

Hans-Jörg Micheu

# **Entwicklung eines Lehrkonzepts zum praxisorientierten Unterricht im Bereich des industriellen Managements – Die Lernfabrik**

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Diplom-Ingenieurs

Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Ramsauer

Graz, 2014

„Sag es mir, und ich werde es vergessen.  
Zeige es mir, und ich werde mich daran erinnern.  
Beteilige mich, und ich werde es verstehen.“

*Lao Tse (ca. 604 – 531 v. Chr.)  
Chinesischer Philosoph*

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, am .....  
(date)

.....  
(Unterschrift / signature)

## Danksagung

Die vorliegende Diplomarbeit entstand am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung an der Technischen Universität Graz in Zusammenarbeit mit dem Institut für Fertigungstechnik. Die Arbeit wurde durch das Forschungsstipendium „Clever & Smart“ für Kooperationsprojekte der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften gefördert, wofür ich dem Dekanat der Fakultät meinen Dank aussprechen möchte.

Für das Zustandekommen dieser Diplomarbeit und das im Vorfeld geschenkte Vertrauen in meine Person möchte ich mich ganz besonders bei meinem wissenschaftlichen Betreuer, Herrn Dipl.-Ing. Mario Kleindienst, sowie beim Institutsvorstand, Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer, rechtherzlich bedanken. Diesen beiden Herrn sei auch für die stets freundliche und kompetente Betreuung und die vielen Hilfestellungen über den gesamten Zeitraum der Diplomarbeit gedankt.

Bei allen wissenschaftlichen und administrativen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung möchte ich mich für die schöne Zeit am Institut und die anregenden Gespräche bedanken.

Ein besonderer Dank gilt auch Herrn Dipl.-Ing. Markus Hammer, Senior Expert bei Mc Kinsey & Company, für sein außerordentliches Engagement. Durch sein Expertenwissen über Lernfabriken weltweit und seine langjährige Erfahrung im Aus- und Weiterbildungsbereich, waren seine Anregungen, Kritiken und Einblicke von unschätzbarem Wert.

Weiters möchte ich Frau Dipl.-Ing. Manuela Erika Redecker vom Institut für Fertigungstechnik und ihrem Diplomanden Bernhard Schmiedhofer für die gute Zusammenarbeit im Kooperationsprojekt und die Einblicke in ihre Forschungsarbeiten danken.

Ein herzliches Dankeschön ergeht an meine Familie, Freunde und Studienkollegen, die mich während meiner gesamten Studienzzeit und der Zeitdauer der Diplomarbeit immer unterstützt, motiviert und aufgebaut haben.

## Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit entstand am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung der Technischen Universität Graz im Zuge eines Kooperationsprojekts an der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften in Zusammenarbeit mit dem Institut für Fertigungstechnik.

Der Ruf nach einer praxisorientierten Aus- und Weiterbildung wird immer größer, um den zukünftigen Anforderungen der Arbeitswelt und vor allem auch den Erfordernissen in der Produktion gerecht zu werden. Unternehmen und Universitäten stehen daher vor der Herausforderung wirksame und nachhaltige Methoden zur Wissensvermittlung einzuführen. Als probates Mittel hat sich in den letzten Jahren, vor allem an Universitäten in Deutschland, die praxisorientierte Aus- und Weiterbildung in Lernfabriken etabliert.

Daher planen auch die Institute des Kooperationsprojekts die Umsetzung einer Lernfabrik in ihren institutseigenen Räumlichkeiten. Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die vor den Realisierungen notwendige Erstellung zweier Konzepte für diese beiden Lernfabriken. Die Konzepte beinhalten Informationen über den Verwendungszweck, die Zielgruppen, die Lehrinhalte, das herzustellende Produkt, den Produktionsprozess, die benötigte Ausstattung und das Equipment, die didaktische und methodische Vorgehensweise, sowie eine erste Abschätzung der Investitionssumme für die Realisierung der Lernfabriken. Desweiteren wird eine Empfehlung für eine eigene Lehrveranstaltung in der Lernfabrik des Instituts für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung im Bereich der Produktentwicklung abgegeben.

Die Basis für die Erstellung der Konzepte bildet eine umfangreiche, theoretische Betrachtung von Lernsituationen und Lehrinhalten. Die Ergebnisse einer der Konzepterstellung vorangestellten dreigeteilten Analyse erweitern diese Basis. Im ersten Analyseteil werden bereits bestehende Lernfabriken im europäischen Raum ausfindig gemacht und auf ihre Schwerpunktsetzung, Lehrinhalte, Betreiberstruktur, Ausstattung und Kennzahlen untersucht. Teil 2 der Analyse untersucht und überprüft sämtliche Lehrinhalte der Industriebetriebslehre und Innovationsforschung auf ihre Integrationsfähigkeit in einer Lernfabrik. Der abschließende dritte Analyseteil ermittelt den Weiterbildungsbedarf und das Weiterbildungsverhalten österreichischer Unternehmen anhand bestehender Statistiken.

## **Abstract**

The diploma thesis was developed as part of a cooperation project carried out by the Institute of Industrial Management and Innovation Research and the Institute of Production Engineering at Graz University of Technology.

The call for a practical approach to advanced education and training opportunities has increased in order to meet the business world's future expectations as well as live up to the latest production requirements. Therefore, companies and universities are confronted with the challenge of developing efficient and sustainable methods for an adequate knowledge transfer. According to German universities, one suitable method for effective knowledge transfer is practice-oriented education and advanced training in learning factories.

Thus, the institutes behind this cooperation project plan to establish two learning factories on their own premises. Consequently, the subject of this diploma thesis is to create two concepts dealing with the implementation of learning factories. The main components of these concepts are: the purpose, the target groups, the teaching contents, the product to be manufactured, the production process, the facilities and the equipment, the didactic and methodological procedures as well as an estimation with regard to the required investment. Moreover, a recommendation for a separate lecture concerning the learning factory on behalf of the Institute of Industrial Management and Innovation Research in the area of product development is issued.

The concepts are based on a considerable, theoretical observation of learning situations and teaching contents as well as the results of a threefold analysis. The first part of this analysis deals with already existing learning factories on European territory with focus on their priority setting, teaching contents, operational structure, equipment and key figures. The second part compares the teaching content of the industrial management and innovation research with its integration ability into a learning factory. The final part of the analysis determines both advanced training requirements as well as further training behaviour on the part of Austrian companies by means of statistics.

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Institutsvorstellung.....	1
1.2	Ausgangssituation und Problemstellung.....	2
1.3	Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	5
1.4	Aufbau und Gliederung der Arbeit.....	7
<b>2</b>	<b>Literatur zu den Lehr-/Lernprozessen.....</b>	<b>8</b>
2.1	Grundlagen der Didaktik und Methodik.....	8
2.2	Didaktische Modelle und Konzepte.....	9
2.3	Wissen und Kompetenzen.....	14
2.4	Handlungsorientiertes Lernen.....	20
2.5	Handlungsorientierte Methoden.....	23
2.5.1	Projektlernen.....	24
2.5.2	Simulation.....	25
2.5.3	Planspiel.....	25
2.5.4	Rollenspiel.....	26
2.5.5	Fallstudie.....	26
2.5.6	Leittextmethode.....	27
2.6	Potentiale von Lernfabriken.....	28
<b>3</b>	<b>Literatur zu den Lehr-/Lerninhalten.....</b>	<b>32</b>
3.1	Industrial Engineering.....	32
3.1.1	Ergonomie und Arbeitsplatzgestaltung.....	32
3.1.2	Arbeitsstudium und Zeitwirtschaft.....	36
3.1.3	Qualitätsmethoden und Visualisierung.....	44
3.1.4	Lean Production und Lean Management.....	48
3.1.5	Taktzeiten und Nivellierung der Produktion.....	56
3.2	Logistikmanagement.....	58
3.2.1	Material- und Informationsflüsse.....	58
3.2.2	Betriebsstätten- und Layoutplanung.....	61
3.2.3	Materialbereitstellung mittels Kanban-Steuerung.....	64
3.2.4	Bullwhip-Effekt in der Supply Chain.....	68

---

3.3	Ressourcenschonung und effizienter Energieeinsatz .....	69
3.3.1	Zahlen, Daten und Fakten zur Energiesituation .....	72
3.3.2	Energieeffizienzmaßnahmen und Energieeinsparpotentiale .....	76
3.3.3	Energiewertstrom-Methode .....	81
<b>4</b>	<b>Recherchen und Analysen .....</b>	<b>83</b>
4.1	Ausgewählte bestehende Lernfabriken.....	83
4.1.1	Ergebnisse der Analyse.....	87
4.2	Integrationsmöglichkeiten der IBL-Lehrinhalte.....	93
4.3	Weiterbildungsbedarf der Industrie .....	98
4.3.1	Statistiken zur betrieblichen Weiterbildung.....	98
4.3.2	Herausforderungen der zukünftigen Produktion und deren Auswirkung auf die Aus- und Weiterbildung.....	102
<b>5</b>	<b>Konzeptentwicklungen .....</b>	<b>106</b>
5.1	Konzept IBL-Lernfabrik .....	107
5.1.1	Aus- und Weiterbildungsschwerpunkte und -inhalte.....	108
5.1.2	Produkt für eine Serienproduktion in der Lernfabrik .....	110
5.1.3	Ausstattung und Equipment .....	122
5.1.4	Didaktisches Konzept und methodische Vorgehensweise .....	129
5.1.5	Einordnung der IBL-Lernfabrik in bestehende Morphologien .....	141
5.2	Empfehlung für eine eigene Lehrveranstaltung in der IBL-Lernfabrik.....	143
5.2.1	Produkt für eine Produktentwicklung in der Lernfabrik .....	143
5.2.2	Didaktisches Konzept und methodische Vorgehensweise .....	144
5.3	Grobkonzept IFT-Lernfabrik.....	145
5.3.1	Didaktik und Methodik in der IFT-Lernfabrik.....	149
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>151</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>154</b>
	<b>Internetquellenverzeichnis .....</b>	<b>160</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>163</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>165</b>
	<b>Formelverzeichnis .....</b>	<b>166</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>167</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>169</b>



# 1 Einleitung

Die hier vorliegende Diplomarbeit entstand am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung (IBL-Institut) an der Technischen Universität in Graz im Rahmen eines Kooperationsprojektes in Zusammenarbeit mit dem Institut für Fertigungstechnik (IFT-Institut), ebenfalls der Technischen Universität Graz zugehörig. Im Zuge dieser Arbeit werden aufbauend auf einer Analyse bereits bestehender Lernfabriken im europäischen Raum, jeweils ein Konzept für eine Lernfabrik am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung und am Institut für Fertigungstechnik erarbeitet.

Zu Beginn werden im ersten Kapitel die beiden Institute vorgestellt und die Ausgangssituation zusammen mit der bearbeiteten Problemstellung beschrieben. Im Anschluss daran erfolgt eine anschauliche Darstellung und Beschreibung der Aufgabenstellung und eine Formulierung der Zielsetzung. Abgeschlossen wird das erste Kapitel durch die Gliederung der Arbeit selbst mit einer Kurzbeschreibung der einzelnen Kapitel zur Übersicht.

## 1.1 Institutsvorstellung

Das Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung an der Technischen Universität in Graz weist zur Leistungserstellung drei Kernprozesse auf. Der erste Kernprozess umfasst die Lehre, in welcher ausgewählte Themenbereiche des Grazer Modells für Industrielles Management den Studenten und Studentinnen vermittelt werden. Im zweiten Kernprozess, der Forschung, wird neues Wissen generiert, das in der parallel ablaufenden Lehre an die Studierenden weitergegeben wird. Der dritte Prozess in der Leistungserstellung umfasst die Dienstleistung, innerhalb welcher das über die Jahre angesammelte Wissen genutzt wird, um Partnern aus der Industrie in Projekten unterschiedlicher Größenordnung bei der Lösungsfindung ihrer Probleme in der Praxis zur Seite zu stehen.<sup>1</sup>

Als Institutsvorstand am IBL-Institut agiert seit 1. Oktober 2011 Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer<sup>2</sup>. Ihm zur Seite stehen derzeit 8 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen im wissenschaftlichen als auch im administrativen Bereich<sup>3</sup>. Durch

---

<sup>1</sup> Vgl. Ramsauer et al. (2011), S. 4, Zugriffsdatum 17.07.2013

<sup>2</sup> Vgl. Ramsauer et al. (2011), S. 3, Zugriffsdatum 17.07.2013

<sup>3</sup> Vgl. IBL-Institut (2013), Zugriffsdatum 17.07.2013

die hohe Fluktuation des Universitätspersonals schwankt diese Zahl jedoch von Zeit zu Zeit, da jeder wissenschaftliche Mitarbeiter und jede wissenschaftliche Mitarbeiterin unter normalen Umständen nur 4 Jahre am Institut tätig ist<sup>4</sup>.

Die aktuellen Forschungsschwerpunkte am IBL-Institut liegen im Bereich des Innovation-, Logistik- und Produktionsmanagements<sup>5</sup>. Zusätzlich zu diesen will das Institut zukünftig im Bereich des Energiemanagements und der Energieeffizienz intensivere Forschungsarbeit leisten<sup>6</sup>.

Das Institut für Fertigungstechnik an der Technischen Universität in Graz verfügt ebenfalls über die drei Leistungsprozesse Lehre, Forschung und Dienstleistungen. Praktisches Wissen kann in der Lehre bereits durch die Werkstätten und Laboratorien vermittelt werden. Die Schwerpunkte bilden dabei bislang die fertigungswissenschaftlichen Grundlagen, die Fluidtechnik sowie Teile aus aktuellen Forschungsaktivitäten. Beratungen in Form von Dienstleistungen werden unter anderem für fertigungstechnische, messtechnische und fluidtechnische Aufgabenstellungen sowie auch auf der Ebene der Industrierobotik angeboten. Als Institutsvorstand ist derzeit Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Franz Haas tätig. Insgesamt sind aktuell 15 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in unterschiedlichen Tätigkeitsfeldern am IFT-Institut beschäftigt.<sup>7</sup>

Weitere Aktivitäten im Bereich der Forschung stehen in Zusammenhang mit der Forschungs Kooperation „Smart Produktion Graz“ (auch das IBL-Institut ist an dieser Kooperation beteiligt). Mit Forschungsthemen, wie dem Energiemanagement in der Produktion als auch dem thermischen Verhalten von Fertigungsmaschinen, trägt das IFT-Institut zur Kooperation bei.<sup>8</sup>

## **1.2 Ausgangssituation und Problemstellung**

Bevor die Ausgangssituation erläutert und auf die Problemstellung eingegangen wird, soll vorab zum besseren gemeinsamen Verständnis eine Begriffserklärung und Begriffsabgrenzung zur Lernfabrik erfolgen.

Was ist eine Lernfabrik überhaupt?

Auf Grund der breit gefächerten Bedeutung der Lernforschung in den unterschiedlichsten wissenschaftlichen Bereichen bringt die Literatur zum Begriff „Lernfabrik“ nur wenige Definitionen hervor, welche darüber hinaus auch nicht als

---

<sup>4</sup> Vgl. Ramsauer et al. (2011), S. 5, Zugriffsdatum 17.07.2013

<sup>5</sup> Vgl. Ramsauer et al. (2011), S. 14, Zugriffsdatum 17.07.2013

<sup>6</sup> Persönliche Mitteilung von Professor Ramsauer, IBL-Institut, am 05.06.2013

<sup>7</sup> Vgl. IFT-Institut (2014), Zugriffsdatum 07.02.2014

<sup>8</sup> Vgl. Smart Production Graz (2013), Zugriffsdatum 18.07.2013

klar und eindeutig angesehen werden. In einer aktuellen Analyse wie der Begriff Lernfabrik genutzt wird, lässt sich erkennen, dass er sich auf die Anwendung von Lehrtechniken und Lehrprozessen, die sich an der Praxis und den unterschiedlichsten Lernformen mit Interaktionen orientieren, bezieht. Auch Bildungseinrichtungen werden in der Literatur als Lernfabriken bezeichnet, wobei diese Begriffsdeutung grundsätzlich auf die räumliche Beschaffenheit zur Wissensvermittlung reduziert ist. Weiters werden als Lernfabriken auch Ausbildungswerkstätten in diversen Produktionsfirmen bezeichnet, in der die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen im Produktionsbereich praxisorientiert und anhand spezieller Themenstellungen geschult werden.<sup>9</sup>

Die genannten Ausführungen genügen jedoch nicht der beabsichtigten Deutung des Begriffs Lernfabrik nach Müller/Plorin/Ackermann<sup>10</sup> und sind auch für die hier vorliegende Arbeit nicht ausreichend geeignet, um den Bedeutungsinhalt einer Lernfabrik im Verständnis des Autors zu erklären und abzugrenzen.

Die Bezeichnung Lernfabrik setzt sich aus den Worten „Lernen“ und „Fabrik“ zusammen. Die Einzelbedeutungen der beiden Wörter bilden die Grundlage für eine gemeinsame inhaltliche Definitionsbildung. Damit überhaupt von einer Lernfabrik gesprochen werden kann, müssen Bausteine des Lernens anhand bestimmter Lernmethoden und Elemente einer Fabrik, beispielsweise einer Modellfabrik, vorzufinden sein. Werden diese Aspekte beachtet, ist eine Definition aufgrund der Abgrenzung des Begriffes möglich.<sup>11</sup>

Nach Müller/Plorin/Ackermann besteht innerhalb einer Lernfabrik einerseits die Möglichkeit, eine partizipative und eine an Erlebnissen orientierte Lernumgebung zu schaffen, in der Ressourcen, Produkte und Prozesse realitätsnah repräsentiert werden und andererseits stellt sie einen Bezug zwischen Forschung, Lehre und Industrie her, um bereichsübergreifende und mehrdimensionale Lernsituationen nachzustellen. Ziel einer Lernfabrik ist es Wissen, Kompetenzen, Fähigkeiten und Fertigkeiten anhand einer real abgebildeten Produktion zu vermitteln. Die Planung, Steuerung und Kontrolle von Produkten und Prozessen, sowie die Verwendung von Ressourcen bilden dabei die Kernelemente.<sup>12</sup>

Nach Abel/Czajkowski/Faatz/Metternich/Tenberg stellt eine Lernfabrik zugleich eine Lehr- und Lernumgebung dar. Diese Umgebung soll mit dem realen Abbild der Industrie eine möglichst hohe Übereinstimmung aufweisen, um den Schulungsteilnehmern Kompetenzen mit Hilfe von strukturierten Selbstlernprozessen vermitteln

---

<sup>9</sup> Vgl. Müller/Plorin/Ackermann (2012), S. 7f.

<sup>10</sup> Vgl. Müller/Plorin/Ackermann (2012), S. 8

<sup>11</sup> Vgl. Müller/Plorin/Ackermann (2012), S. 8

<sup>12</sup> Vgl. Müller/Plorin/Ackermann (2012), S. 8

zu können. Ziel dabei ist es, den Lernprozess mit geeigneten Methoden möglich realitätsnah abzubilden.<sup>13</sup>

Metternich/Abele/Tisch beschreiben als Ziel einer Lernfabrik die Kompetenz der Auszubildenden ständig zu verbessern, damit diese Prozesse selbständig optimieren können. In diesem Zusammenhang bedeutet Kompetenz, dass die Lernenden das Erlernte in eine andere Umgebung transferieren und dort erfolgreich umsetzen können.<sup>14</sup>

Im Sinne dieser Abgrenzungen und Definitionen plant auch das IBL-Institut bis Sommer 2014 die Realisierung einer Lernfabrik mit Schwerpunkten im Bereich des Produktionsmanagements für den praxisorientierten Wissenstransfer. Am IFT-Institut ist eine Umsetzung einer Lernfabrik mit Fokus Ressourceneffizienz erst in den kommenden Jahren angedacht. Die vorliegende Arbeit ist ein Kooperationsprojekt der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften an der Technischen Universität Graz im Rahmen des Forschungsstipendiums „Clever & Smart“. Die Kooperationspartner in diesem Projekt sind die bereits vorgestellten Institute (IBL-Institut, IFT-Institut). Das Kooperationsprojekt wird anhand von zwei Master- bzw. Diplomarbeiten realisiert. Wie in Abbildung 1 ersichtlich, setzt sich der Projektteil B, welcher diese Diplomarbeit umfasst, aus der Erarbeitung eines Konzepts zweier Lernfabriken zusammen. Der Projektteil A, durchgeführt im Rahmen einer Masterarbeit am IFT-Institut, befasst sich mit der Entwicklung einer geeigneten Messmethodik zur Erhebung des Ressourcenverbrauchs in der Produktion.

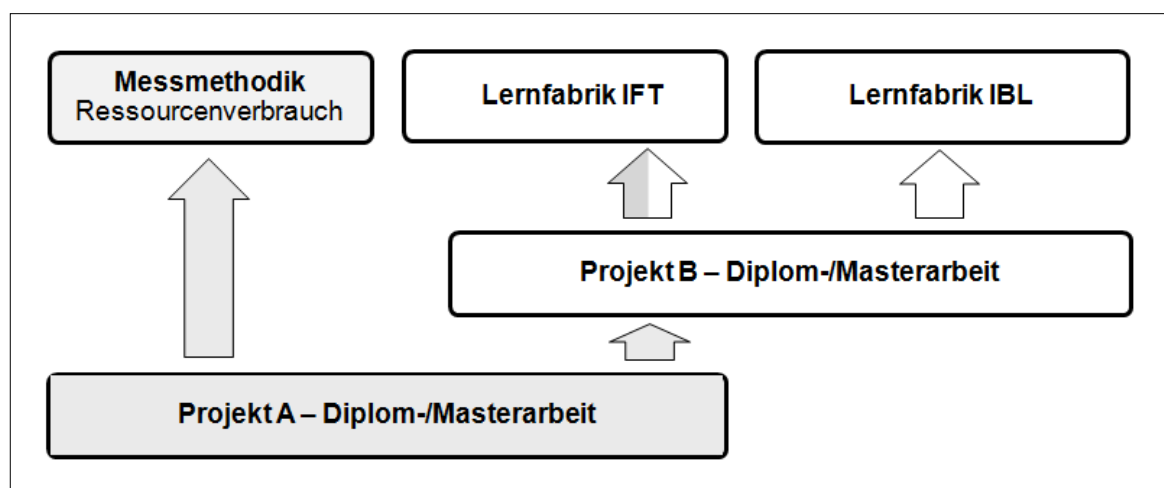


Abbildung 1: Projektskizze

Die Überlappung der beiden Projektteile ist in Abbildung 1 dargestellt und dadurch gegeben, dass die erarbeitete Messmethodik zukünftig sowohl in den beiden

<sup>13</sup> Vgl. Abel et al. (2013), S. 240

<sup>14</sup> Vgl. Metternich/Abele/Tisch (2013), S. 97

Lernfabriken als auch in der Forschungskooperation „Smart Production Graz“ ihre Anwendung findet.

