des Hessischen Kultusministeriums .....	98
Abbildung 61: Auszug aus der Kursbeschreibung Programmieren I der Einführungsphase Klassenstufe 11 im 1. Halbjahr in Anlehnung an die Wissens-Handlungs-Kompetenzmatrix aus dem curricularen Modell des „Idefix“-Projekts .....	99
Abbildung 62: Übersicht möglicher Train-the-Trainer-Bausteine auf der Basis der Evaluationsergebnisse nach der pädagogischen Beratung eines Industrieunternehmens.....	100

---

## IV Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1: Module des Planspiels sowie ihre jeweilige Funktion.....	58
Tabelle 2: Wichtigste Änderungen im Lernmodul <i>Flexible Mitarbeitereinsatzsysteme</i> in der Gegenüberstellung .....	67
Tabelle 3: Wichtigste Änderungen zu Qualitätstechniken in der Gegenüberstellung.....	74
Tabelle 4: Checkliste einmaliger und laufender direkter Kosten von Lernfabriken.....	83
Tabelle 5: Checkliste für direkt monetären Nutzen von Lernfabriken – einmalig und laufend .....	83
Tabelle 6: Nicht direkt-monetäre Nutzeneffekte von Lernfabriken .....	84
Tabelle 7: Grundstruktur der Kompetenz-Handlungs-Wissensmatrix.....	93
Tabelle 8: Unterscheidung der Lernaktivitäten.....	94
Tabelle 9: Fragebogen zur Evaluation des „Train-the-Trainer-Workshops“ .....	103

---

## V Literaturverzeichnis

---

- Abel, Markus; Czajkowski, Stefan; Faatz, Laura; Metternich, Joachim; Tenberg, Ralf (2013): Kompetenzorientiertes Curriculum für Lernfabriken. Ein didaktisch hinterlegtes Konzept für Lernfabriken. In: *wt-online* 103 (3), S. 240–245.
- Abele, Eberhard; Brungs, Felix; Eichhorn, Niels (2007): Mitarbeiterqualifikation in einer realen Produktionsumgebung – Langfristige Prozessverbesserungen durch praxisnahe Lernformen. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)* 102 (1-2).
- Abele, Eberhard (2010): Herausforderungen für die Produktion(sforschung) 2020. In: *Vortrag zu Produktionsforschung 2020 am 10. März 2010 in Karlsruhe*.
- Abele, Eberhard; Kluge, Jürgen; Näher, Ulrich (Hg.) (2006): *Handbuch globale Produktion*. München: Hanser.
- Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; Tisch, Michael; Chryssolouris, George; Sihn, Wilfried; ElMaraghy, Hoda et al. (2015): Learning Factories for research, education, and training. Key note paper of the 5th International Conference on Learning Factories. In: *Proceedings 5th International Conference on Learning Factories. Procedia CIRP* 32, S. 1–6.
- Abele, Eberhard; Reinhart, Gunther (2011): *Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen*. München: Hanser.
- Arndt, Holger (2008): *Einfluss der Megatrends auf die Logistik*. Wiesbaden: Gabler.
- Bader, Reinhard (2004): Handlungsorientierung als didaktisch-methodisches Konzept der Berufsbildung. In: Reinhard Bader und Martina Müller (Hg.): *Unterrichtsgestaltung nach dem Lernfeldkonzept. Dokumentation zum BLK-Modellversuchsverbund SELUBA "Steigerung der Effizienz neuer Lernkonzepte und Unterrichtsmethoden in der dualen Berufsausbildung" der Länder Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt*. Bielefeld: Bertelsmann, S. 61–68.
- Barton, Harry; Delbridge, Rick (2004): HRM in support of the learning factory: evidence from the US and UK automotive components industries. In: *International Journal of Human Resource Management* 15 (2), S. 331–345.
- Baumgartner, Peter; Payr, Sabine (1997): Erfinden lernen. In: Müller, A., Müller, K. H., Stadler, F. (Hg.): *Konstruktivismus und Kognitionswissenschaft - Kulturelle Wurzeln und Ergebnisse*. Wien: Springer.
- Beauchamp, George A. (1972): Theoretische Dimensionen der Curriculumkonstruktion. In: Saul B. Robinsohn (Hg.): *Curriculumentwicklung in der Diskussion*. Stuttgart: Klett.
- Bereiter, Carl (2002): Design research for sustained innovation. In: *Cognitive Studies, Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*.
- Bergmann, Bärbel; Ulich, Eberhard (1999): Training für den Arbeitsprozess. Entwicklung und Evaluation aufgaben- und zielgruppenspezifischer Trainingsprogramme. In: *Mensch, Technik, Organisation: MTO*.
- Bieger, Thomas; Knyphausen-Aufseß, Dodo zu; Krys, Christian (2011): *Innovative Geschäftsmodelle*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Boekaerts, Monique (1997): Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students. In: *Learning and Instruction* 7 (2), S. 161–186.