Die Problematik, welche dieser Arbeit zu Grunde liegt und in vielen Presseberichten, Fachzeitschriften und europäischen bildungspolitischen Dokumenten verstärkt zu finden ist, ist der Ruf nach einer praxisorientierten Ausbildung, um den zukünftigen Anforderungen der Arbeitswelt<sup>15</sup> und vor allem auch den Erfordernissen in der Produktion gerecht zu werden.

Österreich weist als traditionelles Produktionsland viele Industriebetriebe und Forschungseinrichtungen auf, welche sich in einem ständig verändernden globalen Wettbewerb befinden und vor immer größeren Herausforderungen stehen. Um in Zukunft den Industriestandort Österreich in einem immer komplexer werdenden Umfeld, welches immer mehr Wissen erfordert, absichern zu können, muss den aktuellen Rahmenbedingungen der Industrie ständig entsprochen werden.<sup>16</sup>

Lebenslanges Lernen wird somit unerlässlich. Die Unternehmen und Universitäten stehen daher vor der Herausforderung wirksame und nachhaltige Methoden zur Wissensvermittlung und Wissenserweiterung einzuführen. Als probates Mittel hat sich in den letzten Jahren die praxisorientierte Aus- und Weiterbildung in Lernfabriken etabliert. Der Ansatz der Wissens- und Kompetenzvermittlung in einer solchen Einrichtung wird als effektiver und effizienter angesehen als alle anderen bis dato bekannten didaktischen Ansätze in diesem Zusammenhang.<sup>17</sup>

### **1.3 Aufgabenstellung und Zielsetzung**

Dem Ruf nach praxisorientierter Aus- und Weiterbildung soll an den vorgestellten Instituten mit Hilfe der etablierten Lernfabriken nachgekommen werden. Der erste Schritt auf dem Weg zur physischen Lernfabrik (LF) ist die Erstellung eines Konzepts. Aus Abbildung 2 ist erkennbar, dass die Aufgabenstellung in der vorliegenden Arbeit nicht nur die Konzeptentwicklung umfasst, sondern ihr eine umfangreiche Analysephase vorangestellt wird. Diese setzt sich aus einem vierstufigen Prozess zusammen und beginnt mit einer Analyse ausgewählter Lernfabriken hinsichtlich der vermittelten Lehr- und Lerninhalte und Schwerpunkte. Zusätzlich werden diese Lernfabriken in der zweiten Stufe auf die verwendeten Gerätschaften und bereitgestellte Infrastruktur untersucht. In der dritten Stufe des Analyseprozesses wird überprüft, welche Lehrinhalte aus bestehenden Lehrveranstaltungen (LV) am IBL-Institut in einer solchen praxisorientierten

---

<sup>15</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 8

<sup>16</sup> Vgl. Sommitsch/Kolleck (2012), S. 14

<sup>17</sup> Vgl. Abele (2013), S. 10

Einrichtung integriert werden können. Zum Abschluss der Analysephase wird noch eine kurze Recherche durchgeführt, welche Aufschluss über die aktuellen Trends und Bedeutungen einzelner Weiterbildungsinhalte in Unternehmungen geben soll. Zusätzlich sollen im Zuge dieser Recherche der Weiterbildungsbedarf einiger ausgewählter Industriepartner erhoben werden.

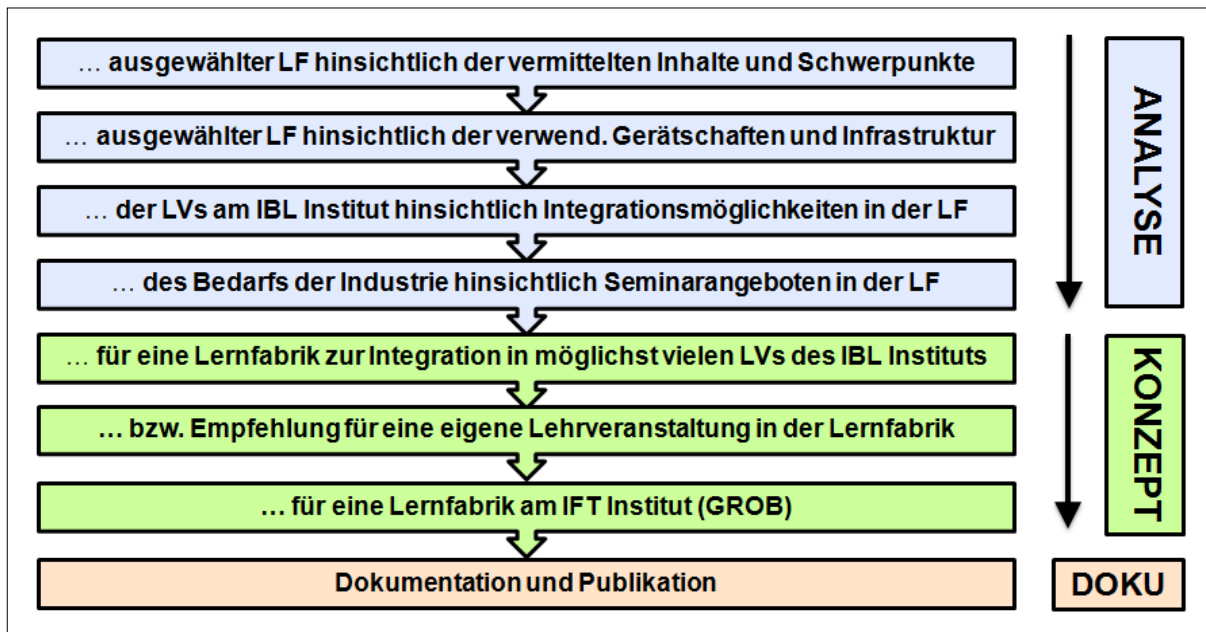


Abbildung 2: Aufgabenstellung

Die zweite große Phase der Aufgabenstellung bildet die Konzeptentwicklung. Diese gliedert sich in drei Teile, wobei der erste Teil, die Erarbeitung eines konkreten umsetzungsfähigen Konzepts einer „IBL-Lernfabrik“ zur Integration in möglichst vielen Lehrveranstaltungen des IBL-Instituts, den größten Umfang dieser Arbeit darstellt. Im nächsten Schritt der Konzeptphase wird eine Empfehlung für eine eigene Lehrveranstaltung in dieser Lernfabrik abgegeben. Das Grobkonzept für eine „IFT-Lernfabrik“, welches als Wegweiser für die nächsten Jahre dienen soll und bei Weitem nicht den Umfang des Konzepts der IBL-Lernfabrik aufweist, stellt den dritten und somit letzten Teil der Konzeptentwicklung dar. Abschließende Aufgabe ist die Dokumentation des Erarbeiteten und die Verfassung und Veröffentlichung einer Publikation. Das Ziel dieser Arbeit ist, aufbauend auf den Ergebnissen der Analyse, ein umfangreiches, umsetzungsfähiges Konzept für eine IBL-Lernfabrik und ein Grobkonzept für eine IFT-Lernfabrik zu entwickeln.

## 1.4 Aufbau und Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist in sechs Kapitel unterteilt. Neben einem einleitenden Kapitel zu Beginn und einem zusammenfassenden Kapitel am Ende, besteht sie aus zwei theoretischen und zwei empirischen Kapiteln. Das erste einleitende Kapitel stellt die beiden Institute des Kooperationsprojekts vor, beschreibt die Ausgangssituation und die dazugehörige Problematik und definiert abschließend die Aufgaben und Ziele, die es zu erfüllen bzw. zu erreichen gilt.

Das Kapitel 2 stellt das Erste von zwei theoretischen Kapiteln dar. Die Lehr-/Lernprozesse nehmen in Lernfabriken einen zentralen Stellenwert ein. Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel die Grundlagen der Didaktik und Methodik theoretisch erläutert, verschiedene Möglichkeiten von Modellen und Konzepten vorgestellt und schlussendlich auf die Handlungsorientierung in Lernprozessen eingegangen.

Kapitel 3 stellt das Zweite der beiden theoretischen Kapitel dar. Dabei werden speziell die theoretischen Hintergründe der Lehr- bzw. Lerninhalte, die in den beiden geplanten Lernfabriken der vorgestellten Institute unterrichtet/erlernt werden sollen, ausführlich erläutert. Durch die Fokussierung der IBL-Lernfabrik in der vorliegenden Arbeit, wird dabei verstärkt auf die Ausbildungsinhalte des Industrial Managements eingegangen.

Die Recherchen und Analysen, die in Kapitel 4 vorgestellt werden, stellen den Ersten der beiden praktischen Aufgabenteile der Arbeit dar und enthalten drei verschiedene Untersuchungsbereiche. Zunächst werden bereits bestehende Lernfabriken im europäischen Raum (besonders in deutschsprachigen Ländern), einer Analyse unterzogen. Anschließend werden die Lehrinhalte der Lehrveranstaltungen am IBL-Institut dahingehend untersucht, ob sie in eine Lernfabrik integriert werden können. Den Abschluss bildet eine Recherche bezüglich des Weiterbildungsbedarfs der Industrie.

Im fünften und zugleich zweiten praktischen Kapitel werden die beiden Konzepte für die Lernfabriken am IBL- und IFT-Institut vorgestellt. Dabei handelt es sich bei dem Konzept für die IBL-Lernfabrik um ein sehr umfangreiches, detailliertes und umsetzungsfähiges Konzept mit einer zusätzlichen Empfehlung für eine eigene Lehrveranstaltung in der Lernfabrik. Das Grobkonzept für die IFT-Lernfabrik hingegen stellt lediglich einen ersten Entwurf dar und gibt eine mögliche Richtung vor.

Im Kapitel 6 werden die Ergebnisse und Konzeptentwicklungen aus den beiden empirischen Kapiteln nochmal in Kurzform zusammenfassend dargestellt und ein Ausblick auf die weitere Vorgehensweise gegeben.

## 2 Literatur zu den Lehr-/Lernprozessen

Da Lehr-/Lernprozesse einen zentralen Stellenwert in Lernfabriken einnehmen, werden in diesem Kapitel unterschiedliche Lehr-/Lernsituationen genauer betrachtet. Beginnend bei den Grundlagen und Begriffserklärungen, werden weiterführend grundlegende didaktische Modelle und Konzepte vorgestellt. Nach einem kurzen Exkurs zum Thema Wissenserwerb und Kompetenzentwicklung, besonders durch praxisorientierte Ausbildung, soll auf die Bedeutung des handlungsorientierten Lernens näher eingegangen und einige Methoden dazu vorgestellt werden. Im abschließenden Teil dieses ersten theoretischen Kapitels werden Potentiale von Lernfabriken aufgezeigt und kurz die Ergebnisse einer Studie der Technischen Universität Darmstadt vorgestellt, welche untersucht, ob die Lehrmethoden in einer Lernfabrik Vorteile gegenüber einer konventionellen Unterrichtsgestaltung aufweisen.

### 2.1 Grundlagen der Didaktik und Methodik

Der Begriff Didaktik hat seine Wurzeln im griechischen Sprachgebrauch und stammt vom Zeitwort „didàskein“ ab. Übersetzt werden kann es sowohl im aktiven Sinne als „lehren bzw. unterrichten“ oder aber auch passiv als „lernen bzw. unterrichtet werden“.<sup>18</sup>

Den Kernpunkt der Didaktik stellt die Organisation der Prozesse rund ums Lernen und Lehren dar. Unter Didaktik wird jedoch nicht nur die theoretische Behandlung der Prozesse sondern auch die Ausführung in der Praxis verstanden.<sup>19</sup>

Riedl schreibt in Anlehnung an Jank/Meyer (2002): *„Didaktik als Handlungswissenschaft versucht zu klären, wer, was, von wem, wann, mit wem, wo, wie, womit und wozu lernen soll.“*<sup>20</sup>

Der Prozess des Lernens und des Lehrens lässt sich didaktisch betrachtet in die zwei wesentlichen Teilbereiche Zieldimension und Wegdimension einteilen. Dabei bestimmt der Teilbereich Zieldimension welche Lerninhalte und Lernziele verfolgt werden und gibt somit Antworten auf die Frage nach dem Was und Wozu. Der zweite Teilbereich, die Wegdimension, bestimmt welche Methoden und welche Medien im

---

<sup>18</sup> Vgl. Jank/Meyer (1991), S. 16

<sup>19</sup> Vgl. Riedl (2004), S. 8

<sup>20</sup> Riedl (2004), S. 8



Lehr-/Lernprozess eingesetzt werden und gibt somit Auskunft über das Wie und Womit gelehrt bzw. gelernt werden soll.<sup>21</sup>

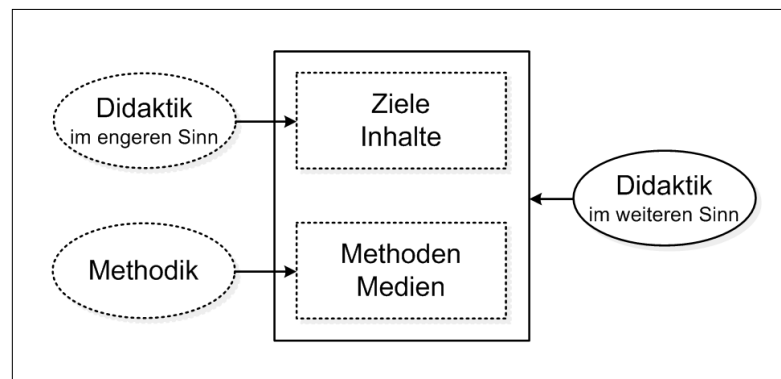


Abbildung 3: Unterschiedliche Sichtweisen der Didaktik<sup>22</sup>

Abbildung 3 zeigt die zwei unterschiedlichen Sichtweisen in Bezug auf die Abgrenzung der Didaktik. In der erweiterten Betrachtungsweise schließt die Didaktik sowohl die Lernziele und Lerninhalte als auch die Methoden und Medien mit ein. Somit wird die Methodik in diesem weiten Verständnis des Begriffs Didaktik zu einem Teil der Didaktik selbst. Diese Sichtweise ist sehr geläufig und findet dadurch häufig Zuspruch. In der engeren Sichtweise wird unter Didaktik nur die Festlegung und Umsetzung der Ziele und Inhalte im Unterricht verstanden und die Methodik, welche die Gestaltung des Unterrichts vorgibt, als eigener Bereich betrachtet. Dieser frühere Streitpunkt über die Abgrenzung der Methodik hat heute weitreichend an Bedeutung verloren.<sup>23</sup>

## 2.2 Didaktische Modelle und Konzepte

Didaktische Theorien bzw. Modelle beschreiben Systeme, wie ein Unterricht von Lehrenden aufbereitet und strukturiert werden kann. Sie sollen den Lehrenden als Orientierung dienen, damit diese ihre eigenen Konzepte entwickeln oder auch fremde Konzepte analysieren können.<sup>24</sup>

Jedes Modell stellt dabei jene Elemente und Verknüpfungen in den Vordergrund, die für das jeweilige Modell die größte Relevanz in Lehr-/Lernsituationen aufweisen. Dieser Fokus einzelner Modelle kann unterschiedlich stark streuen und ist zumeist auch für die Namensgebung des Modells verantwortlich (z.B. bildungstheoretisches Modell oder lerntheoretisches Modell). Jedes dieser Modelle weist üblicherweise

<sup>21</sup> Vgl. Riedl (2004), S. 8

<sup>22</sup> Riedl (2004), S. 8

<sup>23</sup> Vgl. Riedl (2004), S. 8f.

<sup>24</sup> Vgl. Nickolaus (2008), S. 1

einen wissenschaftstheoretischen Bezug auf. Ein weiterer Grundgedanke der didaktischen Modelle ist die Vereinfachung der komplexen Lehr-/Lernsituationen, um diese für die Lehrenden transparenter und übersichtlicher erscheinen zu lassen.<sup>25</sup>

Didaktische Modelle müssen dem Anspruch einer vollständigen und allgemein gültigen Theorie gerecht werden. Ist dies nicht der Fall wird von einem didaktischen Konzept gesprochen.<sup>26</sup>

Weiters unterscheiden sich didaktische Konzepte von den Modellen in jener Hinsicht, dass sie bereits viel konkretere Vorgehensweisen für Handlungen im Unterricht normativ vorschreiben (z.B. das Konzept der Handlungsorientierung)<sup>27</sup>. Zumeist fehlt bei den Konzepten der wissenschaftstheoretische Bezug und es bleibt viel Freiraum für kritische Äußerungen, jedoch konzentrieren sich die Begründer solcher Konzepte eher auf die Beschreibung einer für sie guten Unterrichtsgestaltung. Konzepte geben den Weg der Unterrichtsgestaltung vor, indem sie das Zusammenspiel von festgelegten Zielen, Inhalten und Methoden begründen<sup>28</sup>.

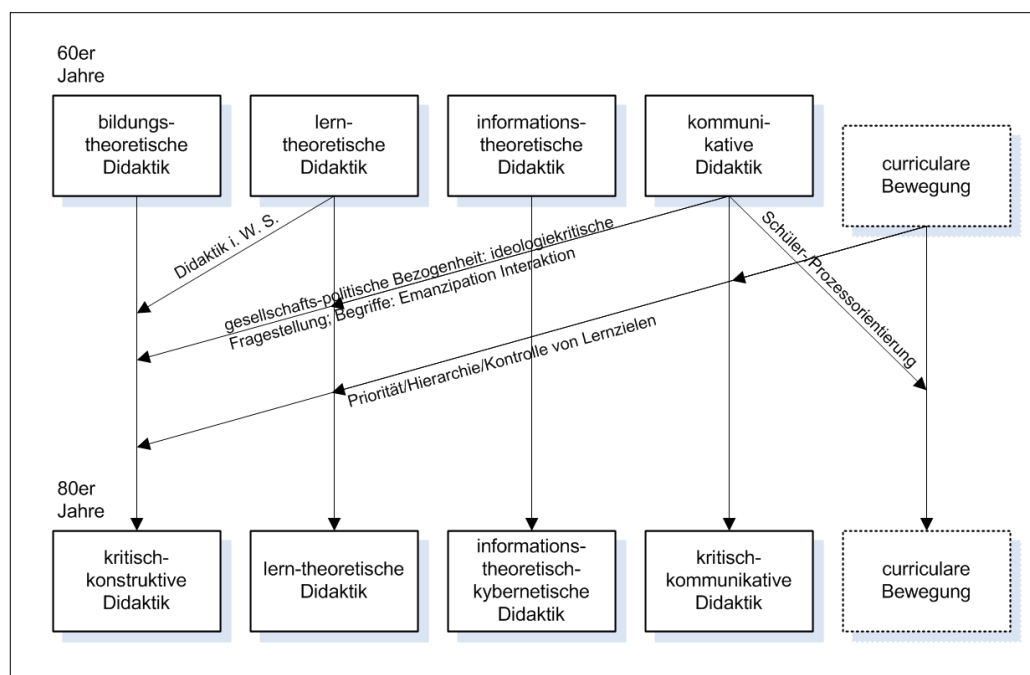


Abbildung 4: Didaktische Modelle und ihre Weiterentwicklungen<sup>29</sup>

In der Mitte des 20. Jahrhunderts entstand eine Reihe von allgemeinen didaktischen Modellen. Große Aufmerksamkeit bekommen vor allem die beiden Modelle der bildungstheoretischen und der lerntheoretischen Didaktik. Dies spiegelt sich vor allem auch darin wieder, dass ihre weiterentwickelten Formen in den 80er Jahren

<sup>25</sup> Vgl. Nikolaus (2008), S. 128

<sup>26</sup> Vgl. Jank/Meyer (1991), S. 17

<sup>27</sup> Vgl. Nikolaus (2008), S. 128 und Jank/Meyer (1991), S. 290

<sup>28</sup> Vgl. Jank/Meyer (1991), S. 290

<sup>29</sup> Nikolaus (2008), S. 26

viele Ideen und Ansätze aus anderen ursprünglichen Modellen berücksichtigten, wie in Abbildung 4 dargestellt. Speziell die Urmodelle der 60er Jahre weisen wesentliche Unterschiede zueinander auf. Die bildungstheoretische Didaktik beschränkt sich vorwiegend auf den Vorgang, Lehrende bei der richtigen Auswahl von Lehr-/Lerninhalten zu unterstützen. Im Gegensatz dazu zielt die lerntheoretische Didaktik darauf ab, Lehrende darauf hinzuweisen, was bei der Gestaltung des Unterrichts zu bedenken ist. Die kommunikative Didaktik stellt die Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Personen am Lernprozess in den Vordergrund und die informationstheoretische Didaktik verfolgt den Ansatz mit Hilfe von Regelungsvorgängen bestmögliche Unterrichtspraktiken zur Erreichung der Ausbildungsziele aufzubauen. Größte praktische Relevanz kommt wohl der lern- und bildungstheoretischen Didaktik und deren Weiterentwicklungen zu.<sup>30</sup>

Es soll in der vorliegenden Arbeit mit Ausnahme der lerntheoretischen Didaktik nicht näher auf diese Modelle eingegangen werden. Jedoch soll ersichtlich werden, dass didaktische Modelle als Orientierungshilfe mit unterschiedlichen Ausrichtungen zur Erstellung eines eigenen didaktischen Konzepts dienen<sup>31</sup>.

Die lerntheoretische Didaktik mit ihrer ursprünglichen erfahrungswissenschaftlichen Orientierung ist erstmalig von Heimann, Otto und Schulz vorgestellt worden. Geläufiger ist für dieses didaktische Modell der Begriff „Berliner Modell“, dessen Entstehungsgeschichte durch den Kontrast zur bildungstheoretischen Didaktik gekennzeichnet ist.<sup>32</sup>

Das Berliner Modell, in Abbildung 5 ersichtlich, vertritt den Standpunkt, dass ein Prozess des Lehrens und Lernens immer die gleichen Grundzüge aufweist und somit in einzelne kategorische Elemente strukturiert werden kann. Diese Elemente bilden den Mittelpunkt der lerntheoretischen Didaktik und werden in einem Strukturmodell dargestellt, um den Lehrenden bei der Analyse des bestehenden Unterrichts zu helfen und dienen gleichzeitig als Entscheidungshilfe bei der Planung und Durchführung neuer Unterrichtseinheiten. Aus letztgenanntem Grund wird auch von einem Entscheidungsmodell gesprochen. Wird ein Unterricht näher beleuchtet, so findet Heimann sechs Strukturelemente, welche sich in sogenannte Bedingungs- oder Entscheidungsfelder einordnen lassen. Die sozial-kulturellen als auch die anthropogenen Voraussetzungen der Lernenden zählen zu den Rahmenbedingungen, welche die Lehrenden im Unterricht vorfinden und nicht beeinflussen können. Sie sind dadurch den Bedingungsfeldern zuzuordnen. Ziele und Inhalte des Unterrichts als auch verwendete Methoden und eingesetzte Medien fallen in den

---

<sup>30</sup> Vgl. Nickolaus (2008), S. 25ff.

<sup>31</sup> Vgl. Nickolaus (2008), S. 1

<sup>32</sup> Vgl. Nickolaus (2008), S. 46

Bereich der Entscheidungsfelder, da diese von den Lehrenden immerhin in gewissem AusmaÙe verändert werden können und die unterschiedlichen Möglichkeiten eine Entscheidung erfordern. In der Planungsphase weist Heimann besonders auf die wechselseitige Abhängigkeit aller Entscheidungsfelder hin, was unabdingbar dazu führt, dass während der Planung alle vier Strukturelemente parallel und ohne Gewichtung zu erfassen sind.<sup>33</sup>

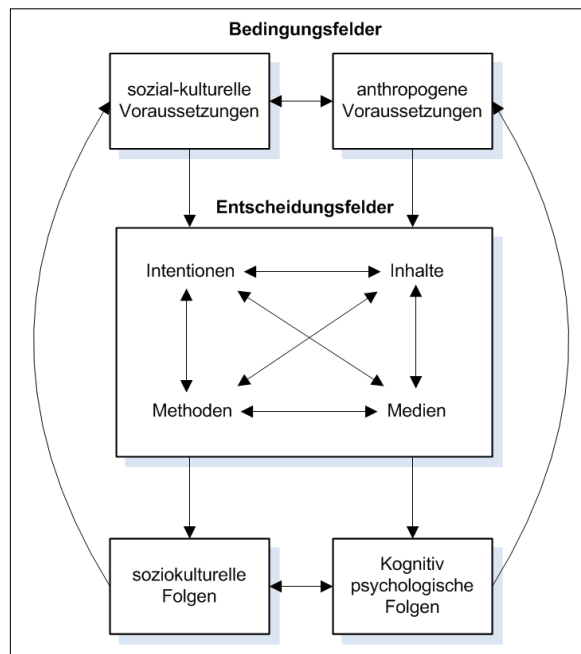


Abbildung 5: Berliner Modell<sup>34</sup>

Die Weiterentwicklung des Berliner Modells durch Schulz (1986) trägt den Namen „Hamburger Modell“ und wurde um einige Aspekte entweder ergänzt oder erneuert. Schulz fügt unter anderem eine systematische Erfolgskontrolle hinzu und richtet sein Modell so aus, dass die Lernenden ein Mitspracherecht im Unterricht erhalten. Ist der Unterricht im Vorgängermodell ausschließlich abhängig von den Entscheidungen des Lehrpersonals, haben Lernende nach der Hamburger Variante die Möglichkeit den Unterricht aktiv mit zu gestalten und sich einzubringen. Dadurch sind die Lehrenden nicht mehr die alleinigen Entscheidungsträger im Lehr-Lernprozess und das Strukturmodell, das sich in Abbildung 5 noch als Entscheidungsmodell darstellt, wandelt sich zu einem Handlungsmodell, welches durch die gemeinsame Gestaltung des Unterrichts von Lehrenden und Lernenden geprägt ist.<sup>35</sup>

Allgemeine didaktische Modelle, wie die vorgestellte lerntheoretische Didaktik, befassen sich mit der allgemeinen Strukturierung der Probleme eines Lehr-

<sup>33</sup> Vgl. Albers (2001), S. 40f.

<sup>34</sup> Nickolaus (2008), S. 46

<sup>35</sup> Vgl. Nickolaus (2008), S. 50

Lernprozesses, während didaktische Konzepte ihren Fokus eher auf die Realisierung und Gestaltung dieser Prozesse richten.<sup>36</sup>

Zu solchen didaktischen Konzepten bzw. Unterrichtskonzepten zählen unter anderem:<sup>37</sup>

- Projektorientiertes Lernen
- Handlungsorientierter Unterricht
- Offener Unterricht
- Erfahrungsbezogener Unterricht
- Kommunikativer Unterricht
- Exemplarisches Lehren und Lernen
- Genetisches Lernen
- Problemlösender Unterricht
- Entdeckendes Lernen
- Wissenschaftsorientierter Unterricht
- Lernzielorientierter Unterricht
- Programmierte Unterweisung

Die Begründer solcher Konzepte verfolgen das Ziel zu erläutern, wie ein guter Lehr-Lernprozess auszusehen hat und wie dieser gestaltet werden muss. Didaktische Konzepte basieren auf den Formulierungen von didaktischen Prinzipien, welche zumeist ausschlaggebend für die Namensgebung des Konzepts sind. So führte zum Beispiel das Prinzip der Handlungsorientierung zum handlungsorientierten Unterricht oder das Prinzip der Offenheit zum offenen Unterricht. In der Auflistung weisen die ersten vier Konzepte ganzheitliche und an den Lernenden orientierte Ansätze auf, die folgenden sechs haben ihre Wurzeln in der bildungstheoretischen Didaktik und die letzten beiden aufgelisteten Unterrichtskonzepte zeichnen sich durch einen verstärkten Medieneinsatz aus.<sup>38</sup>

Auf das handlungsorientierte Lernen, dem damit verbundenen handlungsorientierten Unterricht und der zugehörigen methodischen Ausgestaltung wird in diesem Kapitel nach einem Exkurs zum Thema „Wissen und Kompetenzen“ noch näher eingegangen. Alle anderen aufgelisteten Konzepte werden in dieser Arbeit nicht näher beleuchtet, sollen jedoch trotz Unvollständigkeit der Liste verdeutlichen, welche Vielzahl und Vielfältigkeit diese annehmen können.

---

<sup>36</sup> Vgl. Nikolaus (2008), S. 55

<sup>37</sup> Vgl. Jank/Meyer (1991), S. 294ff.

<sup>38</sup> Vgl. Jank/Meyer (1991), S. 292f.

## 2.3 Wissen und Kompetenzen

Sehr oft fallen im Zusammenhang mit Lehr-Lernprozessen aber auch rund um das Thema Lernfabrik die Begriffe „Wissen“ und „Kompetenzen“, weshalb hier ein kurzer Exkurs zu den Begrifflichkeiten stattfindet.

Anhand der Wissenstreppe von North, in Abbildung 6 dargestellt, soll erläutert werden, wie ausgehend von einfachen Zeichen stufenweise Wissen und in weiterer Folge Kompetenz und Wettbewerbsfähigkeit erlangt wird. Einfache Zeichen können zum Beispiel Buchstaben oder Ziffern sein und werden durch eine Syntax oder Codierung in eine gewisse Ordnungsstruktur bzw. Reihenfolge gebracht, um zu Daten zu gelangen. Wird diesen Daten eine Bedeutung zugewiesen und weisen sie somit einen Bezug zu einem Sachverhalt auf, wie zum Beispiel Außentemperatur 13 Grad Celsius, erhalten sie einen Aussagewert und man kann von Informationen sprechen. Informationen stehen unter anderem in Betrieben als Grundlage zur Verfügung, um Entscheidungen treffen und Handlungen setzen zu können, jedoch nur dann, wenn eine Vernetzung mit anderen aktuellen oder vergangenheitsbezogenen Informationen hergestellt werden kann.<sup>39</sup>

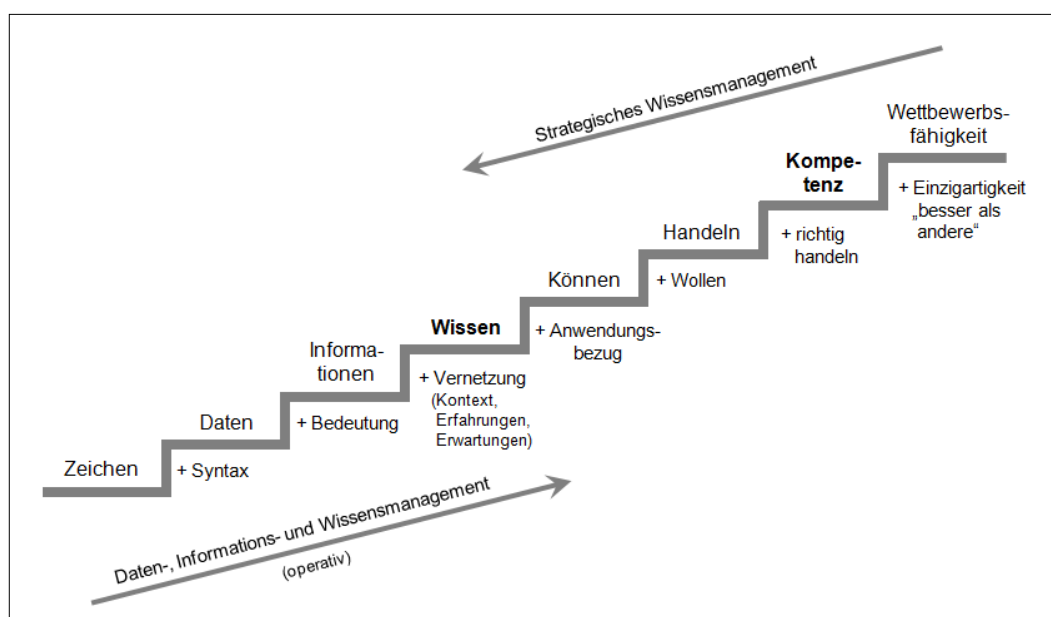


Abbildung 6: Wissenstreppe nach North<sup>40</sup>

In diesem Zusammenhang entsteht Wissen aus dem bewussten Vernetzen von Informationen, welche die Ausgangsbasis zur Wissensgenerierung bilden. Gleichzeitig stellen Informationen die Kommunikations- und Speicherungsform von Wissen dar, wobei vor allem kulturelle Unterschiede diesen Informationen viel

<sup>39</sup> Vgl. North (2002), S. 38

<sup>40</sup> North (2002), S. 39

Spielraum zur Interpretation offen lassen. Ein Nicken des Kopfes zum Beispiel kann je nach Herkunftsland „Ja“ oder auch „Nein“ bedeuten. Demzufolge ist Wissen erfahrungsabhängig und stets mit spezifischen Zusammenhängen und individuellen Personen verbunden. Alleine Wissen zu erwerben ist für Unternehmen und deren Mitarbeiter aber nicht ausreichend, denn sie müssen dieses erlangte Wissen auch anwenden können. Durch den richtigen Anwendungsbezug ist es Mitarbeitern möglich nicht nur das Wissen, sondern auch das Können zu verinnerlichen. Besitzen Mitarbeiter nun das Wissen und Können und wollen dieses auch anwenden, so sind sie im Stande zu handeln. Sind sie dann noch fähig richtig zu handeln, was den Unterschied zwischen einem Lehrling und seinem Meister ausmacht, so spricht man von Kompetenz. Jene Kompetenzen, welche sich von den Konkurrenten abheben und durch ihre Einzigartigkeit bestechen, werden als Kernkompetenzen bezeichnet und sind entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmungen.<sup>41</sup>

Das Wissen eines Menschen als auch seine Fähigkeiten und Fertigkeiten, welche ihm zur Verfügung stehen, um beispielsweise Handlungen im Berufsleben auszuüben, werden somit als Kompetenzen bezeichnet. Eine Aufteilung des Kompetenzbegriffes in vier unterschiedliche Teilbereiche ist in Abbildung 7 ersichtlich. Diese hat sich zumindest im deutschsprachigen Gebiet durchgesetzt. Als Fachkompetenzen werden jene Fertigkeiten und jenes Know-how bezeichnet, die zur Erfüllung von Aufgaben und Tätigkeiten im Beruf erforderlich sind. Zusätzlich wird damit auch häufig die Organisationsfähigkeit ausgedrückt, um mit dem sich angeeigneten Wissen, Probleme aufzuzeigen und dazu passende Lösungsvorschläge zu erarbeiten.<sup>42</sup>

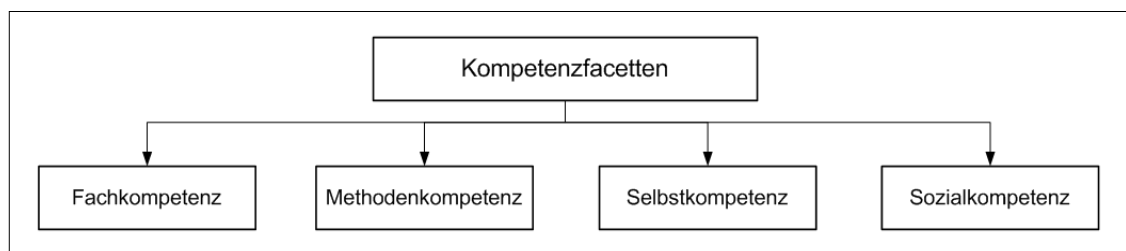


Abbildung 7: Kompetenzfacetten<sup>43</sup>

Ist eine Person in der Lage in verschiedenen Situationen eine Strukturierung aller Probleme vorzunehmen, sich eine Übersicht zu verschaffen und Entscheidungen zu treffen, so besitzt sie Methodenkompetenz. Selbstkompetenz umfasst einerseits die Fähigkeit mit sich selbst umgehen und eine Selbsteinschätzung vornehmen zu können, andererseits Umstände zu erzeugen, die einem bei der Selbstverwirklichung

<sup>41</sup> Vgl. North (2002), S. 38ff.

<sup>42</sup> Vgl. Wagner et al. (2010), S. 724

<sup>43</sup> In Anlehnung an Wagner et al. (2010), S. 724

in der Arbeit helfen. Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit sind die beiden wesentlichen Merkmale der Sozialkompetenz.<sup>44</sup>

Neben Material, Kapital und Mensch (Arbeit) wird Wissen bereits als vierter Produktionsfaktor angeführt. In einer sich schnell verändernden Zeit dient das Wissen als nützliche Ressource, Innovationsfaktor, kann sich zu Kernkompetenzen weiterentwickeln und so zu einem entscheidenden Wettbewerbsvorteil führen.<sup>45</sup>

Resultate aus Lernprozessen können zwei unterschiedliche Wissensformen annehmen, implizites und explizites Wissen. Implizites Wissen (Know-how) wird durch persönliche Erfahrungen und aktive Ausführung von Tätigkeiten erlangt, wodurch dieses Wissen nur schwer formulierbar und niederschreiben ist. Es wird auch als Handlungswissen, Erfahrungswissen oder Können bezeichnet. Explizites Wissen hingegen kann mit Worten ausgedrückt und somit auf Papier gebracht werden. In der Alltagssprache wird häufig das Wissen vom Können unterschieden. Ist von Wissen die Rede, so ist damit zumeist das explizite Wissen gemeint. Können hingegen stellt stets implizites Wissen dar. Nicht zu verwechseln ist diese Differenzierung mit der von der europäischen Bildungspolitik oft durchgeführten Unterscheidung zwischen formalem und informellem Lernen. Diese bezieht sich demnach eher auf den vorhergehenden Lernprozess, die Lernumgebung und die Ausstellung eines Zertifikats. Formales Lernen findet in Umgebungen wie zum Beispiel einer Bildungseinrichtung oder einer Weiterbildungsstätte in einem Betrieb statt, ist geprägt durch organisatorische Abläufe und klare Strukturen bezüglich Ziele, Inhalte und Durchführungszeiten im Lernprozess und endet in der Regel mit einem Nachweis des Erlernten in Form eines Zertifikats. Informelles Lernen hingegen findet an all jenen Orten statt, an denen man sich gerade im Alltag befindet, sei es nun der Arbeitsplatz, zu Hause, das Kino oder der Fußballplatz. Dieser Lernprozess weist weder eine Organisation noch eine Struktur auf und hat im Allgemeinen auch keine Zertifizierung zur Folge.<sup>46</sup>

Die klassischen Lehrveranstaltungen in Form von Vorlesungen und Seminaren in Verbindung mit der im Bereich der Wissenschaften verbreiteten kognitiven Sichtweise führte zu einer sehr stark theorieorientierten Hochschulausbildung, in welcher der Erwerb von Erfahrungswissen eher vernachlässigt wird. In diesen Veranstaltungsformaten liegt die Präferenz noch stark bei der Vermittlung von explizitem, tragem Wissen (Theoriewissen).<sup>47</sup>

---

<sup>44</sup> Vgl. Wagner et al. (2010), S. 724

<sup>45</sup> Vgl. Matyas (2012), S. 19

<sup>46</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 11

<sup>47</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 19



Das oberste Ziel in der heutigen Aus- und Weiterbildung ist es, derzeitige bzw. zukünftige Mitarbeiter von Unternehmungen so aus-/weiterzubilden, dass sie in der Lage sind in komplexen beruflichen Situationen sich selbst organisieren und verantwortungsvolle Handlungen setzen zu können, was einer beruflichen Handlungskompetenz entspricht. Um dieses Ziel zu erreichen und Handlungskompetenz zu entwickeln, ist es notwendig sowohl Theoriewissen als auch Erfahrungswissen aufzubauen und miteinander in Verbindung zu bringen. Wie in der linken Hälfte der Abbildung 8 dargestellt, ist es mit Hilfe einer Lernfabrik auch möglich Erfahrungswissen durch formelle Lernprozesse aufzubauen. Lernfabriken bieten die Möglichkeit verschiedene Situationen, Handlungen und Prozesse auszutesten und auszuprobieren, was zu konkreten Erfahrungen durch formelles Lernen führt.<sup>48</sup>

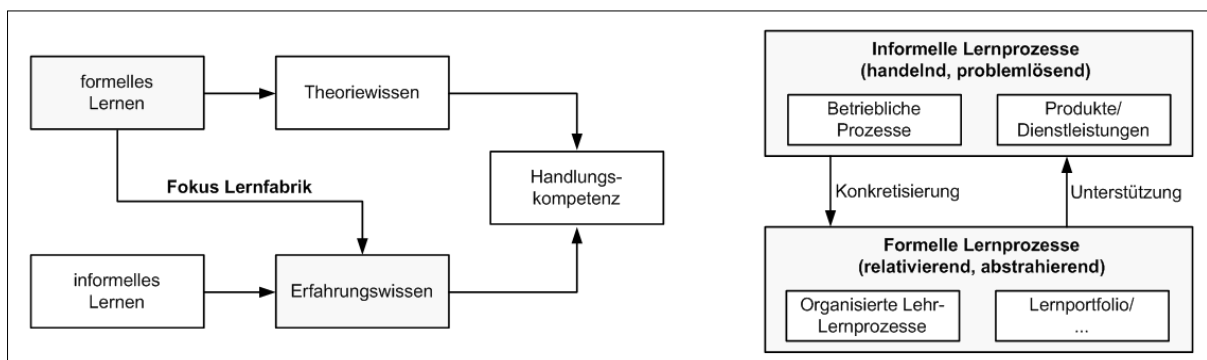


Abbildung 8: Formelle und informelle Lernprozesse in der Lernfabrik<sup>49</sup>

Formelles und informelles Lernen müssen jedoch nicht immer als getrennt und konkurrierend gegenübergestellt werden. Sie können gerade im Bereich der Lernfabriken, wie in der rechten Hälfte der Abbildung 8 aufgezeigt, ergänzend wirken. Formelle Lernprozesse können in dieser Hinsicht informelle Lernprozesse unterstützen und in Umkehrung dazu können informelle Lernprozesse die Basis von theoretischen Konkretisierungen bilden.<sup>50</sup>

Die Gestaltung erfolgreicher Lernprozesse soll so erfolgen, dass die Aus- und Weiterzubildenden motiviert an die Herausforderungen herantreten und Wissen aufnehmen und behalten können. Eine wesentliche Rolle nimmt dabei die Metakognition ein. Lernen als auch die Beibehaltung von Wissen im Gedächtnis ist stets eng verknüpft mit der Funktionsweise unseres Gehirns. Die linke Gehirnhälfte ist dabei hauptsächlich verantwortlich für das logische Denken, verwendet Zeitbegriffe und arbeitet mit Zahlen und Wörtern. Die rechte Hälfte des Gehirns hingegen hantiert vorzugsweise mit Bildern und Raumbegriffen und übernimmt damit

<sup>48</sup> Vgl. Steffen/Frye/Deuse (2013b), S. 233

<sup>49</sup> Steffen/Frye/Deuse (2013b), S. 234 und Abel et al. (2013), S. 243

<sup>50</sup> Vgl. Abel et al. (2013), S. 242f.

eher den kreativen Anteil im Denkprozess. Bei Erwachsenen tritt durch diese differenzierte Zuständigkeit im Gehirn die Problematik auf, Wissen durch Lehren aufzunehmen und Wissen durch Lernen beizubehalten.<sup>51</sup>