- Bönsch, Manfred (2000): Variable Lernwege. Ein Lehrbuch der Unterrichtsmethoden. 3., erw. und aktualisierte Aufl. Paderborn: Schöningh (UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher Pädagogik, 1617).
- Bonz, Bernhard (1995): Lehrerinnen und Lehrer für berufliche Schulen. Die Entwicklung der Lehrerbildung in Südwestdeutschland nach 1945. Stuttgart: Holland + Josenhans.
- Bonz, Bernhard (Hg.) (2001): Didaktik der beruflichen Bildung. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren (Berufsbildung konkret, 2).
- Brügelmann, Hans (1981): Neue Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in NW? Gutachten zu den Möglichkeiten und Schwierigkeiten einer offenen Lehrplanung. Düsseldorf: Kultusministerium NW.
- Brunner, Franz J. (2008): Japanische Erfolgskonzepte. München: Hanser.
- Bullinger, Hans-Jörg; Spath, Dieter; Warnecke, Hans-Jürgen; Westkämper, Engelbert (2009): Handbuch Unternehmensorganisation. Strategien, Planung, Umsetzung. 3. Aufl. s.l.: Springer-Verlag (VDI-Buch).
- Colbe, Walther Busse; Laßmann, Gert (1990): Betriebswirtschaftstheorie. Investitionstheorie. Dritte, durchgesehene Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Collins, Allan; Brown, John Seely; Newman, Susan (1989): Cognitive apprenticeship. Teaching the craft of reading, writing and mathematics. In: Resnick L.B. (Hg.): Knowing, learning and instruction: Essays in honor of Robert Glaser. Hillsdale: Erlbaum, S. 453–494.
- Cooke, Philip; Morgan, Kevin (1998): The associational economy. Firms, regions, and innovation. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Corsten, Hans (1995): Produktionswirtschaft. Einführung in das industrielle Produktionsmanagement. 5. Aufl. München: Oldenbourg (Lehr- und Handbücher der Betriebswirtschaftslehre).
- Dehnbostel, Peter (1998): Lernorte, Lernprozesse und Lernkonzepte im lernenden Unternehmen aus berufspädagogischer Sicht. In: P. Dehnbostel, H.-H. Erbe und H. Novak (Hg.): Berufliche Bildung im lernenden Unternehmen. Zum Zusammenhang von betrieblicher Reorganisation, neuen Lernkonzepten und Persönlichkeitsentwicklung. Berlin: Edition Sigma.
- Dehnbostel, Peter (2007): Lernen im Prozess der Arbeit. Münster: Waxmann Verlag GmbH (Studienreihe Bildungs- und Wirtschaftsmanagement 7).
- Dubs, Rolf (2001): Curriculare Vorgaben und Lehr-Lernprozesse in beruflichen Schulen. In: Bernhard Bonz (Hg.): Didaktik der beruflichen Bildung. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren (Berufsbildung konkret, 2).
- Enke, Judith; Kraft, Katharina; Metternich, Joachim (2015): Competency-oriented design of learning modules. In: *Proceedings 5th Conference on Learning Factories. Procedia CIRP* 32, S. 7–12.
- Erpenbeck, John; Rosenstiel, Lutz von (2007): Handbuch Kompetenzmessung. Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. 2., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Gienke, Helmuth; Kämpf, Rainer; Aldinger, Lothar (2007): Handbuch Produktion. Innovatives Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling. München: Hanser.
- Götze, Uwe (2008): Investitionsrechnung. Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. 6., durchges. und aktualisierte Aufl. Berlin: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Graf, Hans Georg (2000): Globale Szenarien. Megatrends im weltweiten Kräftespiel. Zürich: NZZ-Verlag.