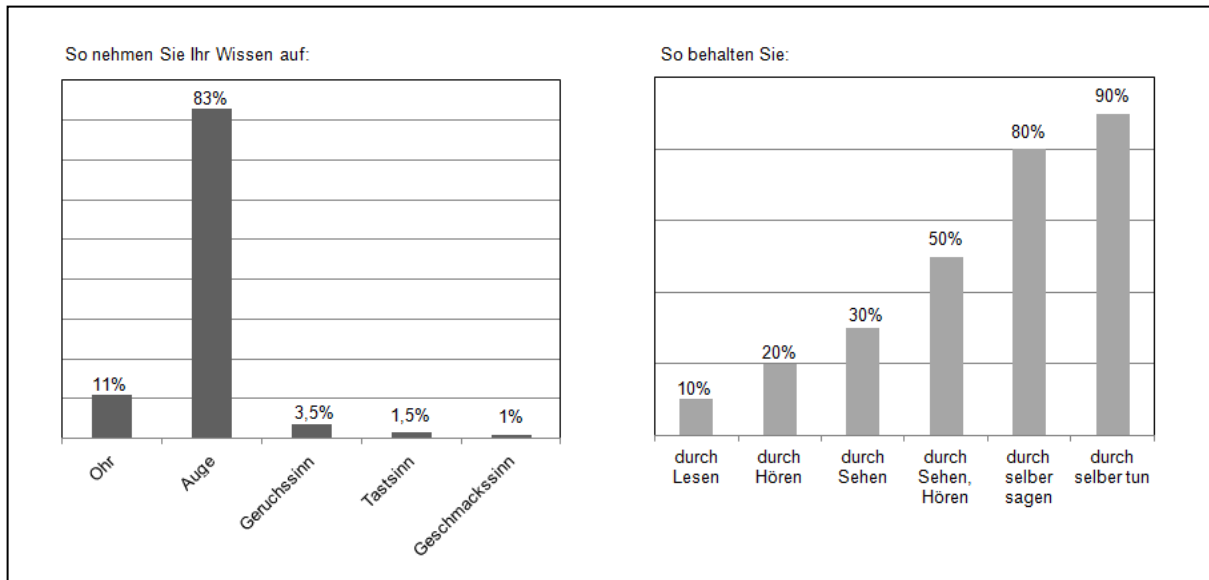


Abbildung 9: Wissensaufnahme und Beibehaltung<sup>52</sup>

Ott zeigt in Abbildung 9 wie wir Wissen aufnehmen und wie wir es am Besten in unserem Gedächtnis behalten. Die Wissensaufnahme erfolgt mit über 80 Prozent über den Sehsinn, gefolgt vom Gehörsinn mit elf Prozent. Nur zehn Prozent von dem was wir lesen, behalten wir nach einem Betrachtungszeitraum von zwei Wochen<sup>53</sup> als Wissen in unserem Gedächtnis, 30 Prozent von dem was wir sehen, 50 Prozent von dem was wir sehen und hören und ganze 90 Prozent von dem was wir selber tun.<sup>54</sup>

Dieser Sachverhalt, wie wir Wissen behalten, wird auch gerne in Form einer Multimedia-Pyramide dargestellt. Die wohl bekannteste Form solch einer „Lernpyramide“ ist der Erfahrungskegel nach Edgar Dale. Kaiser schreibt in seiner Arbeit, dass die Prozentangaben des rechten Diagramms in Abbildung 9 als auch sämtlicher Lernpyramiden, welche bereits in etlichen wissenschaftlichen Beiträgen veröffentlicht wurden und welche häufig durch die naive Summierungstheorie zustande kommen, nur Vermutungen darstellen und sich auf keine wissenschaftliche Quelle stützen. Es existieren jedoch auch zwei Theorien, die Argumente für eine Summierungstheorie hervorbringen und durch die große Anzahl in wissen-

<sup>51</sup> Vgl. Ott (2007), S. 16

<sup>52</sup> Ott (2007), S. 17

<sup>53</sup> Vgl. Matyas (2012), S. 18

<sup>54</sup> Vgl. Ott (2007), S. 17

schaftlichen Beiträgen und Zitationen haben die Zahlen und Prozentangaben bereits eine gewisse Glaubwürdigkeit erlangt.<sup>55</sup>

Die Gedankengänge zur Wissensaufnahme und –beibehaltung führen zur Erkenntnis, dass Lernprozesse mit ihrem subjektinternen Charakter stets so gestaltet werden müssen, dass ein selbstgesteuertes und handlungsorientiertes Lernen möglich wird. Alte chinesische Sprichwörter unterstreichen dies.<sup>56</sup>

Reinhardt zitiert Lao Tse, den chinesischen Philosophen und Lehrer von Konfuzius: *„Sag es mir – und ich werde es vergessen. Zeige es mir – und ich werde mich daran erinnern. Beteilige mich – und ich werde es verstehen“*.<sup>57</sup>

Studierende sollen für ihr späteres Berufsleben bestmöglich ausgebildet werden. Dies bedeutet, dass die didaktische und curriculare Gestaltung der Ausbildung an Hochschulen so aufzubereiten ist, dass für Studierende die Möglichkeit besteht, alle erforderlichen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen, welche für die berufliche Praxis von Nöten sind, zu erwerben.<sup>58</sup> In Bezug auf die Hochschulausbildung in einer Lernfabrik sind in diesem Zusammenhang nicht nur die Studierenden sondern auch die Aus- und Weiterzubildenden von Unternehmen angesprochen. Der ursprünglich griechische Begriff „Praxis“, welcher sich bereits im deutschen Sprachgebrauch etabliert hat, wird übersetzt mit „Handlung“ bzw. „Tun“<sup>59</sup>.

Auch wenn die Ausbildung an Hochschulen nicht mit der beruflichen Praxis gleichgestellt werden kann, so ist es durchaus möglich eine praxisnahe Lernumgebung zu schaffen, in welcher es Studierende ohne Konsequenzen gestattet ist, Fehler zu machen. Damit kann das eigene Wissen durch Handlungen getestet und durch die daraus entstandenen praktischen Erfahrungen bestätigt bzw. neues Wissen generiert werden. Fehltritte sind dabei sogar wünschenswert, um daraus zu lernen.<sup>60</sup>

Praxiserfahrungen in Betrieben erfreuen sich bei Studierenden immer größerer Beliebtheit, da der Erwerb dieses praktischen Wissens und dieser Kompetenzen an Hochschulen teils nur dürftig ausfällt, trotz immer stärker werdender Verknüpfung der Lern- und Arbeitsprozesse. Um dem gegenzusteuern sind praxisorientierte (handlungsorientierte) Lehr-Lernmethoden in der heutigen Hochschulausbildung unerlässlich.<sup>61</sup>

---

<sup>55</sup> Vgl. Kaiser (1999), S. 45f.

<sup>56</sup> Vgl. Ott (2007), S. 17

<sup>57</sup> Reinhardt (2007) S. 189

<sup>58</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 1

<sup>59</sup> Vgl. Jank/Meyer (1991), S. 17

<sup>60</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 1f.

<sup>61</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 8

## 2.4 Handlungsorientiertes Lernen

Als einer der bedeutendsten Vordenker erfahrungsbasierten Lernens (experiential learning) vertrat Kurt Lewin die Meinung, dass sich Lernen durch eine wechselseitige Beeinflussung von Erfahrungen und „analytischer Distanz“ ergibt. Zu den wohl bekanntesten Vertretern des erfahrungsbasierten Lernens zählt David Kolb. Er lehnt sich für die Grundlage seines Ansatzes, welcher als „Lernzyklus nach Kolb“ oft zitiert und dadurch weitverbreitet und bekannt geworden ist, neben Kurt Lewin auch noch an den Ideen von John Dewey und Jean Piaget an. Dewey gilt als Begründer des sogenannten „learning by doing“<sup>62</sup> und vertritt den Standpunkt, dass im Lernprozess dem Sammeln von Erfahrungen durch praktisches Handeln große Bedeutung zukommt. Piaget hingegen beschreibt in seinen Arbeiten, dass die Handlungen der Lernenden ausschlaggebend für ihre kognitive Entwicklung sei. Kolb stellt den Lernprozess in einem Zyklus, wie in Abbildung 10 ersichtlich, dar.<sup>63</sup>

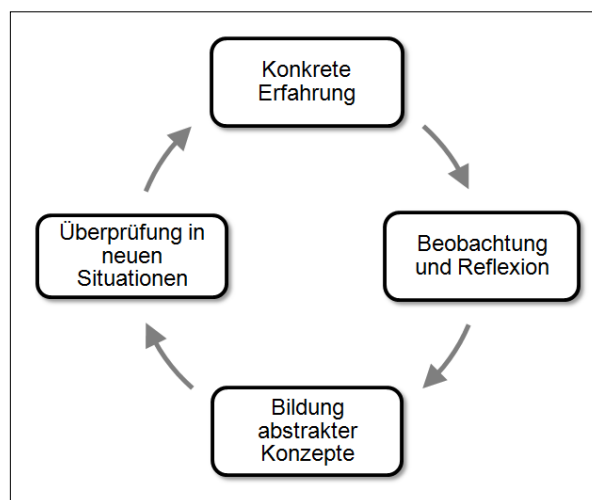


Abbildung 10: Lernzyklus nach Kolb<sup>64</sup>

Der Lernzyklus besteht aus vier Phasen, welche eine logische Abfolge aufweisen. Auf die Phase der konkreten Erfahrungen, folgt die Beobachtung und Reflexion durch die Lernenden, sowie die weitere Entwicklung abstrakter Konzepte und das Überprüfen dieser durch aktives Experimentieren in den sich neu ergebenden Situationen. In der Phase der Überprüfung werden wieder neue Erkenntnisse gewonnen und konkrete Erfahrungen gemacht, wodurch sich der Kreis schließt und der Lernzyklus wieder von vorne beginnen kann. Somit stellt jeder Abschluss eines Zyklus den Beginn eines Neuen dar. Innerhalb dieses kontinuierlichen Lernprozesses wird es den Lernenden ermöglicht, sich Wissen anhand der oben

<sup>62</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 112

<sup>63</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 28 f.

<sup>64</sup> Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 29

genannten Phasen anzueignen. Kolb erkennt auch, dass unterschiedliche Berufsgruppen gewisse Phasen des Lernzyklus bevorzugen und nennt zwei Extrembeispiele (Sozialarbeiterin, MBA Student) dafür. Demnach dominieren in der Arbeit der Sozialarbeiterin die Phasen des Experimentierens und der konkreten Erfahrung, während der MBA Student die Phasen der Beobachtung und Reflexion als auch der Abstraktion vorzieht. Kolb weist jedoch auf die Relevanz eines ausgewogenen Lernverhaltens hin, in dem auf alle vier Phasen Rücksicht genommen wird, besonders in beruflich höheren Positionen. Demnach ist auch an Hochschulen ein Lernzyklus mit allen Phasen anzustreben.<sup>65</sup>

Kolbs zyklischer Lernprozess ist eng verbunden mit den von ihm beschriebenen folgenden vier Lernstilen. Im Mittelpunkt des „konvergenten Lernstils“ stehen das Analysieren, das Experimentieren und das Abstrahieren. Personen, die diesen Lernstil aufweisen, besitzen die besondere Fähigkeit auftretende Probleme schnell zu lösen, Entscheidungen zu treffen und Ideen praktisch anzuwenden. Der „divergente Lernstil“ bildet das Gegenstück zum konvergenten Lernstil und bezieht sich rein auf Erfahrungen und Reflexion. Menschen, die diesen Lernstil verinnerlicht haben, benötigen einen breiten Erfahrungsschatz, der es ihnen ermöglicht anhand von Reflexionen zu abstrahieren. Innerhalb des „assimilierenden Lernstils“ werden Gegebenheiten analytisch verstanden und gemachte Beobachtungen reflektiert. Personen, die diesen Lernstil bevorzugen, besitzen die Gabe auftretende Probleme anhand von Argumentationen zu lösen und darauf hin, unter Berücksichtigung verschiedenster Perspektiven und Erfahrungen sowie Beobachtungen, theoretische Modelle zu entwerfen. Menschen mit assimilierendem Lernstil zeigen ein höheres Interesse an der Theorie, als an der praktischen Umsetzung oder Anwendung. Der „akkommodative Lernstil“ zeichnet sich durch Erfahrungen sowie dem aktiven Handeln und Experimentieren aus. Probleme werden durch Planungs- und Experimentierphasen gelöst, wobei dieser Problemlösungsprozess durch Versuche und Irrtümer (trial and error) geprägt ist.<sup>66</sup>

Nach Jank/Meyer ist ein handlungsorientierter Unterricht dadurch gekennzeichnet, dass Lernende nicht nur alleine ihren Kopf benutzen müssen, sondern der Lernprozess durch das Zusammenspiel von Kopf, Händen, Füßen, Herz und aller Sinne erfolgt. Es soll jedoch nicht gleich der gesamte Unterricht handlungsorientiert ausgerichtet sein, ein Anstieg auf ein Drittel der gesamten Unterrichtszeit erscheint für Jank/Meyer aber als durchaus sinnvoll. Handlungsorientiertheit in Lehr-/Lernprozessen darf nicht so verstanden werden, dass Lernende anstatt zu Denken,

---

<sup>65</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 28 f.

<sup>66</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 30

zu Kritisieren und zu Üben nur mehr an Hand von Handlungen lernen sollen. Ein richtiges Verhältnis an Denk- und Handlungsprozessen ist anzustreben.<sup>67</sup>

Auch Bonz beschreibt, dass Handlungsorientierung mehr als nur praktische Tätigkeiten beinhaltet. Komplexe berufliche Situationen erfordern im Vorfeld der auszuführenden Handlungen diverse Überlegungen, welche wiederum gewisse Fähigkeiten und Kompetenzen voraussetzen.<sup>68</sup>

Im Vordergrund des handlungsorientierten Unterrichts stehen jedoch sehr wohl die Handlungen der Lernenden. Die Ergebnisse des Unterrichts sollen angreifbar und vorführbar sein, Lernende sollen mit ihnen spielen oder weitere Arbeiten ausführen können und sie sollen für die Lernenden aktuell und in späterer Folge von Wert sein.<sup>69</sup> Nicht nur die Ergebnisse eines handlungsorientierten Lernprozesses sind ausschlaggebend für den Gewinn neuer Erkenntnisse, auch der Lernweg selbst und die angewendeten Methoden tragen dazu bei, was auch als Handlungsregulation bezeichnet wird<sup>70</sup>.

Nickolaus nennt einige Gründe, warum das handlungsorientierte Konzept seit den 90er Jahren immer mehr an Bedeutung gewinnt:<sup>71</sup>

- Höhere Ansprüche der Industrie in Bezug auf selbstständiges Arbeiten, Kompetenzen im Bereich der Bewältigung ständig neuer Probleme und im sozialen Bereich
- Lernende zeigen mehr Motivation
- Probleme der Auszubildenden ihr an der Universität erlerntes Wissen in Situationen der Praxis anzuwenden
- Positive Erfahrungen zur Förderung der Kompetenzentwicklung, speziell im Bereich der Methodenkompetenz, der Fähigkeit Probleme zu lösen und der sozialen Kompetenz

Dies sind einige Aspekte die für die Einführung einer handlungsorientierten Ausbildung sprechen. Jank/Meyer empfehlen bei der Umsetzung einer solchen handlungsorientierten Ausbildung auf sieben Merkmale Acht zu geben:<sup>72</sup>

- Ganzheitlichkeit des Unterrichts
- Aktivität der Lernenden
- Herstellung von Handlungsprodukten
- Subjektive Interessen der Lernenden berücksichtigen

---

<sup>67</sup> Vgl. Jank/Meyer (1991), S. 338

<sup>68</sup> Vgl. Bonz (2001), S. 105

<sup>69</sup> Vgl. Jank/Meyer (1991), S. 354

<sup>70</sup> Vgl. Ott (2007), S. 40

<sup>71</sup> Vgl. Nickolaus (2008), S. 77f.

<sup>72</sup> Vgl. Jank/Meyer (1991), S. 355ff.

- Beteiligung der Lernenden gleich von Beginn an
- Keine Abgrenzung zur Umwelt
- Wechselwirkung von Hand- und Kopfarbeit

Der ganzheitliche Unterricht umfasst den personalen, inhaltlichen als auch den methodischen Aspekt. Der Lernende soll mit seinen ganzen Sinnen die Problematik, welche sich aus der Herstellung des Produkts ergibt, mit geeigneten Methoden bearbeiten. Dabei hat sich der Lernende aktiv zu beteiligen und der Lehrende soll nur zur Unterstützung in den Lernprozess eingreifen. Zentraler Bestandteil in einer handlungsorientierten Ausbildung ist das hergestellte Produkt, welches am Ende des Prozesses materieller Handlungen steht. Genauso wichtig wie die subjektiven Interessen der Lernenden zu berücksichtigen ist es, diese von Anfang an in die Gestaltung des Unterrichts mit einzubeziehen. Weiters sollen die Auszubildenden nicht von der Umwelt abgegrenzt werden, um dadurch neue Lernwege einschlagen und fächerübergreifend aktiv sein zu können. Das Wechselspiel von immateriellen und materiellen Handlungen, d.h. sowohl mit dem Kopf zu denken als auch mit den Körperteilen bestimmte Tätigkeiten zu verrichten, stellt das abschließende Merkmal einer handlungsorientierten Ausbildung dar.<sup>73</sup>

Welche Methoden die Literatur angibt, um die Ausbildung nach dem Konzept der Handlungsorientierung zu gestalten, damit beschäftigt sich das nächste Unterkapitel.

## **2.5 Handlungsorientierte Methoden**

Der Unterricht ist immer von einer Methode abhängig, denn ohne eine Methode ist die Art und Weise der Wissensvermittlung an die Lernenden nicht bestimmt.<sup>74</sup> Der Begriff „Methode“ wird in der Literatur durchaus unterschiedlich verwendet, weshalb hier zunächst eine Abgrenzung erfolgen soll. Methoden sind Bestandteile eines Unterrichts, über die der Lehrende frei entscheiden kann. Sie sollen klar formuliert und abgegrenzt werden, damit eine Methode unabhängig von einer anderen Methode in den Unterricht eingebaut werden kann. Methoden können ein Teil eines Arrangements sein, welches jedoch noch neben der Entscheidung über die Methoden über mögliche Sozialformen und Medien Auskunft geben soll und bei Peterßen eine zusätzliche Stufe zwischen Methode und Konzept einnimmt. Ausgeklammert bleiben bei Arrangements die Entscheidung über Inhalte und Zielsetzungen, welche weitere Bestandteile eines didaktischen Konzepts darstellen. Konzepte beinhalten demnach schon fertige Arrangements mit ausgewählten

---

<sup>73</sup> Vgl. Jank/Meyer (1991), S. 355ff.

<sup>74</sup> Vgl. Peterßen (2001), S. 24

Methoden. Die Komplexität unterschiedlicher Methoden kann jedoch einer durchaus starken Streuung unterliegen, was zu einer enormen Vielfalt von einfachen bis hin zu höchst komplexen Methoden führt.<sup>75</sup>

Im Gegensatz zur klassischen Methode des Frontalunterrichts, gibt es mittlerweile eine Vielzahl von handlungsorientierten Methoden. Eine kleine Auswahl soll hier vorgestellt werden:<sup>76</sup>

- Projektlernen
- Simulation
- Planspiel
- Rollenspiel
- Fallstudie
- Leittextmethode

### **2.5.1 Projektlernen**

Mit Hilfe der Projektmethode bearbeiten Lernende selbstständig meist in kleinen Gruppen komplexe, reale Aufgabenstellungen in den vier Projektphasen:<sup>77</sup>

- Zielsetzung
- Planung
- Ausführung und
- Beurteilung

Lernen mit Hilfe von Projekten hat in der heutigen Zeit einen sehr großen Stellenwert eingenommen, weshalb das Projektlernen auch oft als didaktische Wunderwaffe angesehen wird. Dabei soll vor allem das selbstständige Arbeiten der Lernenden im Mittelpunkt stehen und die Arbeitszeit am Projekt frei einteilbar und nicht an fixe Unterrichtsstunden gebunden sein. Der Lerninhalt beschränkt sich nicht nur auf ein Fachgebiet, sondern ergibt sich interdisziplinär aus dem Umfang und der Originalität des Projektes selbst. Durch gemeinsame Bearbeitung und Auseinandersetzung mit der jeweiligen Situation verschwindet das Konkurrenzdenken und die soziale Kompetenz wird gestärkt.<sup>78</sup> Vorteile wie Praxisnähe, gemeinschaftliches Lernen, hohe Motivationsentwicklung der Lernenden und Erwerb von Kompetenzen stehen ein hoher Zeitaufwand, sowie ein erhöhter finanzieller, materieller und bürokratischer Aufwand der Bildungseinrichtungen gegenüber.<sup>79</sup>

---

<sup>75</sup> Vgl. Peterßen (2001), S. 28f.

<sup>76</sup> Vgl. Bonz (2001), S. 105

<sup>77</sup> Bonz (2001), S. 105

<sup>78</sup> Vgl. Peterßen (2001), S. 236f.

<sup>79</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 79



### 2.5.2 Simulation

Die Simulation ist eine Abbildung der komplexen Realität und wird vorzugsweise vereinfacht dargestellt, um den Lernenden eine nicht zu komplizierte, gefährliche oder ungünstige Lernumgebung bereitzustellen. Dabei stellt die Reduktion dieser Komplexität eine große Herausforderung für die Lehrenden dar. Die Auszubildenden haben die Möglichkeit in einer der Realität nachgebildeten, fiktiven Umwelt zu agieren. Je einfacher diese Umgebung abgebildet wird, desto schwerer wird es für die Lernenden die Erkenntnisse, die sie erfahren, im Anschluss wieder in die Wirklichkeit zu transferieren. Simulationen eines Industriebetriebes können in zwei unterschiedlichen Varianten ausgeführt werden. Lehrende haben die Möglichkeit den Ablauf in einem Betrieb komplett abzubilden (Lernbüro, Übungsfirma) oder sich nur auf einzelne Teilbereiche zu beschränken und in diesen Lerninhalte spielerisch mittels Plan- oder Rollenspielen zu vermitteln. Computer oder andere Medien gewinnen bei der Methode der Simulation auch immer mehr an Bedeutung. Hier wird die Realität am Bildschirm abgebildet und die Lernenden verändern das Betriebsgeschehen mittels Eingaben am System.<sup>80</sup>

### 2.5.3 Planspiel

Im Planspiel wird ein Teilbereich der komplexen Realität abgebildet. In diesem abgesteckten Rahmen mit fest definierten Grundregeln nehmen Lernende üblicherweise in kleinen Gruppen eine bestimmte Rolle ein. Diese Gruppen verfolgen meist unterschiedliche Interessen, um im Verlauf des Planspiels ihre festgelegten Ziele zu erreichen, weshalb es zu Konflikt- und Konkurrenzsituationen untereinander kommt. Planspiele werden in mehrere Spielrunden (Perioden) unterteilt, wobei taktische Entscheidungen aller Gruppen der vorangegangenen Periode sich in der nächsten Runde auswirken. Dadurch entsteht ein „dynamisches Mehrperioden-Modell“. Lehrende können als Spielleiter plötzlich unerwartete Situationen einschieben, um das Spiel in eine andere Richtung zu lenken oder einzelne Gruppen zu einem Strategiewechsel zu zwingen. Der Kooperation in der Gruppe als auch der Kommunikation unter den Gruppen kommen dabei wesentliche Bedeutungen zu. Zur Steigerung des Realitätsbezugs und zur schnelleren Verarbeitung der Auswirkungen von Entscheidungen kann der gesamte Spielverlauf von Computern unterstützt werden. Historisch gesehen hat sich diese Methode, welche in der heutigen Zeit in Managementbereichen genutzt wird, aus militärischen Strategiespielen vergangener Jahrhunderte entwickelt.<sup>81</sup> Gewöhnlich werden im Laufe des Planspiels drei Phasen durchlaufen. Nach einer Vorbereitungsphase, mit inkludierter Informations-

---

<sup>80</sup> Vgl. Bonz (2001), S. 106f.

<sup>81</sup> Vgl. Riedl (2011), S. 270ff.

beschaffung der Lernenden, folgen die eigentlichen Spielrunden mit einer abschließenden Auswertung der Ergebnisse und kritischen Beleuchtung derselben.<sup>82</sup>

#### **2.5.4 Rollenspiel**

Bei dieser Methode bilden die Lernenden selbst die Realität ab, zumindest den sozialen Teil davon. Sie schlüpfen als Darsteller in vorbestimmte menschliche Rollen, wobei jede einzelne Rolle unterschiedliche Eigenheiten und Wertvorstellungen aufweist. Die Lernenden versuchen sich so gut als möglich in ihre neuen Rollen hineinzusetzen. Dadurch sammeln sie Erfahrungen, wie unterschiedliche Interessen unterschiedliche Handlungsweisen hervorrufen können und auch wie besonders in Konfliktsituationen mit Mitmenschen verfahren wird. In erster Linie zielt die Methode auf Personen und ihre Wechselwirkungen untereinander ab, wodurch sie auch in solchen Situationen zum Einsatz kommen soll, in denen es größtenteils auf die affektiven und emotionalen Lernziele ankommt.<sup>83</sup>

Aus der Methode Rollenspiel haben sich viele unterschiedliche Typen herauskristallisiert, von denen eine kleine Auswahl vorgestellt werden soll. Beim Typ „Fishbowl“, übersetzt soviel wie Aquarium, werden zwei Gruppen gebildet, wobei eine Gruppe aus den Akteuren besteht und die andere Gruppe als Beobachter agiert. „Multiples Verfahren“ ist eine Variante, bei der die Lernenden in kleine Gruppen eingeteilt werden, die allesamt dasselbe Rollenspiel spielen. Bei der „Rollenrotation“ werden die einzelnen Rollen einmal komplett, beim „Rollentausch“ nur teilweise gewechselt. Das „Spiegelverfahren“ wird dazu verwendet, um den Hauptdarstellern ihr eigenes Verhalten in einer Situation zu präsentieren, indem andere Akteure das Spiel der Hauptdarsteller wiederholen.<sup>84</sup>

#### **2.5.5 Fallstudie**

Fallstudien bearbeiten Probleme aus praxisrelevanten Fällen, die mehrere optionale Lösungswege zulassen, damit die Lernenden in Gruppen zu Diskussionen angeregt werden und eine passende Auswahl treffen können. Zudem werden sie durch die Auseinandersetzung mit Situationen aus dem realen Arbeitsleben für ihr späteres Handeln in der Praxis gerüstet. Die Fälle sollten möglichst komplex gestaltet sein, um einfache und eindeutige Lösungswege im Vorhinein ausschließen zu können.<sup>85</sup>

---

<sup>82</sup> Vgl. Peterßen (2001), S. 230f.

<sup>83</sup> Vgl. Bonz (2001), S. 108

<sup>84</sup> Vgl. Peterßen (2001), S. 257

<sup>85</sup> Vgl. Bonz (2001), S. 108f.

Die Fälle können neben realen Problemen aus der Wirtschaft auch vom Lehrenden selbst kreiert werden und entweder repräsentativ oder beispielhaft aufgebaut sein. Lernende sollen „sich dem Fall stellen“, in dem sie sich mit dem geschichtlichen Verlauf einer Organisation und den dabei auftretenden Problemen auseinandersetzen. Lösungsvorschläge sollen nach der Bearbeitung auch in Bezug auf eine mögliche Verallgemeinerung untersucht werden, um sie bei anderen Problemstellungen ebenfalls anwenden zu können. Zielsetzungen dieser Methode sind weniger die Erlangung von Fachwissen zu einem bestimmten Themengebiet, sondern eher Prozesse und Abläufe zu verstehen, analysieren, verknüpfen und bewerten. Fallstudien möchten somit die Problemlösungskompetenz und die Entscheidungsfähigkeit der Lernenden fördern. In der zu Beginn schriftlich ausgeteilten oder mündlich vorgetragenen Fallbeschreibung erhalten die Lernenden alle wichtigen Informationen zur Ausgangslage und werden in weiterer Folge von den Lehrenden im Bedarfsfall unterstützt.<sup>86</sup> Den Abschluss eines Fallbeispiels bildet der Vergleich der geeignetsten Lösungsvariante der Lernenden mit der tatsächlich umgesetzten Lösung in der Praxis<sup>87</sup>.

### **2.5.6 Leittextmethode**

Lehrende stellen den Lernenden sogenannte „Leittexte“ zur Verfügung. Dies sind meist niedergeschriebene Texte, die den Lernenden als Unterstützung und Orientierung bei der Bearbeitung ihrer Aufgaben dienen sollen. Die Methode lehnt sich stark an das Konzept der „vollständigen Handlung“ von Hacker (1986) an und stellt den Lernenden in den sechs Phasen Informieren, Planen, Entscheiden, Ausführen, Kontrollieren und Bewerten, Leitfäden (meist in Form von Leitfragen) zur Verfügung.<sup>88</sup> Dadurch werden die Lernenden von den Lehrenden nicht direkt angewiesen wie im Frontalunterricht (Abbildung 11), sondern arbeiten selbstständig durch die Leittexte an der Aufgabenstellung und erhalten nur, wenn benötigt, beratende Hilfestellungen durch das Lehrpersonal<sup>89</sup>. Die Leittexte erfüllen dabei folgende Aufgaben:<sup>90</sup>

- Texte informieren über die Ausbildungsaufgabe,
- Texte helfen bei der Planung der Lösung,
- Texte helfen bei der Kontrolle.

---

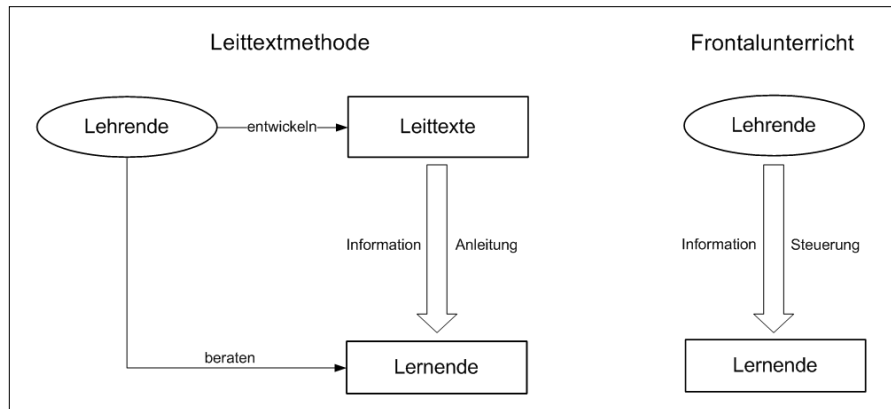
<sup>86</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 67ff.

<sup>87</sup> Vgl. Bonz (2001), S. 108

<sup>88</sup> Vgl. Markowitsch/Messerer/Prokopp (2004), S. 126f.

<sup>89</sup> Vgl. Riedl (2011), S. 256

<sup>90</sup> Peterßen (2001), S. 170

Abbildung 11: Leittextmethode<sup>91</sup>

Darüber hinaus gibt es, wie bereits eingangs erwähnt, eine Fülle an weiteren Methoden, auch im Bereich der Handlungsorientierung. Peterßen (2001) gibt einen guten Überblick über sehr viele Methoden.

## 2.6 Potentiale von Lernfabriken

Cachay et al. führten eine Studie mit Hilfe der Prozesslernfabrik CiP (Center für industrielle Produktivität) an der Technischen Universität in Darmstadt durch, mit dem Ziel zu untersuchen, ob der praxis- und handlungsorientierte Ansatz in Lernfabriken Vorteile gegenüber konventionellen, nicht handlungsorientierten Lehrmethoden aufweist. Die Studie basiert auf Methoden der empirischen Sozialforschung und weist das Design eines realen Experiments auf, wodurch ein strukturiertes Forschungsfeld gegeben ist, um einen Vergleich zwischen unterschiedlichen Kohorten und einen Vergleich zwischen der Versuchs- und Kontrollgruppe anstellen zu können.<sup>92</sup>

In Abbildung 12 ist der grundsätzliche Aufbau und die Struktur dieser Studie von Cachay et al. dargestellt. Die beiden Tagesabläufe der Gruppen sind deutlich erkennbar. Am ersten Tag erhielten die neun Teilnehmer der Kontrollgruppe einen konventionellen Unterricht. Am zweiten Tag wurden die 16 Teilnehmer der Versuchsgruppe mit dem handlungsorientierten Ansatz in der Lernfabrik unterrichtet. Zu Beginn absolvierten beide Gruppen eine kleine Vorprüfung, um den anfänglichen Kenntnisstand der Teilnehmer zu ermitteln. Dieser Eingangstest, welcher sich auf das Fachwissen und das thematische Verständnis der Teilnehmenden bezog, ist deshalb notwendig, damit die individuellen Lernfortschritte der einzelnen Personen durch die unterschiedlichen Unterrichtsformen nachvollziehbar werden. Anschlie-

<sup>91</sup> Riedl (2011), S. 256

<sup>92</sup> Vgl. Cachay et al. (2012), S. 1146f.

ßend wurden beide Gruppen in ihrer jeweiligen Unterrichtsform zu den Themen schlanke Produktion und Prozessanalyse unterrichtet. Beim konventionellen Ansatz zeigte der Ausbilder alle Schritte vor und die Teilnehmer der Kontrollgruppe durften nur beobachten und nicht selbst agieren, während die Versuchsgruppe mit dem handlungsorientierten Ausbildungsansatz in der Lernfabrik selber Erfahrungen und Fehler machen durfte. Nachdem jeweiligen Unterricht mussten die Teilnehmer erneut eine Prüfung absolvieren, welche exakt dieselben Fragen aus der Vorprüfung beinhaltete. Da es jedoch nicht ausreichend ist, nur das zusätzlich generierte Wissen der Teilnehmer zu überprüfen, wurde zum Abschluss der Studie ein letzter Test mit beiden Gruppen durchgeführt, in welchem die Teilnehmer in kleine Gruppen aufgeteilt und vor eine noch realistischere und anspruchsvollere Anwendungsaufgabe zur Prozessanalyse gestellt wurden. Den Abschluss bildeten kurze Interviews mit den Teilnehmenden.<sup>93</sup>

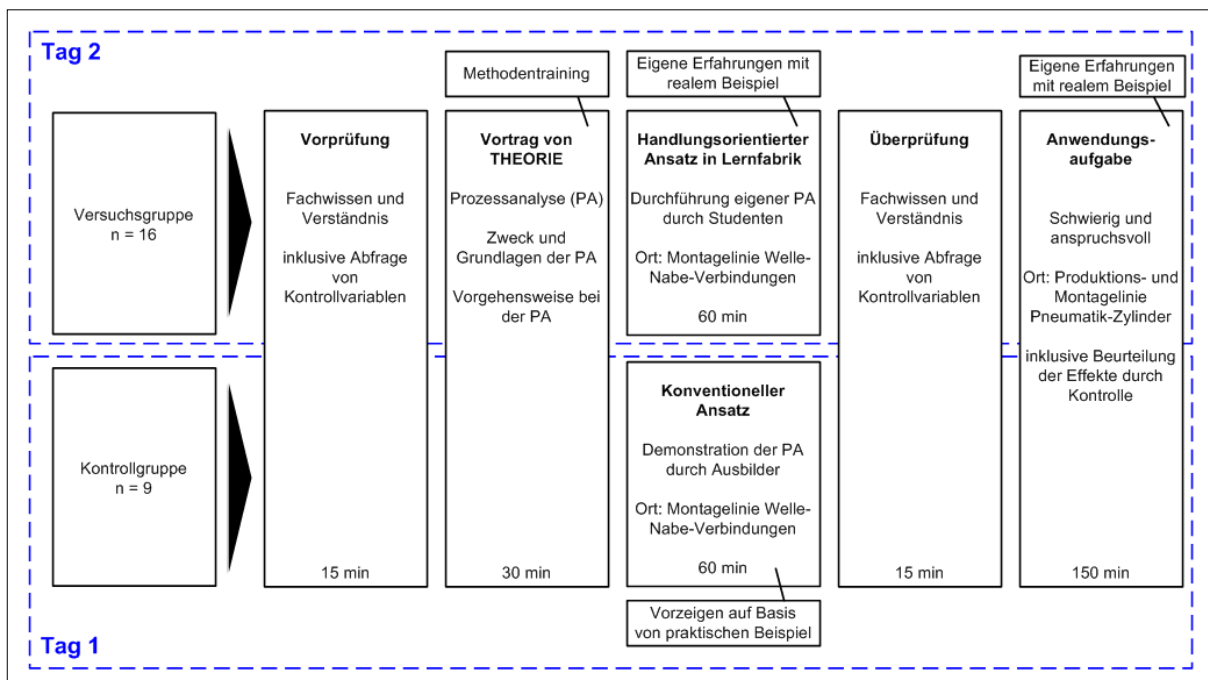


Abbildung 12: Struktur und Aufbau der Studie von Cachay et al.<sup>94</sup>

Die Prüfungsergebnisse der Versuchs- und Kontrollgruppe, vor und nach dem jeweiligen Unterrichtsansatz, sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Beide Gruppen wiesen zu Beginn eine annähernd gleiche Wissensrate auf (29,2% versus 32,0%) und beide Gruppen konnten erwartungsgemäß nach dem Unterricht ihr Wissens- und Verständnislevel deutlich steigern. Die Versuchsgruppe hatte jedoch einen wesentlich stärkeren Anstieg zu verzeichnen als die Kontrollgruppe, vor allem im Teilbereich des thematischen Verständnisses. Auch in der Anwendungsaufgabe

<sup>93</sup> Vgl. Cachay et al. (2012), S. 1147f.

<sup>94</sup> In Anlehnung an Cachay et al. (2012), S. 1147

lieferte die Versuchsgruppe ohne Zweifel eine bessere Leistung ab als die Kontrollgruppe.<sup>95</sup>

	Vorprüfung (davor)	Überprüfung (danach)	Absolute Erhöhung	Relative Erhöhung	Absolute Differenz
Ergebnisse insgesamt					
Kontrollgruppe	32,0%	56,8%	24,8%	77,5%	24,8%
Versuchsgruppe	29,2%	59,1%	29,9%	102,3%	
Ergebnisse des Teilbereichs Fachwissen					
Kontrollgruppe	31,1%	54,7%	23,6%	75,9%	27,5%
Versuchsgruppe	28,0%	56,9%	28,9%	103,4%	
Ergebnisse des Teilbereichs Verständnis					
Kontrollgruppe	33,3%	51,1%	17,8%	53,3%	47,5%
Versuchsgruppe	31,3%	62,8%	31,5%	100,8%	

Tabelle 1: Ergebnisse der Studie von Cachay et al.<sup>96</sup>

Die Ergebnisse der Studie von Cachay et al. zeigen, dass Teilnehmer nach einer handlungsorientierten Schulung in Lernfabriken eine deutlich höhere Anwendungsperformance und einen höheren Grad an Handlungs- und Verständniswissen gegenüber Teilnehmer traditioneller Ausbildungen aufweisen.<sup>97</sup>

Eine Lernfabrik bietet auch Potentiale und Chancen für neue und bestehende Partnerschaften zwischen Universitäten und Industrieunternehmen. Durch Aus- und Weiterbildungseinheiten in einer Lernfabrik entstehen Vorteile für beide Parteien der Partnerschaft, eine sogenannte „Win-Win Situation“.<sup>98</sup>

Für Universitäten ergeben sich unter anderem folgende Vorzüge:<sup>99</sup>

- Curriculumsgestaltung durch direkte Verknüpfung von theoretischen Studien mit Praxisprojekten für Studenten
- Lernfabrik als integraler Bestandteil des Lehrplans
- Praxisorientierung durch Kooperationsprojekte mit Unternehmen
- Schaffung einer Infrastruktur um Industrieunternehmen aktiv am pädagogischen Ausbildungsprozess zu beteiligen
- Technologietransfer und gemeinsame Technologieentwicklung
- Finanzielle Unterstützung
- Kontakt zu potentiellen Arbeitgebern

<sup>95</sup> Vgl. Cachay et al. (2012), S. 1151ff.

<sup>96</sup> Vgl. Cachay et al. (2012), S. 1150

<sup>97</sup> Vgl. Cachay et al. (2012), S. 1152

<sup>98</sup> Vgl. Matyas (2012), S. 21f.

<sup>99</sup> Vgl. Matyas (2012), S. 22f.

Unternehmungen können durch die Kooperation mitunter auf folgende Weise profitieren:<sup>100</sup>

- Angestellte erlernen Methoden und Fachwissen in idealer Infrastruktur und die Fähigkeit Erlerntes im eigenen Unternehmen umzusetzen - steigert Motivation
- Erhöhung des Innovationspotenzials
- Ganzheitlicher Ansatz statt begrenzte Perspektiven
- Anwendungsorientierte Forschung mit unternehmensrelevanten Ergebnissen
- Wettbewerbsvorteile durch Innovationen gemäß Stand der Technik
- Testen und Entwickeln von Methoden und Technologien
- Ganzheitliche Produkt- und Prozessoptimierung
- Hohe Präsenz des Unternehmens und der Marke im Bereich der Forschung – gemeinsamer Auftritt mit Universitäten – gegenseitiger Imagetransfer
- Einfluss auf die wichtigsten Bereiche der Ausbildung
- Rekrutierung – Gewinnen potentieller Mitarbeiter
- Belichtung als attraktiver Arbeitgeber

---

<sup>100</sup> Vgl. Matyas (2012), S. 23f.

### 3 Literatur zu den Lehr-/Lerninhalten

Das zweite große theoretische Kapitel setzt sich mit Literatur bestimmter Lehr-/Lerninhalte der Lernfabriken beider vorgestellten Institute auseinander, wobei sich der Fokus durch die Schwerpunktsbetrachtung der IBL-Lernfabrik auch auf die Inhalte der Industriebetriebslehre und Innovationsforschung richtet. Im Folgenden werden somit theoretische Hintergründe zu ausgewählten Inhalten der Bereiche Industrial Engineering, Logistikmanagement und Energieeffizienz genauer beleuchtet und vorgestellt.

#### 3.1 Industrial Engineering

In den 1960er Jahren erkannte das American Institute of Industrial Engineers eine Definition für den Begriff „Industrial Engineering“ (kurz IE) an<sup>101</sup>:

*„Industrial Engineering is concerned with the design, improvement, and installation of integrated systems of men, materials, equipment and energy. It draws upon specialized knowledge and skill in the mathematical, physical and social sciences together with the principles and methods of engineering analysis and design to specify, predict, and evaluate the results to be obtained from such systems.“*<sup>102</sup>

Die Inhalte dieser Definition bilden heute die Basis bzw. Grundlagen des IE und sind im Laufe der Zeit um einige Anwendungsbereiche erweitert worden. Die Dynamik in diesem Feld wird auch in Zukunft Änderungen und Erweiterungen mit sich bringen.<sup>103</sup> Die für diese Arbeit wichtigen Bestandteile, Verfahren und Methoden des IE werden hier kurz vorgestellt.

##### 3.1.1 Ergonomie und Arbeitsplatzgestaltung

Ergonomie setzt sich aus den beiden griechischen Wörtern „ergon“ und „nomos“ zusammen und bedeutet übersetzt soviel wie Arbeitsregeln bzw. Arbeitsgesetze.<sup>104</sup>

Nach Laurig setzt sich die Grundaufgabe der Ergonomie aus zwei Teilen zusammen. Der erste Teil der Aufgabe beschäftigt sich mit der menschengerechten Gestaltung der Bedingungen, welche Menschen an ihrem Arbeitsplatz vorfinden, um die

---

<sup>101</sup> Vgl. Martin-Vega (2001), S. 1.11

<sup>102</sup> Martin-Vega (2001), S. 1.11

<sup>103</sup> Vgl. Martin-Vega (2001), S. 1.18

<sup>104</sup> Vgl. Laurig (1992), S. 9



Bedürfnisse und Eigenschaften der Menschen zu berücksichtigen. Dabei kann sich sowohl der Mensch an die Aufgaben und Bedingungen am Arbeitsplatz anpassen, als auch die Arbeitsaufgabe und Arbeitsbedingungen an den Mensch angepasst werden. Der zweite Teil der Aufgabe besteht darin, die Fähigkeiten und Eigenschaften der Menschen in ihrem Sinne am Arbeitsplatz zu entfalten und auch zu nutzen, um so auch die wirtschaftlichen Kriterien zu berücksichtigen. Die ergonomische Gestaltung umfasst demnach neben der rein technisch zweckmäßigen Arbeitsplatzgestaltung auch Kriterien der Wirtschaftlichkeit.<sup>105</sup>

Nach Dul und Weerdmeester ist das Ziel der Ergonomie die Arbeitsplätze, technischen Systeme und Aufgaben in solcher Weise zu gestalten, dass die menschliche Sicherheit, Gesundheit, der Komfort und die Leistung verbessert werden. Diese menschengerechte Gestaltung der Arbeitsplätze steigert unter anderem auch die Effizienz und Effektivität der Arbeitsabläufe, was wiederum einen Anstieg der Qualität und Produktivität zu Folge hat<sup>106</sup>. Durch die vielen unterschiedlichen menschlichen Facetten, welche von der Natur vorgegeben werden, führt der ergonomische Ansatz zumeist in eine Anpassung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsumgebung an den Menschen als umgekehrt.<sup>107</sup>

Bei der Gestaltung des Arbeitsplatzes sind speziell Gesichtspunkte aus folgenden Bereichen zu berücksichtigen:<sup>108</sup>

- Anthropometrie
- Arbeitsphysiologie
- Bewegungstechnik
- Informationstechnik
- Sicherheitstechnik

Unter Berücksichtigung der Anthropometrie sind Elemente eines Arbeitsplatzes so auszulegen, dass diese sich räumlich und förmlich optimal an den Körpermaßen des Menschen anpassen. Dabei ist der Arbeitsplatz zum Beispiel unter Zuhilfenahme der Somatografie (im einfachstem Fall eine Körperumrisschablone) nicht nur für eine Körpergröße, sondern für einen gesamten Größenbereich zu konzipieren.<sup>109</sup>

Arbeitsphysiologische Aspekte hingegen beachten die biomechanischen und metabolischen Prozesse, welche den Menschen am Arbeitsplatz beeinflussen<sup>110</sup>. Die Körperfunktionen des Menschen sollen zur Bewältigung der jeweiligen Arbeit optimal

---

<sup>105</sup> Vgl. Laurig (1992), S. 18f.