- Grömling, Michael (2009): Globale Megatrends und Perspektiven der deutschen Industrie. In: *IW-Analysen : Forschungsberichte aus dem Institut der Deutschen Wirtschaft Köln*.
- Heimann, Paul; Otto, Gunter; Schulz, Wolfgang (1972): Unterricht. Analyse und Planung. 6. Aufl. Hannover [u.a.]: Schroedel (Auswahl Reihe B, 1/2).
- Henisch, Hans (1982): Lehrpläne auf dem Prüfstand. Paderborn: Schöningh.
- Herrmann, Christoph (2010): Ganzheitliches Life Cycle Management. Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen. *VDI-Buch*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Heyse, Volker; Erpenbeck, John (2009): Kompetenztraining - Informations- und Trainingsprogramme. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Hönniger, Jochen A. (2010): Wertorientierte Steuerung dezentraler Entscheidungsträger im Produktlebenszyklus. Integration von wertorientierter Unternehmenssteuerung und strategischem Kosten- und Erlösmanagement auf Produktebene. In: *Controlling & business accounting*;
- Huisinga, Richard (2006): Didaktik beruflicher Bildung. Curriculumforschung. In: Felix Rauner (Hg.): *Handbuch Berufsbildungsforschung*. 2. aktualisierte Auflage. 1. Aufl. s.l: Bertelsmann W. Verlag.
- Jäger, Andreas; Mayrhofer, Walter; Kuhlang, Peter; Matyas, Kurt; Sihn, Wilfried (2013): Total Immersion: Hands and Heads-On Training in a Learning Factory for Comprehensive Industrial Engineering Education. In: *International Journal of Engineering Education* 29 (1), S. 23–32.
- Jovane, Francesco; Westkämper, Engelbert; Williams, David (2009): *The ManuFuture Road. Towards Competitive and Sustainable High-Adding-Value Manufacturing*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Jung, Eberhard (2010): *Kompetenzerwerb. Grundlagen, Didaktik, Überprüfbarkeit*. München: Oldenbourg.
- Kaiser, Arnim; Kaiser, Ruth (1991): *Studienbuch Pädagogik. Grund- und Prüfungswissen*. 5. Aufl. Frankfurt am Main: Cornelsen Scriptor-Verl.
- Kinkel, Steffen; Lay, Gunter (2004): Produktionsverlagerungen unter der Lupe. Entwicklungstrends bei Auslandsverlagerungen und Rückverlagerungen deutscher Firmen. In: *In: Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung; Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung / Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung* (34), S. 1–12.
- Kinkel, Steffen; Wengel, Jürgen (1998): Produktion zwischen Globalisierung und regionaler Vernetzung. Mit der richtigen Strategie zu Umsatz- und Beschäftigungswachstum. Karlsruhe: Fraunhofer-Inst. für Systemtechnik und Innovationsforschung ([ISI-A, 98-10]).
- Klafki, Wolfgang (2007): *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. 6. Aufl. Weinheim: Beltz & Gelberg (Beltz-Bibliothek).
- Kletti, Jürgen; Schumacher, Jochen (2011): *Die perfekte Produktion. Manufacturing Excellence durch Short Interval Technology (SIT)*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Krause, Ulrike-Marie (2007): *Feedback und kooperatives Lernen*. Münster: Waxmann (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, 60).
- Kreimeier, Dieter; Prinz, Christopher; Morlock, Friedrich (2013): Lernfabriken in Deutschland. Praktisches Lernen in einer Fertigungsumgebung zur Schulung von Ganzheitlichen Produktionssystemen. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)* 108 (10), S. 724–727.
- Krys, Christian (2011): *Ausblick: Megatrends und ihre Auswirkungen auf Geschäftsmodelle*. In: T. Bieger (Hg.): *Innovative Geschäftsmodelle*. Berlin: Springer.