<sup>106</sup> Vgl. BG ETEM (2011), S. 4, Zugriffsdatum: 02.09.2013

<sup>107</sup> Vgl. Dul/Weerdmeester (2008), S. 1f.

<sup>108</sup> Vgl. REFA (1993), S. 315

<sup>109</sup> Vgl. REFA (1993), S. 316f.

<sup>110</sup> Vgl. Joseph/Kilduff/Bloswick (2001), S. 6.57

eingesetzt werden können, was jedoch voraussetzt, dass nicht nur die Eigenschaften der ausführenden Person bekannt sein müssen, sondern auch Informationen vorliegen, die Auskunft über die Arbeit selbst liefern. Die Arbeit kann sich in der Art der Ausführung, in ihrer Form und Dauer als auch in ihrer Schwere unterscheiden und zusätzlich noch spezielle Bedingungen erfordern. Generell sollte bei der Arbeitsplatzgestaltung der arbeitende Mensch möglichst gering belastet werden. Dies kann dadurch erfolgen, dass aufzubringende Kräfte reduziert und Muskelkraft dadurch nur wirtschaftlich eingesetzt werden muss, der Anteil statischer Muskelarbeit verringert wird, Kraftrichtungen optimal ausgenützt sowie Arbeitsplatzwechsel und Erholungszeiten angemessen vorgegeben werden.<sup>111</sup> Eine zu hohe Arbeitsbelastung durch die Arbeit oder Umgebung führt zu einer zu hohen Beanspruchung und löst im Menschen eine physische oder psychische Stressreaktion mit Auswirkungen auf die zu leistende Arbeit aus.<sup>112</sup>

Im Bereich der Bewegungstechnik wird versucht einzelne Bewegungen zu vereinfachen und zu verdichten oder wenn es möglich und erforderlich ist, diese auch zu mechanisieren bzw. automatisieren<sup>113</sup>. Die Informationstechnik kümmert sich bei der Arbeitsplatzgestaltung um ein optimales Zusammenspiel zwischen Mensch, Betriebsmittel und Werkstück. Dazu wird eine bestmögliche Gestaltung des Informationsflusses durch Übertragung verschiedener Signale angestrebt<sup>114</sup>. Alle Maßnahmen bei der Arbeitsplatzgestaltung zur Unfallverhütung und Vermeidung von Krankheiten und Verletzungen sind der Sicherheitstechnik vorbehalten<sup>115</sup>.

Auf der einen Seite sind bei der ergonomischen Gestaltung grundsätzlich die menschlichen Fähigkeiten und Eigenschaften und deren Streuverhalten zu berücksichtigen, auf der anderen Seite sind Kenntnisse bezüglich des Arbeitsablaufs und den damit verbundenen einwirkenden Belastungen auf den Menschen von Bedeutung. Diese Belastungen können sich nun entweder aus der Arbeitstätigkeit selbst oder der Arbeitsumgebung ergeben.<sup>116</sup>

### **Umgebungseinflüsse am Arbeitsplatz**

Einflüsse aus der Arbeitsumgebung auf den Menschen können in drei unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden. Neben den Einflüssen aus der

---

<sup>111</sup> Vgl. REFA (1993), S. 332ff.

<sup>112</sup> Vgl. REFA Bundesverband e.V. (2004b), S. 53ff.

<sup>113</sup> Vgl. REFA (1993), S. 364

<sup>114</sup> Vgl. REFA Bundesverband e.V. (2004b), S. 149

<sup>115</sup> Vgl. REFA Bundesverband e.V. (2004b), S. 23

<sup>116</sup> Vgl. Laurig (1992), S. 103

sozialen Umgebung zählen dazu vor allem Einflüsse und Belastungen, welche physikalisch oder chemisch beschreibbar sind.<sup>117</sup>

In die Kategorie der chemischen und physikalischen Umgebungseinflüsse fallen unter anderem:<sup>118</sup>

- Schall
- Mechanische Schwingungen
- Klima und Lüftung
- Beleuchtung
- Farbe
- Stäube, Gase und Dämpfe

Der Schall, der beim Menschen ein negatives Empfinden auslöst, wird auch als Lärm bezeichnet und sollte bei geistigen Arbeiten einen Schalldruckpegel nach A-Bewertung von 50 Dezibel und bei sonstigen Arbeiten 85 Dezibel nicht überschreiten, um das Hörvermögen nicht zu gefährden. Unter Vibrationen werden die Einwirkungen mechanischer Schwingungen auf den menschlichen Körper verstanden, welche besonders in einem Frequenzbereich von 0,8 bis 1000 Hz (Resonanzbereich menschlicher Körperteile) mit entsprechender Intensität und Dauer den Organismus schädigen können. Der Mensch tauscht mit seiner Umgebung ständig Wärme aus. Wie der Mensch diesen Austausch empfindet, wird durch das Klima beschrieben. Die klimatischen Faktoren Temperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und Wärmestrahlung beeinflussen, neben der körperlichen Aktivität und der Bekleidung, dieses Empfinden wesentlich. In einem Zustand der Behaglichkeit befindet sich die Wärmeproduktion und Wärmeabgabe des Menschen im Einklang. Für ein behagliches Raumklima wird bei einer geringen körperlichen Belastung eine Temperatur von 21 Grad Celsius, eine maximale Luftgeschwindigkeit von 0,1 Meter pro Sekunde und eine Luftfeuchtigkeit von 50 Prozent empfohlen. Bei stärkerer körperlicher Belastung nehmen die Empfehlungswerte für die Temperatur ab und jene der Luftgeschwindigkeiten steigen an. Eine geeignete Beleuchtung bzw. gutes Licht schont die Augen, fördert die Sehleistung und bewirkt zusätzlich einen erhöhten Sehkomfort und ein verbessertes visuelles Ambiente. Der Einsatz von Farben in der Arbeitsumgebung hat Einfluss auf die Stimmungslage, das Temperaturempfinden und die Abschätzung von Entfernungen. Luftverunreinigungen durch Gase, Dämpfe, Nebel, Rauch und Staub verursachen eine veränderte Zusammensetzung der Luftbestandteile und können den arbeitenden Menschen stören, belästigen oder sogar gesundheitlich gefährden.

---

<sup>117</sup> Vgl. Laurig (1992), S. 133

<sup>118</sup> REFA (1993), S. 447

Um eine Gesundheitsgefährdung durch die Luftschadstoffe zu vermeiden, wurden Grenzwerte für die Konzentration nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen festgelegt, die sogenannten MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) bzw. TRK-Werte (Technische Richtkonzentration).<sup>119</sup> Kubitschek/Kirchner fügen mit den biologisch beschreibbaren Umgebungseinflüssen eine weitere Kategorie hinzu, welche vorwiegend durch mikrobiologische Organismen (Viren, Bakterien und Pilze) gekennzeichnet sind<sup>120</sup>.

### 3.1.2 Arbeitsstudium und Zeitwirtschaft

Bei der Zeitermittlung unterscheidet man zwischen „Ist-Zeiten erfassen“ und „Soll-Zeiten bestimmen“. Zur Zeitermittlung können in beiden Bereichen unterschiedliche Methoden angewendet werden.<sup>121</sup> Der Fokus der vorliegenden Arbeit richtet sich auf die Fremdaufschreibung (Zeitaufnahme) und Systeme vorbestimmter Zeiten.

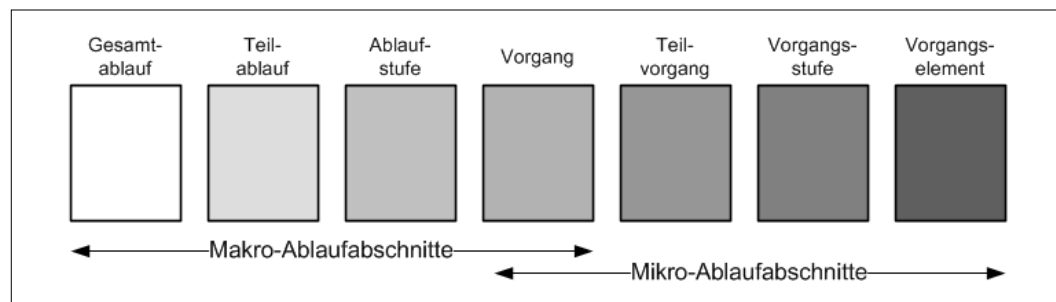


Abbildung 13: Gliederung von Ablaufabschnitten<sup>122</sup>

Der gesamte Arbeitsablauf (Gesamtablauf) kann zur einfacheren Beschreibung, je nach Bedarf, in unterschiedlich große Ablaufabschnitte gegliedert werden, wie in Abbildung 13 dargestellt ist. Dabei können, ausgehend vom Gesamtablauf, die einzelnen Ablaufabschnitte bis hin zu den Vorgangselementen immer feiner unterteilt werden. Vorgangselemente sind Bewegungselemente und Prozesselemente, die sich nicht mehr weiter in Ablaufabschnitte unterteilen lassen, da eine noch detailliertere zeitliche Erfassung und Beschreibung nicht mehr möglich ist. Grundbewegungen und geistige Grundvorgänge des Menschen werden dabei als Bewegungselemente, Grundvorgänge von Maschinen als Prozesselemente bezeichnet.<sup>123</sup>

<sup>119</sup> Vgl. Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (2012), S. 16ff., Zugriffsdatum: 03.09.2013

<sup>120</sup> Vgl. Kubitschek/Kirchner (2005), S. 85

<sup>121</sup> Vgl. REFA (1997), S. 61

<sup>122</sup> REFA (1993), S. 43

<sup>123</sup> Vgl. REFA (1993), S. 42ff.

## Therbligs

Als einer der ersten Wissenschaftler studierte Gilbreth zu Beginn des 20. Jahrhunderts<sup>124</sup> die Bewegungsabläufe des Menschen und analysierte diese mit Hilfe von Filmaufnahmen. Er fand heraus, dass 17 unterschiedliche Vorgangselemente bzw. Bewegungselemente ausreichen, um jeden beliebigen Arbeitsablauf zu beschreiben und nannte diese „Therbligs“ in Anlehnung an seinen Namen von hinten nach vorne gelesen.<sup>125</sup>

Therblig	Symbol	Therblig	Symbol	Therblig	Symbol
Suchen		Unbeladen transportieren		Vorposition	
Finden		Position		Loslassen	
Auswählen		Zusammenbauen		Unvermeidliches Warten	
Greifen		Benutzen		Vermeidliches Warten	
Halten		Auseinanderbauen		Planen	
Beladen transportieren		Inspizieren		Erholen (Rasten)	

Tabelle 2: Therbligs und zugehörige Symbole<sup>126</sup>

Tabelle 2 listet alle 18 Therbligs inklusive den dazugehörigen Symbolen auf. Das 18. Therblig „Halten“ wurde erst in den 40er Jahren nachträglich zur Liste hinzugefügt. Durch die Aufteilung des Arbeitsablaufs in diverse Therbligs kann dieser durch Eliminierung nicht notwendiger Bewegungen optimiert werden. Gleichzeitig wird durch Anwendung der 18 Therbligs eine einheitliche Sprache für die Arbeitsablaufbeschreibung verwendet und mit Hilfe der Symbole kann die Beschreibung sogar sprachunabhängig erfolgen.<sup>127</sup>

## Ablaufarten

Die Ablaufarten (im Speziellen auch Zeitarten genannt) gehören zu den Grundlagen des Arbeitsstudiums und dienen unter anderem auch der Beschreibung von Ablaufabschnitten, jedoch können Ablaufarten entsprechende Zeiträume von kurzen Abläufen bis hin zu ganzen Perioden und Jahren abdecken. Sie beschreiben das Zusammenspiel des Menschen und der verwendeten Betriebsmittel mit dem jeweiligen Arbeitsgegenstand während der Verrichtung der Arbeit. Um eine Arbeitsabfolge in Ablaufabschnitten mit unterschiedlichen Ablaufarten beschreiben

<sup>124</sup> Vgl. Schwaiger (2008), S. 49

<sup>125</sup> Vgl. REFA (1997), S. 68

<sup>126</sup> Vgl. Schwaiger (2008), S. 49

<sup>127</sup> Vgl. Schwaiger (2008), S. 49f.

zu können, ist eine Gliederung dieser notwendig, welche entweder auf den Menschen, das Betriebsmittel oder den Arbeitsgegenstand (Produkt) bezogen werden kann. Abbildung 14 zeigt die Gliederung der auf den Menschen bezogenen Ablaufarten. Die Gliederung der Ablaufarten in Bezug auf das Betriebsmittel unterscheidet sich nur dahingehend, dass die Tätigkeit des Menschen durch die Nutzung des Betriebsmittels ersetzt wird. Eine Ablaufartengliederung bezogen auf den Arbeitsgegenstand weist eine abweichende Form zu diesen beiden Gliederungen auf und differenziert in erster Ebene das Verändern, Prüfen, Liegen und Lagern des Arbeitsgegenstandes.<sup>128</sup>

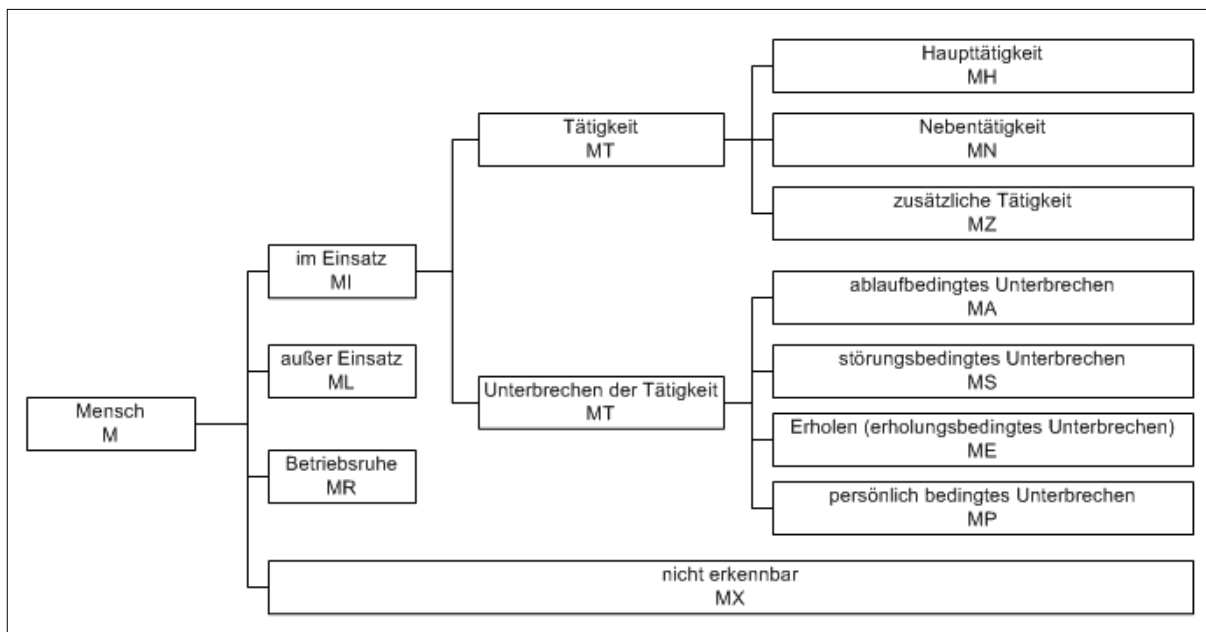


Abbildung 14: Ablaufarten bezogen auf den Menschen<sup>129</sup>

### **Systeme vorbestimmter Zeiten (MTM und MOST-Verfahren)**

Jene Ablaufabschnitte bei denen die Zeit für die zu verrichtende Tätigkeit ganz alleine vom Menschen abhängt, werden als manuelle Arbeitsabläufe<sup>130</sup> oder auch als voll beeinflussbare Ablaufabschnitte bezeichnet<sup>131</sup>. Mit Hilfe der Systeme vorbestimmter Zeiten (SvZ) ist eine Zeitdatenermittlung auf analytisch-rechnerischem Wege möglich<sup>132</sup>.

Dabei werden manuelle Arbeitsabläufe im ersten Schritt der Ablaufanalyse, in ihre einzelnen Bewegungselemente gegliedert. Die Pioniere auf dem Gebiet der SvZ stützten sich zunächst auf die Arbeiten von Gilbreth und seinen Therbligs, erkannten

<sup>128</sup> Vgl. REFA (1997), S. 20ff.

<sup>129</sup> In Anlehnung an REFA (1997), S. 25

<sup>130</sup> Vgl. Schlick/Bruder/Luczak (2010), S. 696

<sup>131</sup> Vgl. REFA Bundesverband e.V. (2004a), S. 102

<sup>132</sup> Vgl. Schlick/Bruder/Luczak (2010), S. 696

in weiterer Folge jedoch, dass weitaus weniger Bewegungselemente für eine Ablaufanalyse ausreichen. Die Bewegungen Hinlangen, Greifen, Bringen, Vorrichten, Fügen und Loslassen zählen zu den sechs wichtigsten Elementen. Nach der Ablaufanalyse folgt im zweiten Schritt der SvZ-Verfahren die Zeitzuordnung. Diese beginnt mit der Bestimmung der qualitativen und quantitativen Einflussgrößen auf das Bewegungselement. Unter eine quantitative Einflussgröße, welche mit einem Zahlenwert erfasst werden kann, fällt zum Beispiel die Bewegungslänge in Zentimeter bei der Bewegung Hinlangen. Eine qualitative Einflussgröße hingegen beschreibt einen gewissen Fall, wie zum Beispiel die erforderliche Zielgenauigkeit beim Hinlangen. Sind alle Einflussgrößen bekannt, ist es möglich aus sogenannten Bewegungszeitabellen (siehe Abbildung 15 für die Bewegung Fügen) die Soll-Zeit für jedes einzelne Bewegungselement abzulesen bzw. aus den Normzeitwerten TMUs (Time-Measurement-Unit) zu berechnen und durch Aufsummierung aller Elemente die Soll-Zeit eines manuellen Arbeitsablaufs zu ermitteln. Eine TMU entspricht dabei 0,036 Sekunden.<sup>133</sup>

Symbol	Passung	Beschreibung	Anfügen mm	Symmetrie	E	D
P 1	lose	Kein Druck notwendig	$\leq \pm 6,0$	S	5,6	11,2
				SS	9,1	14,7
				NS	10,4	16,0
P 2	eng	Leichter Druck notwendig	$\leq \pm 1,5$	S	16,2	21,8
				SS	19,7	25,3
				NS	21,0	26,6
P 3	fest	Starker Druck notwendig	$\leq \pm 0,4$	S	43,0	48,6
				SS	46,5	52,1
				NS	47,8	53,4

Abbildung 15: Bewegungszeitabelle des MTM-Grundverfahrens fürs Fügen<sup>134</sup>

Seit Gilbreths Mitarbeiter 1926 das erste System vorbestimmter Zeiten der Öffentlichkeit vorgestellt hat, entstanden im Laufe der Zeit eine Vielzahl weiterer SvZ, wovon heutzutage nur mehr das WF-Verfahren (Work-Factor), das MTM-Verfahren (Methods-Time-Measurement) und das MOST-Verfahren (Maynard Operation Sequence Technique) praktische Relevanz aufweisen. Der wesentliche Unterschied zwischen dem WF-Verfahren und dem MTM-Verfahren besteht darin, dass das WF-Verfahren ausschließlich quantitative Einflussgrößen bei der Zeitzuordnung berücksichtigt, während das MTM-Verfahren auch Rücksicht auf qualitative Einflüsse nimmt. Haben sich diese Verfahren zunächst als Grundverfahren (MTM-1) nur für die Massenfertigung als geeignet erwiesen, wurden mit der Zeit Verfahren entwickelt (MTM-2, MTM-3, MTM-AUS, etc.) um auch Anwendungen in der Serien- und Einzelteilfertigung zu finden. Das MOST-Verfahren basiert auf dem MTM-Verfahren,

<sup>133</sup> Vgl. REFA (1997), S. 66ff.

<sup>134</sup> Becks (1998), S. 2-6

unterscheidet sich jedoch bereits in der Ablaufanalyse, da beim MOST-Verfahren der Arbeitsablauf nicht in einzelne Bewegungselemente, sondern in standardisierte Bewegungssequenzmodelle gegliedert wird. Dadurch soll eine höhere Analysegeschwindigkeit erreicht werden.<sup>135</sup>

### Vorgabezeiten

Zeiten für Arbeitsabläufe und definierte Ablaufabschnitte benötigen eine Bezugsleistung bzw. eine Bezugsmenge, um in Planungs-, Steuerungs- und Kontrollprozessen sinnvoll verwendet werden zu können. Setzen sich diese Zeiten nicht nur aus der Zeit für die planmäßige Ausführung der Arbeit, sondern auch aus nicht genau vorausbestimmbaren Zeitanteilen zusammen, so werden diese Soll-Zeiten als Vorgabezeiten bezeichnet. Vorgabezeiten werden für Arbeitsabläufe ermittelt, die entweder vom Menschen oder vom Betriebsmittel ausgeführt werden.<sup>136</sup>

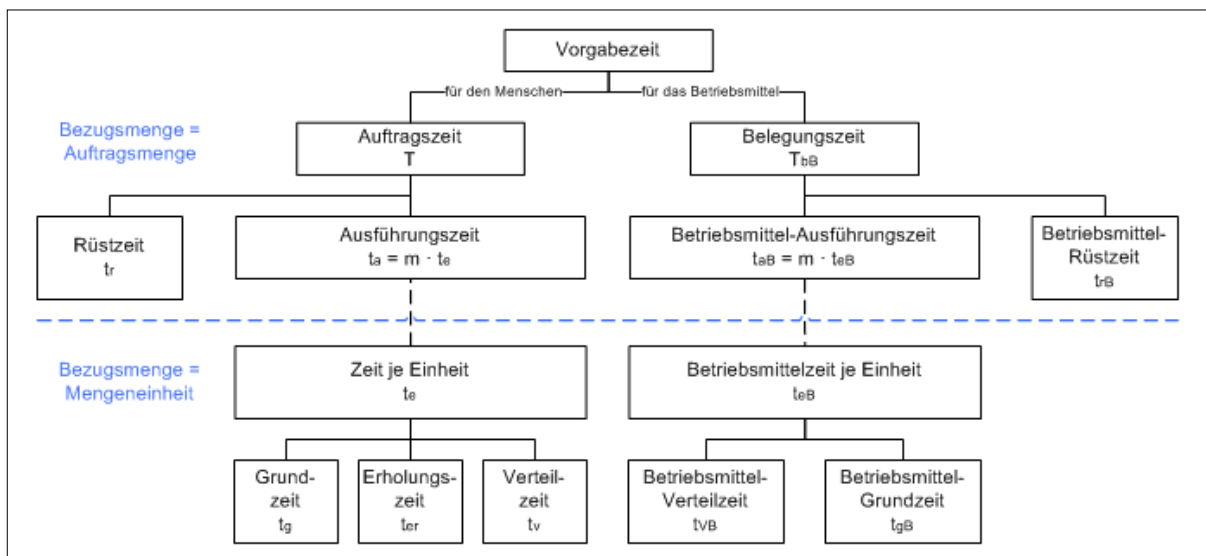


Abbildung 16: Zeitgliederung für die Vorgabezeit<sup>137</sup>

In Abbildung 16 ist die Zeitgliederung für die Vorgabezeit ersichtlich. Im folgenden Absatz wird nur der linke Baum des Organigramms in Abbildung 16 näher erläutert. Die Erläuterungen können jedoch sinngemäß auf den rechten Baum übertragen werden.

Neben der Möglichkeit Vorgabezeiten für den Menschen oder das Betriebsmittel zu bestimmen, erfolgt eine weitere Gliederung nach der Bezugsmenge. Die „Zeit je Einheit“ stellt eine auftragsunabhängige Vorgabezeit für den Menschen dar, welcher eine Mengeneinheit (zum Beispiel 1, 100 oder 1000 Stück) als Bezugsmenge zugrunde liegt und aus der Grund-, Erholungs- und Verteilzeit je Mengeneinheit

<sup>135</sup> Vgl. Schlick/Bruder/Luczak (2010), S. 697f.

<sup>136</sup> Vgl. REFA (1997), S. 41

<sup>137</sup> In Anlehnung an REFA (1997), S. 41ff.



gebildet wird. Die Grundzeit entspricht jener Sollzeit, die für die planmäßige Ausführung des Arbeitsablaufs benötigt wird. Die Erholung des Menschen wird durch die erforderliche Erholungszeit und zusätzliche außerplanmäßige Zeiten durch die Verteilzeit berücksichtigt. Ist die Bezugsmenge durch eine Auftragsmenge eines Auftrags gegeben, wird von einer auftragsabhängigen Vorgabezeit oder auch einfach nur von der Auftragszeit gesprochen. Diese setzt sich zusammen aus der Ausführungszeit und der Rüstzeit des Auftrags, wobei sich die Ausführungszeit aus der Zeit je Einheit (sofern die Mengeneinheit einem Stück entspricht) multipliziert mit der Auftragsmenge ergibt.<sup>138</sup>

### **Zeitaufnahme und Leistungsgradbeurteilung**

Mit Hilfe der Zeitaufnahme werden anhand von den Ist-Zeit-Messungen und deren Auswertung, die Soll-Zeiten für den späteren Bedarf ermittelt. Erfolgt die Zeitaufnahme durch Fremdaufschreibung, so beobachtet jene Person, welche die Arbeitsstudie durchführt, den Ist-Arbeitsablauf und protokolliert zugleich die Ergebnisse aus den Beobachtungen, ohne selbst den Arbeitsablauf durchzuführen. Für die Messung der Zeiten werden üblicherweise einfache Stoppuhren als Zeitmessgeräte und für die Protokollierung ein sogenannter Zeitaufnahmebogen verwendet. Das Protokoll in Form des Zeitaufnahmebogens muss neben den erfassten Ist-Zeiten auch Angaben über sämtliche Begleitumstände (Arbeitsverfahren, Arbeitsmethode, Arbeitsbedingungen, Bezugsmengen, Einflussgrößen, Leistungsgrade, etc.) enthalten, um eine Reproduzierung der Zeitaufnahme zu ermöglichen. Der REFA-Verband hat unterschiedliche Zeitaufnahmebögen für die geläufigsten Fälle der Praxis entwickelt. Weiters ist für die Zeitaufnahme die Gliederung und Beschreibung des Arbeitsablaufs in einzelne Ablaufabschnitte notwendig. Die einzelnen Messpunkte ergeben sich zu Beginn und am Ende jedes Ablaufabschnitts durch ein Vorgangselement. Als Messverfahren können bei der Aufnahme die Einzelzeitmessung oder die Fortschrittszeitmessung eingesetzt werden. Bei der Einzelzeitmessung beginnt die Zeitmessung nach jedem Ablaufabschnitt wieder von vorne, sodass jeder Abschnitt separat gemessen wird. Im Gegensatz dazu wird bei der Fortschrittszeitmessung das Zeitmessgerät zu Beginn einmal gestartet und läuft anschließend bis zum Ende der Aufnahme durch. Die Zeitdauer eines Ablaufabschnitts zwischen zwei Messpunkten ergibt sich dann aus der Differenz der jeweiligen Fortschrittszeiten.<sup>139</sup>

Die menschliche Leistung unterliegt, abhängig von Person und Tagesverfassung, einer sehr breiten Streuung. Diese kann Dimensionen bis zu einem Verhältnis von 1:2, in bestimmten Fällen sogar darüber hinaus, annehmen. Mit Hilfe des

---

<sup>138</sup> Vgl. REFA (1997), S. 41ff.

<sup>139</sup> Vgl. REFA (1997), S. 81ff.

Leistungsgrades kann diese Streuung beurteilt werden, indem die beobachtete Ist-Leistung in ein Verhältnis zu einer vorgestellten Bezugsleistung gesetzt wird.<sup>140</sup>

$$\text{Leistungsgrad} \triangleq \frac{\text{beobachtete Ist - Leistung}}{\text{vorgestellte Bezugsleistung}} \cdot 100\%$$

Formel 1: Leistungsgrad<sup>141</sup>

### **Streuzahlverfahren und Variationszahlverfahren**<sup>142</sup>

Die in der Zeitaufnahme ermittelten Einzelzeiten müssen mit Hilfe statistischer Verfahren ausgewertet werden. Aus zeitlichen und wirtschaftlichen Gründen wird nur eine bestimmte Anzahl an Einzelzeiten je wiederholendem Ablaufabschnitt aufgenommen, welche zusammen einer Stichprobe aus einer Grundgesamtheit entsprechen. Auswerteverfahren, wie das Streuzahlverfahren bzw. das Variationszahlverfahren, ermöglichen einen Rückschluss des bekannten Ergebnisses aus der Stichprobe auf die nicht erfasste Grundgesamtheit. Wie gut die Ergebnisse aus der Stichprobe mit der Grundgesamtheit übereinstimmen, wird einerseits durch die Streuung der Einzelzeiten und andererseits durch die Anzahl der aufgenommenen Zeiten bestimmt. Auf der linken Seite der Abbildung 17 ist ein Auszug aus der Vorgehensweise des REFA-Standardprogrammes zur statistischen Auswertung von Zeitaufnahmen nach dem Streuzahlverfahren beschrieben, um den relativen Vertrauensbereich mit dem mathematischen Kurzzeichen  $\varepsilon$  zu ermitteln. Der tatsächliche aber unbekannte Mittelwert der Grundgesamtheit liegt mit einer angegebenen Wahrscheinlichkeit (meist 95%) in diesem Vertrauensbereich um den Mittelwert der Stichprobe. Die Vorgehensweise nach dem Streuzahlverfahren in Abbildung 17 beschreibt auszugsweise nur den Fall, in welchem die Ermittlung des Vertrauensbereiches nicht für jeden Ablaufabschnitt der Zeitaufnahme erforderlich ist und somit mehrere Ablaufabschnitte zu einem Zyklus mit Zykluszeiten zusammengefasst werden können. Die Vorgehensweise zur Ermittlung des Vertrauensbereiches für alle Ablaufabschnitte gesondert mit den jeweiligen zugehörigen Einzelzeiten erfolgt analog.

Nach der Berechnung der Zykluszeiten  $t_z$  aus den Einzelzeiten  $t_i$  der Ablaufabschnitte wird der Mittelwert der Zykluszeiten errechnet. Je nach Anzahl „n“ der beobachteten Zyklen wird die einfache bzw. mittlere Spannweite der Zykluszeiten ermittelt. Die einfache Spannweite ergibt sich aus der Differenz der längsten und der kürzesten Zykluszeit. Anschließend wird aus Mittelwert der Zykluszeiten und der Spannweite die sogenannte Streuzahl in Prozent errechnet. Diese kann in einer Leitertafel (siehe

<sup>140</sup> Vgl. REFA (1997), S. 125f.

<sup>141</sup> REFA (1997), S. 126

<sup>142</sup> Vgl. REFA (1997), S. 161ff.

Abbildung 17) durch eine Gerade mit dem Umfang der Stichprobe verbunden werden und ergibt einen abzulesenden Schnittpunkt auf der Skala des relativen Vertrauensbereiches. Ist der ermittelte Vertrauensbereich zu groß, kann dem durch eine Erhöhung des Stichprobenumfangs und durch arbeitsgestalterische Maßnahmen zur Verringerung der Streubreite der Einzelzeiten entgegengewirkt werden.

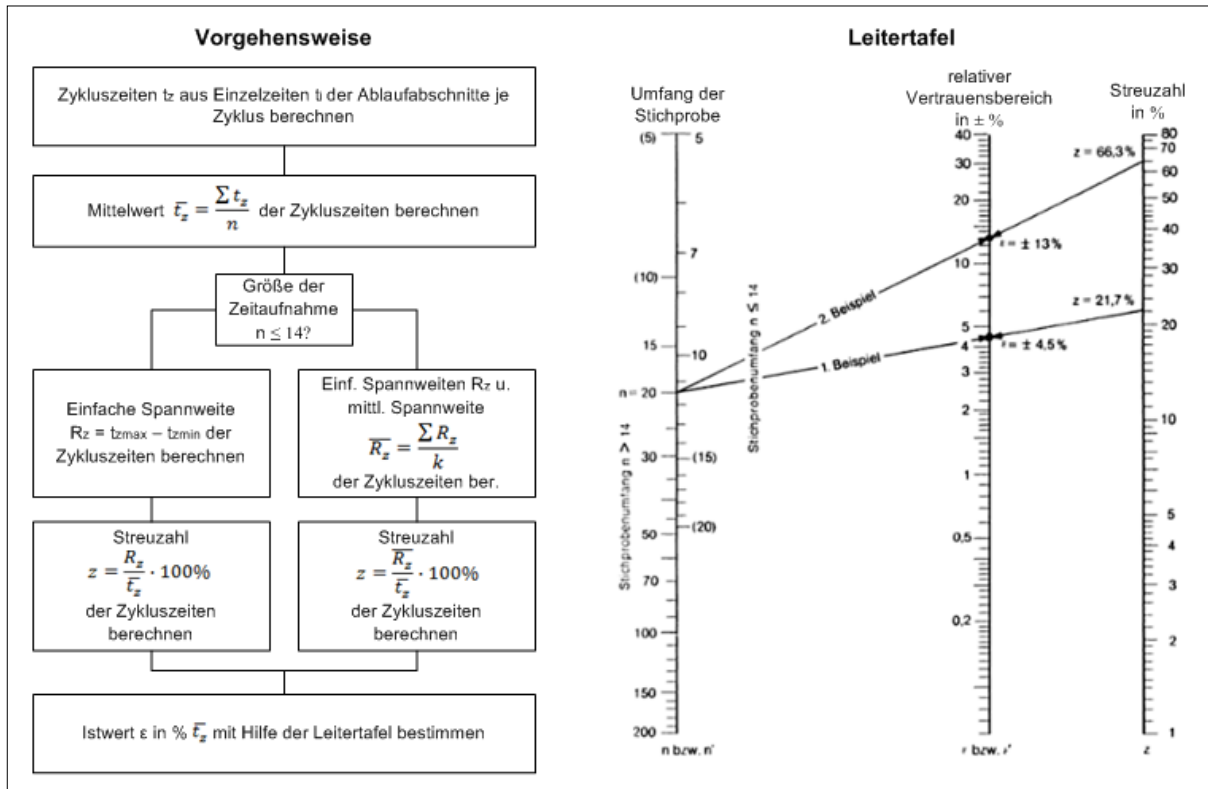


Abbildung 17: Vorgehensweise und Leitertafel nach dem Streuzahlverfahren<sup>143</sup>

Zur manuellen statistischen Auswertung von Zeitmessungen hat sich das Streuzahlverfahren bewährt. Digitale Auswertungen hingegen werden bevorzugt mit Hilfe des Variationszahlverfahrens durchgeführt, dessen Vorgehensweise jener des Streuzahlverfahrens gleicht mit dem einzigen Unterschied, dass statt der Streuzahl mit Hilfe der Spannweite, die Variationszahl mit Hilfe der Standardabweichung berechnet wird. Der dazu benötigte modifizierte Formelapparat ist der Formel 2 zu entnehmen.

Varianz:	$s_z^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \left[ \sum t_z^2 - \frac{1}{n} \cdot (\sum t_z)^2 \right]$
Standardabweichung:	$s_z = \sqrt{s_z^2}$
Variationszahl:	$v = \frac{s_z}{\bar{t}_z} \cdot 100\%$

Formel 2: Varianz, Standardabweichung und Variationszahl<sup>144</sup>

<sup>143</sup> In Anlehnung an REFA (1997), S. 164f. und REFA (1997), S.172

<sup>144</sup> REFA (1997), S. 178f.

### 3.1.3 Qualitätsmethoden und Visualisierung

In der Fehlerkette führen sekundäre Fehler aus Fehlhandlungen, wie zum Beispiel ein Einstellfehler oder ein Falsches Ansetzen des Werkzeugs, zu primären Fehlern. Diese primären Fehler im Prozess (ausgelassene Arbeitsschritte, Montagefehler) oder an den Teilen (fehlende Teile, falsche Teile) führen zu Fehlern am Produkt.<sup>145</sup>

**Poka-Yoke** ist eine Methode japanischer Herkunft und die beiden Wortteile können mit „Vermeidung zufälliger Fehler“ in die deutsche Sprache übersetzt werden. Diese erstmals von Shigeo Shingo vorgestellte Methode hat eine Null-Fehler-Produktion zum Ziel. Menschliche Fehlhandlungen lassen sich jedoch nie zu hundert Prozent vermeiden und stellen auch lediglich die Ursache für später folgende Fehler dar. Aus diesem Grund ist zwischen Fehlhandlungen und Fehlern zu unterscheiden. Poka-Yoke verhindert durch geeignete gestalterische Maßnahmen am Produkt selbst oder in den zur Herstellung des Produktes verknüpften Prozessen, dass Fehlhandlungen durch den Menschen zu einem Fehler am Produkt führen („hartes“ Poka-Yoke<sup>146</sup>). Diese Maßnahmen können aber auch dazu dienen, dass bereits entstandene Fehler unmittelbar nach der Entstehung schnell entdeckt und angezeigt werden, um eine Fehlerfortpflanzung zu verhindern („weiches“ Poka-Yoke<sup>147</sup>).<sup>148</sup> Die Entscheidung für eine Poka-Yoke-Maßnahme am Produkt oder im Prozess basiert vorwiegend auf ökonomischen Überlegungen, wobei die Fehlervermeidung durch Gestaltungsmaßnahmen am Produkt bevorzugt werden sollte<sup>149</sup>.

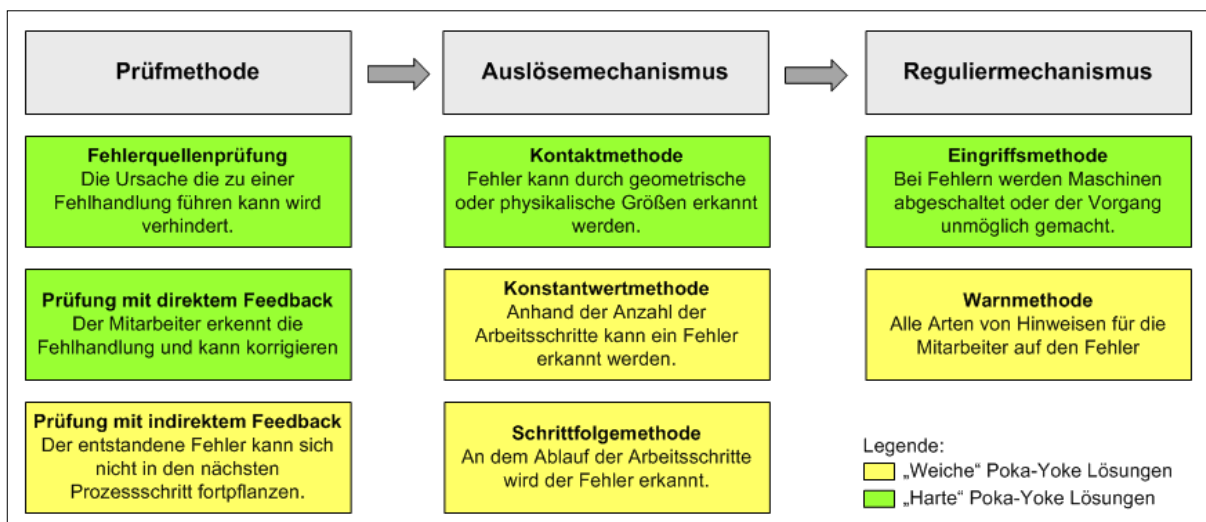


Abbildung 18: Poka-Yoke System<sup>150</sup>

<sup>145</sup> Vgl. Häck (2013), S. 30, Zugriffsdatum 17.09.2013

<sup>146</sup> Vgl. Häck (2013), S. 12, Zugriffsdatum 17.09.2013

<sup>147</sup> Vgl. Häck (2013), S. 12, Zugriffsdatum 17.09.2013

<sup>148</sup> Vgl. Brüggemann/Bremer (2012), S. 52

<sup>149</sup> Vgl. Brüggemann/Bremer (2012), S. 54

<sup>150</sup> In Anlehnung an Häck (2013), S. 33 und Häck (2013), S. 42, Zugriffsdatum 17.09.2013

Abbildung 18 beschreibt das Poka-Yoke System. Mittels Prüfmethode, Auslöse- und Reguliermechanismus kann durch unterschiedliche Prüfungen und Methoden bestimmt werden, was der Fehler ist, wann und wo er entdeckt wird und wie die Fehlerfolge unterbrochen werden kann<sup>151</sup>.

Die farblichen Markierungen in Abbildung 18 unterscheiden „weiche“ und „harte“ Poka-Yoke Lösungen. „Weiche“ Lösungen stellen keine hundertprozentige Sicherheit der Fehlervermeidung dar.<sup>152</sup>

### **Andon**

Andon zählt zu den visuellen Informationssystemen in einem Produktionsprozess und weist über Zeichen oder Signale auf auftretende Probleme und Fehler hin. Häufig werden dazu Lichtsignale in Form eines Ampelsystems verwendet. Ein reibungsloser Ablauf des Prozesses wird durch grünes Licht gekennzeichnet. Gelbes und rotes Licht hingegen sollen die in Verbindung stehenden Mitarbeiter dahingehend informieren, dass kleine bis gravierende Störungen im Produktionsprozess vorliegen.<sup>153</sup>

### **FMEA (Fehler-Möglichkeiten- und -Einflussanalyse)**

Die FMEA ist eine formalisierte Methode, um Fehler in Systemen, Produkten und Prozessen präventiv zu erkennen. Neben einer vorbeugenden Qualitätssicherung hat sie eine Minimierung des Risikos bei Prozessanwendungen und Produktverwendungen zum Ziel.<sup>154</sup>

Eine FMEA kann aber nicht nur präventiv sondern auch korrektiv für bestehende Prozesse und Produkte zur Optimierung eingesetzt werden<sup>155</sup>.

Es existieren viele verschiedene Zusatzbezeichnungen einer FMEA, wobei streng genommen in oberster Ebene lediglich eine Unterscheidung von Funktionen und Abläufen möglich ist und dafür die Bezeichnungen Produkt-FMEA für Funktionen und Prozess-FMEA für Abläufe ausreichen. Zusätzlich kann zu dieser Bezeichnung noch der Betrachtungsumfang angegeben werden, wie zum Beispiel „Produkt-FMEA Konstruktion“, wenn speziell die Konstruktion und das Design des Produkts betrachtet wird.<sup>156</sup>

---

<sup>151</sup> Vgl. Häck (2013), S. 32 Zugriffsdatum 17.09.2013

<sup>152</sup> Vgl. Häck (2013), S. 42 Zugriffsdatum 17.09.2013

<sup>153</sup> Vgl. Syska (2006), S.18

<sup>154</sup> Vgl. Tietjen/Müller (2003), S. 17

<sup>155</sup> Vgl. Werdich (2011/2012), S. 8f.

<sup>156</sup> Vgl. Werdich (2011/2012), S. 13ff.