- Kuhlmann, Annette M.; Sauter, Werner (2008): Innovative Lernsysteme. Kompetenzentwicklung mit Blended Learning und Social Software. Berlin u.a: Springer-Verl (X.media.press).
- Kuper, Harm; Glaab, Anna-Maria; Albrecht, Karoline; Böttcher, Lydia (2012): Arbeitsplatznahe Betriebliche Lernformen. Lernfabrik Neue Technologien Berlin. Kompendium. Berlin.
- Lang, Robert (2000): Technologiekombination durch Modularisierung. Univ, Aachen, St. Gallen.
- Lenske, Werner (2009): Umfang, Kosten und Trends der betrieblichen Weiterbildung. Ergebnisse der IW-Weiterbildungserhebung 2008. In: *Institut der Deutschen Wirtschaft <Köln>: IW-Trends : Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung aus dem Institut der Deutschen Wirtschaft Köln* 36 (1), S. 51–66.
- Lübke, Ekkehard (2007): Lebenszyklusorientiertes Produktstrukturmanagement. Eine theoretische und empirische Untersuchung. In: *TCW Wissenschaft und Praxis*.
- Madsack, Benjamin (2013): Ermittlung des wirtschaftlichen Nutzens von Lernfabriken. Konzeptualisierung einer monetären Nutzenmessung bei Lernfabrikteilnehmern aus der Industrie. Diplomarbeit. Darmstadt.
- Mausolf, Wolfgang; Pätzold, Günter (1982): Planung und Durchführung beruflichen Unterrichts. Eine praxisorientierte Handreichung. Essen: Girardet.
- Micheu, Hans-Jörg; Kleindienst, Mario (2014): Lernfabrik zur praxisorientierten Wissensvermittlung. Moderne Ausbildung im Bereich Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)* 109 (6), S. 403–407.
- Naisbitt, John (1986): Megatrends: 10 Perspektiven, d. unser Leben verändern werden. Hestia: Bayreuth.
- Oelkers, Eileen (2013): Betriebliches Bildungscontrolling. Gegenüberstellung einer Fallstudie mit dem Theorie- und Forschungsstand. Master Thesis. Darmstadt.
- Oelkers, Jürgen (1988): Unterrichtsvorbereitung als pädagogisches Problem. In: *Der evangelische Erzieher* 40 (6), S. S. 516-531.
- Pfeiffer, Joachim (2010): Zwei-Wege-Strategie für Europas Energiesicherheit.
- Reiner, Dirk (2009): Methode der kompetenzorientierten Transformation zum nachhaltig schlanken Produktionssystem. Aachen: Shaker (Schriftenreihe des PTW: "Innovation Fertigungstechnik").
- Renkl, Alexander (2008): Lehrbuch pädagogische Psychologie. 1. Aufl. Bern: Huber.
- Reuther, Ursula (2006): Der Programmbereich „Lernen im Prozess der Arbeit“. In: Gudrun Aulerich (Hg.): Kompetenzentwicklung 2006. Das Forschungs- und Entwicklungsprogramm "Lernkultur Kompetenzentwicklung" ; Ergebnisse, Erfahrungen, Einsichten. Münster [u.a.]: Waxmann (Kompetenzentwicklung, 2006).
- Rumpelt, Tina (2005): Formel Toyota. In: *Automobil Produktion* (6).
- Schelten, Andreas (2005): Grundlagen der Arbeitspädagogik. 4. Aufl. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Schöpf, Nicolas (2010): Vernetztes Denken und Berufsbildung. Zugl.: Erlangen, Nürnberg, Univ, Münster.
- Schüßler, Ingeborg (2004): Lernwirkungen neuer Lernformen. Hg. v. Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e.V. Berlin.
- Sihn, Wilfried (2011): Integrated, scalable Concept of a Learning Factory. In: *Presentation of the Faculty of Mechanical and Industrial Engineering, Vienna University of Technology*.

- Statistisches Bundesamt (2015): Produzierendes Gewerbe. Beschäftigung und Umsatz der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (Fachserie 4 Reihe 4.1.1).
- Steinfeldt, Michael (2008): Nano(bio)technologie im interdisziplinären Diskurs - Erkenntnisse aus der prospektiven Technikbewertung von Nanotechnologien und Ansätze zu deren Gestaltung.
- Tenberg, Ralf (2011): Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen in technischen Berufen. Theorie und Praxis der Technikdidaktik. Stuttgart: Steiner (Berufspädagogik).
- Tisch, Michael (2012): Innovationspotenzial von Lernfabriken. Diplomarbeit. Darmstadt.
- Tisch, Michael; Hertle, Christian; Abele, Eberhard; Metternich, Joachim (2014): Lernerfolgsmessung in Lernfabriken. Kompetenzorientierte Weiterentwicklung praxisnaher Schulungen. In: *Industrie Management* 30 (3), S. 580–585.
- Tisch, Michael; Hertle, Christian; Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; Tenberg, Ralf (2015a): Learning Factory Design: a competency-oriented approach integrating three design levels. In: *International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Taylor & Francis Group Ltd, UK*, S. 1–21.
- Tisch, Michael; Hertle, Christian; Cachay, Jan; Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; Tenberg, Ralf (2013): A systematic approach on developing action-oriented, competency-based Learning Factories. In: *Procedia CIRP* 7, S. 580-585.
- Tisch, Michael; Ranz, Fabian; Hummel, Vera; Abele, Eberhard; Metternich, Joachim (2015b): Learning Factory morphology – Study of Form and Structure of an Innovative Learning Approach in the Manufacturing Domain. In: *Procedia International Conference on New Horizon in Education. Turkish Online Journal of Educational Technology 08/2015, Special Issue 2: S. 356-363*.
- Tramm, Tade (1992): Grundzüge des Göttinger Projekts „Lernen, Denken, Handeln in komplexen ökonomischen Situationen - unter Nutzung neuer Technologien in der kaufmännischen Berufsbildung. In: Achtenhagen, F., John, E. G. (Hg.): *Mehrdimensionale Lehr-Lern-Arrangements. Innovationen in der kaufmännischen Aus- und Weiterbildung*. Wiesbaden: Gabler.
- Ulich, Eberhard (1991): *Arbeitspsychologie*. Zürich: Verl. der Fachvereine.
- Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation (1993): *Methodenlehre der Betriebsorganisation*. 1. Aufl. München: Hanser (Methodenlehre der Betriebsorganisation).
- Wagner, Ulf; AlGeddawy, Tarek; ElMaraghy, Hoda; Müller, Egon (2012): The State-of-the-Art and Prospects of Learning Factories. In: *Procedia CIRP 3. 45th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2012*, S. 109–114.
- Warnecke, Hans-Jürgen (1999): *Projekt Zukunft. Die Megatrends in Wissenschaft und Technik*. Köln: vgs.
- Wartenberg, Ludolf-Georg von; Haß, Hans-Joachim (2005): *Investition in die Zukunft: wie Deutschland den Anschluss an die globalisierte Welt findet*. Weinheim: WILEY-VCH.
- WGP (2015): *Produktion in Lehre, Forschung und Entwicklung*. Forschung. Wissenschaftliche gesellschaft für Produktionstechnik. Online verfügbar unter <http://www.wgp.de/forschung.html>.
- Wildemann, Horst (2004): *Die Zukunft des Wachstums. Methoden für Wachstum und Erfolg in Unternehmen*. München: TCW Transfer-Centrum (TCW-report, 52).
- Willemsen, Mathis (2013): *Berechnung des wirtschaftlichen Nutzens von Lernfabriken. Untersuchung und Bewertung diverser Methoden zur Ermittlung monetärer Nutzenäquivalente von Lernfabriken*. Bachelor Thesis.

- Zangemeister, Christof (1993): *Erweiterte Wirtschaftlichkeits-Analyse (EWA). Grundlagen und Leitfa-*  
*den für ein "3-Stufen-Verfahren" zur Arbeitssystembewertung.* Bremerhaven: Wirtschaftsverl.  
NW Verl. für Neue Wiss (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz Forschung, 676).
- Zeyer, Jürgen (2004): *Die Denk-Werkstatt.* In: *Caracho* 1 (1).
- Zumbach, Jörg (2003): *Problembasiertes Lernen.* 1. Aufl. Münster, Heidelberg: Waxmann (Internatio-  
nale Hochschulschriften, 424).