Folgende Punkte stellen die generelle Vorgehensweise einer FMEA dar:<sup>157</sup>

1. Informationsbeschaffung und Umfang abgrenzen
2. Struktur- und Funktionsanalyse
3. Fehleranalyse
4. Maßnahmenanalyse bzw. Risikobewertung
5. Optimierung

Nach der Beschaffung von Informationen über das FMEA-Objekt und Absteckung der Betrachtungstiefe wird eine Systemstruktur erstellt und den einzelnen Systemelementen eine Funktion zugeordnet, welche anschließend miteinander verknüpft werden. In der Fehleranalyse werden alle bekannten und möglichen Fehler, deren Folgen und Ursachen, ermittelt und Fehlfunktionsstrukturen erstellt. Geeignete Werkzeuge zur Ursachenfindung stellen unter anderem das Ishikawa-Diagramm und die 5W-Methode dar<sup>158</sup>. Im vierten Schritt der Vorgehensweise werden zunächst die aktuellen Maßnahmen zur Vermeidung und Entdeckung der jeweiligen Funktionsfehler beschrieben. Um herauszufinden welche Fehler zuerst abgestellt werden sollen und somit eine Rangordnung zu erhalten, müssen die Fehler, deren Folgen und Ursachen, bewertet werden.<sup>159</sup>

Die Rangordnung ergibt sich aus der sogenannten Risikoprioritätszahl (RPZ). Diese setzt sich aus der Multiplikation der Einzelbewertungen folgender Faktoren zusammen:<sup>160</sup>

- Auftretswahrscheinlichkeit (A) der Fehlerursachen
- Entdeckungswahrscheinlichkeit (E) des Fehlers
- Bedeutung der Fehlerfolgen (B)

Für die einzelnen Faktoren können üblicherweise Werte zwischen eins und zehn vergeben werden, wobei ein höherer Zahlenwert ein höheres Risiko bedeutet. Die RPZ, als Maßgröße für das Gesamtrisiko jeder einzelnen Fehlerursache, ergibt sich aus dem Produkt der drei Faktoren und ist aufgrund der subjektiven Bewertung und großen Schwankungsbreite nur als Anhaltswert für eine Rangordnung zu verstehen. Den Abschluss einer FMEA bildet die Optimierung der Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen der Funktionsfehler, beginnend bei jenen mit der höchsten RPZ. In einem Formblatt wird das Resultat einer FMEA dokumentiert. Abbildung 19 zeigt so ein Formblatt des Verbandes der Deutschen Automobilindustrie (VDA).<sup>161</sup>

<sup>157</sup> Vgl. Brüggemann/Bremer (2012), S. 47 und Werdich (2011/2012), S. 21

<sup>158</sup> Siehe Werdich (2011/2012), S. 45f.

<sup>159</sup> Vgl. Brüggemann/Bremer (2012), S. 47ff.

<sup>160</sup> Vgl. Brüggemann/Bremer (2012), S. 49

<sup>161</sup> Vgl. Brüggemann/Bremer (2012), S. 49f.

<b>Fehler-Möglichkeiten- und Einfluß-Analyse</b>									
<input type="checkbox"/> System-FMEA Produkt <input type="checkbox"/> System-FMEA Prozeß								FMEA-Nr.:	
Typ/Modell/Fertigung/Charge:				Sach-Nr.:		Verantw.:		Seite von	
System-Nr./Systemelement:				Änderungsstand:		Firma:		Abt.:	
Funktion/Aufgabe:				Sach-Nr.:		Verantw.:		Datum:	
Funktionsaufgabe:				Änderungsstand:		Firma:		Datum:	
Mögliche Fehlerfolgen	B	Möglicher Fehler	Mögliche Fehlerursachen	Vermeidungsmaßnahmen	A	Entdeckungsmaßnahmen	E	RPZ	V/T

B= Bewertungszahl für die Bedeutung    A= Bewertungszahl für die Auftretenswahrscheinlichkeit    E= Bewertungszahl für die Entdeckungswahrscheinlichkeit  
 V= Verantwortlichkeit    T= Termin für die Erledigung    Risikoprioritätszahl    RPZ= B \* A \* E

Abbildung 19: FMEA-Formblatt nach VDA<sup>162</sup>

## **5S-Methode**

Die 5S-Methode stellt eine einfache Methode dar, um auf Arbeitsplatzebene einen Zustand zu schaffen, der das Fundament für eine hochwertige Qualitätsarbeit bildet und in den Köpfen der Mitarbeiter ein höheres Qualitätsbewusstsein hervorrufen soll<sup>163</sup>. Dabei soll jedem Mitarbeiter die Verantwortung übertragen werden, selbst dafür zu sorgen, dass sein Arbeitsplatz sich in einem ordentlichen, sauberen und einwandfreien Zustand befindet<sup>164</sup>.

Die systematisch-methodische Vorgehensweise besteht aus fünf Schritten. Die Methode selbst ist nach den fünf Anfangsbuchstaben der japanischen Bezeichnungen dieser Schritte benannt, welche alle mit dem Buchstaben „S“ beginnen:<sup>165</sup>

- *Seiri* (sortieren): Alle am Arbeitsplatz nicht verwendeten oder benötigten Ressourcen, wie zum Beispiel Werkzeuge und Materialien, werden aussortiert und entfernt.
- *Seiton* (aufräumen): Verbleibenden Werkzeugen und Materialien wird ein fester Platz zugewiesen, um langes Suchen und Wartezeiten zu vermeiden.
- *Seisō* (säubern): Sauberkeit und die tägliche Reinigung des Arbeitsplatzes sind die logische Konsequenz aus den vorangegangenen Schritten.
- *Seiketsu* (standardisieren): Diese Schritte sind nicht nur einmal durchzuführen, sondern ein persönlicher Ordnungssinn ist zu entwickeln, damit Sauberkeit und Ordnung zur Gewohnheit wird.
- *Shitsuke* (Selbstdisziplin halten): Die Vorschriften und geschaffenen Standards am Arbeitsplatz sollen durch ein selbstdiszipliniertes Verhalten befolgt und eingehalten werden.

<sup>162</sup> Brüggemann/Bremer (2012), S. 50

<sup>163</sup> Vgl. Daum/Greife/Przywara (2010), S. 304

<sup>164</sup> Vgl. Syska (2006), S. 16

<sup>165</sup> Vgl. Daum/Greife/Przywara (2010), S. 304 und Syska (2006), S. 16f.

Unter ständiger und strikter Einhaltung dieser fünf Schritte, können Materialbestände gesenkt, die Arbeitsproduktivität erhöht und die Arbeitsbedingungen verbessert werden, bei gleichzeitiger Aktivierung und Miteinbeziehung der Mitarbeiter.<sup>166</sup>

### 3.1.4 Lean Production und Lean Management

Die Prinzipien der Lean Production (schlanke Produktion) werden bereits seit den 1960er Jahren in Japan angewendet. Eine Entdeckung dieser Prinzipien im europäischen und amerikanischen Raum erfolgte erst mehr als zwei Jahrzehnte später in den 1980er Jahren. Besonders die Automobilindustrie zeigte großes Interesse an den für sie neuen Ansatzpunkten und Potentialen. 1988 veröffentlichte Ohno, der damalige Vizepräsident von Toyota, eine Publikation, in welcher er das Toyota Production System (kurz TPS) in englischer Sprache vorstellte. Bekannt wurden die Ansätze aus diesem Produktionssystem jedoch erst durch zwei Studien, wovon eine der beiden am Wissenschaftszentrum in Berlin von Jürgens, Malsch und Dohse durchgeführt wurde. In der zweiten Studie beschäftigten sich Womack, Jones und Roos am MIT (Massachusetts Institute of Technology) mit dem Vergleich japanischer und westlicher Produktionsmethoden in der Automobilbranche<sup>167</sup>. Diese drei Herren prägten auch den Begriff der „Lean Production“ für die „neuen“ Ansätze aus Japan.<sup>168</sup> Pfeiffer und Weiss erweitern diesen Begriff zu „Lean Management“, da sie der Auffassung sind, dass ein Lean-Konzept über die Grenzen der Produktion hinaus angewendet werden kann<sup>169</sup>.

Der Begriff Lean Manufacturing bzw. Lean Production wird daher oft im Zusammenhang mit dem TPS verwendet. Das TPS stellt jedoch lediglich ein Produktionssystem dar, welches unter anderem nach Lean-Prinzipien gestaltet ist. Die Bezeichnung „Lean“ (mager oder schlank) wurde gewählt, da der gesamte Herstellprozess nach erfolgreicher Umsetzung aller Lean-Maßnahmen am Ende im Vergleich zur Ausgangssituation folgende Eigenschaften aufweist:<sup>170</sup>

- Geringerer Materialeinsatz
- Geringerer Bedarf an Anlagen
- Geringere Bestände
- Geringerer Platzbedarf
- Geringerer Bedarf an Personal

---

<sup>166</sup> Vgl. Daum/Greife/Przywara (2010), S. 304

<sup>167</sup> Vgl. Brunner (2008), S. 60

<sup>168</sup> Vgl. Vahrenkamp (2008), S. 252

<sup>169</sup> Vgl. Pfeiffer/Weiss (1994), S. 53

<sup>170</sup> Vgl. Wilson (2010), S. 9f.



Brunner beschreibt folgende Auswirkungen durch die Einführung von Lean Production:<sup>171</sup>

- Bestandsverringering
- Reduktion des Produktionspersonals, der Fläche und des Lagerstandes
- Schnellere Produktentwicklung
- Erhöhung der Produktvielfalt
- Geringere Fehlerzahlen

Speziell im Personalbereich ist darunter jedoch nicht der Abbau von Mitarbeitern zu verstehen. Jede gewonnene Arbeitsstunde wird über Jahre hinweg für ein Streben nach Perfektion und ständige Verbesserungen eingesetzt.<sup>172</sup>

Drew/McCallum/Roggenhofer formulieren die Zielsetzungen schlanker Prozesse allgemeiner und können daher als Ziele sowohl für Prozesse in der Lean Production als auch im Lean Management angesehen werden:<sup>173</sup>

- Optimierung der Kosten, Qualität und Liefertreue bei simultaner
- Steigerung der Zuverlässigkeit und Sicherheit.

Zur Erreichung der Ziele ist es notwendig die drei relevantesten **Hemmfaktoren** (Verschwendung, Variabilität und Inflexibilität) zu beseitigen bzw. zu minimieren<sup>174</sup>.

Drew/McCallum/Roggenhofer fassen die Begriffe Lean Production bzw. Lean Management folgendermaßen auf:

*„Es handelt sich [...] um ein integriertes Bündel von Grundsätzen, Methoden, Werkzeugen und Techniken, mit denen die Ursachen schwacher operativer Leistungen konsequent beseitigt werden sollen. Es ist ein systematischer Ansatz zur Beseitigung von Hemmfaktoren aus den Wertströmen, um die Lücke zwischen der tatsächlichen Leistung und den Erwartungen der Kunden und Anleger zu schließen.“<sup>175</sup>*

Alles, was in einem Unternehmen ausschließlich Kosten verursacht ohne dabei einen wertschöpfenden Beitrag zu leisten, wird als Verschwendung bezeichnet<sup>176</sup>. Ohno definiert bereits im TPS **sieben Arten der Verschwendung**:<sup>177</sup>

- 1.) **Überproduktion**: Wird als die schlimmste Verschwendungsart angesehen. Es wird mehr produziert als tatsächlich benötigt wird. (mögliche Ursachen:

<sup>171</sup> Vgl. Brunner (2008), S. 61

<sup>172</sup> Vgl. Takeda (2013), S. IX

<sup>173</sup> Vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer (2005), S. 35

<sup>174</sup> Vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer (2005), S. 35f.

<sup>175</sup> Drew/McCallum/Roggenhofer (2005), S. 35

<sup>176</sup> Vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer (2005), S. 36

<sup>177</sup> Vgl. Ohno (1988), S. 19f.; Koch (2011), S. 128f. und Lunau (2006/2007), S. 133

verkehrtes Losgrößendenken, fehlende Kenntnis des Bedarfs oder der Drang nach möglichst hoher Auslastung der Maschinen)

- 2.) **Wartezeiten:** Die Mitarbeiter, Werkzeuge und Materialien befinden sich im Stillstand, da sie auf den nachfolgenden Arbeitsgang warten müssen. (mögliche Ursachen: unabgestimmte Herstellprozesse, Engpässe, Wartezeiten für Freigaben, lange Durchlauf- und Rüstzeiten oder eine ungenügende Steuerung der Abläufe)
- 3.) **Transport:** Verschwendung entsteht hierbei durch überflüssiges Versetzen, Bewegen und Transportieren von Materialien und Produkten. (mögliche Ursachen: ineffiziente Materialfluss- und Layoutgestaltung)
- 4.) **Arbeitsprozesse/Übererfüllung:** Die Arbeitsprozesse selbst sind entweder unzureichend (ungeeignete Arbeitsmethoden und Werkzeuge) oder aber auch übererfüllend gestaltet. Bei einer Prozessübererfüllung ist der Kunde nicht bereit für die höhere Wertschöpfung zu bezahlen.
- 5.) **Bestände:** Die Materialien und Produkte warten in ihren Lagerstätten ausschließlich auf ihre weitere Bearbeitung. Hohe Bestände verursachen hohe Lager- und Transportkosten, erhöhen die Durchlaufzeit, führen zu überholten Materialien, verbrauchen unnötig Platz und binden das für ein Unternehmen so wichtige Kapital.
- 6.) **Bewegungen:** Unnötige und überflüssige Wege, Bewegungen und Bewegungsabläufe führen zu einer Verschwendung. (mögliche Ursachen: schlechte ergonomische Arbeitsplatzgestaltung, suboptimale Anordnung von Arbeitsplätzen)
- 7.) **Fehler, Fehlerkorrekturen und Nacharbeit:** Fehler in Produkten und deren Korrektur verursachen einen erheblich größeren Aufwand, als eine von Beginn an ordentliche Verarbeitung des Produkts. Erfolgt die Entdeckung des Fehlers erst durch den Endabnehmer sind neben Imageverlusten noch zusätzliche Aufwände zu verbuchen.

Aktuell werden diese sieben Verschwendungsarten um drei zusätzliche energie- und ressourcenspezifische Aspekte erweitert:<sup>178</sup>

- 8.) Mitarbeiter-Know-how (Ungenützte Talente)
- 9.) Materialeinsatz
- 10.) Energieeinsatz

---

<sup>178</sup> Vgl. Spieth (2013), Zugriffsdatum 25.09.2013

Die Verschwendungen (japanisch „Muda“) durch Überproduktion und hohe Bestände werden zu Recht als die beiden schlimmsten Verschwendungsarten angesehen, da sie nicht nur die Ursache aller anderen Arten darstellen, sondern diese auch alle überdecken bzw. verschleiern können<sup>179</sup>.

Eine Ausschaltung des zweiten Hemmfaktors, der Variabilität, welche durch Abweichungen von Standards gekennzeichnet ist, verbessert die Qualität des Produkts oder der erbrachten Dienstleistung. Inflexibilität, als dritter Hemmfaktor, verhindert eine schnelle Reaktion auf Änderungswünsche der Kunden und führt zu Terminverschiebungen.<sup>180</sup>

Die japanischen Bezeichnungen für Hemmnisse bzw. Störungen im Produktionsprozess neben „Muda“ (Verschwendung) lauten „Muri“ (Unzweckmäßigkeit) und „Mura“ (Ungleichmäßigkeit). Sie werden zusammen auch als die „3M“ bezeichnet. Eine Beseitigung von Mura durch Nivellierung der Produktion gilt als Voraussetzung, um Muri und Muda beseitigen zu können.<sup>181</sup>

Durch eine schlanke Denkweise kann die Verschwendung im Unternehmen erkannt und ihr entgegengetreten werden. Womack/Jones nennen fünf Prinzipien, die dem Lean-Gedanken zugrunde liegen:<sup>182</sup>

- **Wert erkennen und definieren**

Der Endverbraucher hat eine gewisse Wertvorstellung von einer Dienstleistung oder einem Produkt, für die er bereit ist, einen bestimmten Preis zu bezahlen. Der Wert muss daher, idealerweise über ein spezifisches Produkt oder eine Dienstleistung (oder beides), vom Kunden definiert werden. Der Hersteller ist für die Erzeugung des Wertes zuständig. Es wäre Verschwendung falsche Produkte und/oder Dienstleistungen auf die richtige Weise bereitzustellen.

- **Wertstrom identifizieren**

Der Wertstrom umfasst alle Tätigkeiten, die erforderlich sind, um ein Produkt und/oder eine Dienstleistung in einem Unternehmen hervorzubringen. Die Betrachtung des Wertstroms beginnt beim 1. Konzept und endet beim Kunden.

- **Fluss erzeugen**

Das Konzept der Erzeugung eines Flusses in Entstehungsprozessen nimmt Abstand vom sturen Abteilungsdenken und der Stapelverarbeitung vergleichbarer Aktivitäten. In einem Fluss werden die Wert erzeugenden Ablaufschritte verkettet, aneinander gereiht und zum Fließen gebracht.

<sup>179</sup> Vgl. Vollmer (2009), S. 140

<sup>180</sup> Vgl. Drew/McCallum/Roggenhofer (2005), S. 36f.

<sup>181</sup> Vgl. Becker (2006), S. 302ff.

<sup>182</sup> Vgl. Womack/Jones (2013), S. 23ff.

- **Pull-Prinzip anwenden**

Durch Anwendung des Pull-Prinzips werden nur jene Leistungen erbracht bzw. nur solche Produkte gefertigt, die der Endverbraucher auch tatsächlich ordert. Die Umkehrung entspricht dem Push-Prinzip, in dem durch Prognosen und Planungsvorgaben, Produkte in den Markt gedrückt werden.

- **Perfektion anstreben**

Beteiligte merken durch die Anwendung der ersten vier Prinzipien, dass sie den eigentlichen Wünschen der Kunden immer näher kommen, in dem immer mehr Verschwendung entdeckt und beseitigt wird. Dadurch kann ein perfekter Zustand mit rein wertschöpfenden Tätigkeiten angestrebt werden. Transparenz für alle Beteiligten spielt dabei eine wesentliche Rolle. In Zusammenhang mit dem Streben nach Perfektion werden oft das Konzept des KVP<sup>183</sup> (Kontinuierlicher Verbesserungsprozess) und die Kaizen-Philosophie<sup>184</sup> genannt<sup>185</sup>.

In Verbindung mit diesen fünf Prinzipien sollen nachfolgend noch die Wertstromanalyse, das Wertstromdesign, der One-Piece-Flow und die Schlüsselkennzahlen erläutert werden. Die zur Umsetzung des Pull-Prinzips geeignete Kanban-Methode wird im Kapitel Logistikmanagement näher beleuchtet.

### **Wertstrommethode (Wertstromanalyse und Wertstromdesign)**

Mit Hilfe der Wertstromanalyse werden bestehende Prozesse in der gesamten Supply Chain (höhere Betrachtungsebene und geringerer Detaillierungsgrad) oder der unternehmensinternen Produktion (niedrigere Betrachtungsebene und höherer Detaillierungsgrad) analysiert, Verschwendung bzw. Schwachstellen identifiziert und nach geeigneten Maßnahmen zur Vermeidung dieser unerwünschten Größen gesucht. Wichtig dabei ist die exakte, transparente und anschauliche Abbildung der Prozesse, um eine Grundlage für eine Diskussion und Kommunikation zu schaffen. Zu diesem Zweck haben Rother/Shook<sup>186</sup> im Jahr 2003 das Wertstromdiagramm entwickelt, welches den gesamten Material- und Informationsfluss der Betrachtungsebene mit standardisierten Symbolen als Grafik darstellt. Mittels Wertstromanalyse und Wertstromdiagramm kann so der Istzustand der Prozesse und deren Verbindungen veranschaulicht werden. Abbildung 20 zeigt ein Beispiel eines Wertstromdiagramms mit einer analysierten Wertschöpfungszeit von nur zehn Sekunden bei einer gesamten Durchlaufzeit von über 4 Tagen.<sup>187</sup>

---

<sup>183</sup> Siehe Witt/Witt (2007)

<sup>184</sup> Siehe Dickmann (2007), S. 18ff.

<sup>185</sup> Vgl. Witt/Witt (2007), S. 11ff.

<sup>186</sup> Siehe Rother/Shook (2003)

<sup>187</sup> Vgl. Becker (2005), S. 116f.

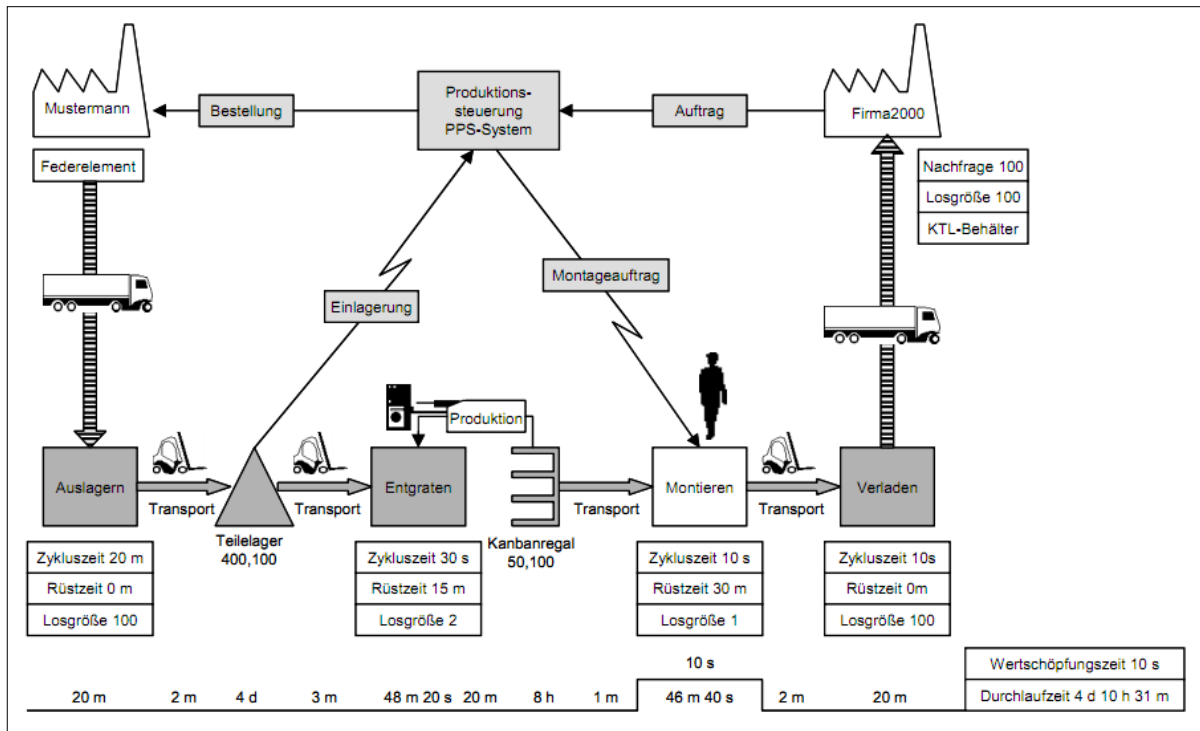


Abbildung 20: Beispiel eines Wertstromdiagramms<sup>188</sup>

Zur Erstellung eines Wertstromdiagramms ist folgend vorzugehen:<sup>189</sup>

- Kundenbedarf ermitteln (täglicher Bedarf, Lieferfrequenz, etc.)
- Alle Prozessschritte der Betrachtungsebene erfassen und dokumentieren
- Realen Prozess entgegengesetzt dem Materialfluss abgehen und aufzeichnen
- Zeiten und Bestände aufnehmen und schriftlich festhalten
- Informationsflüsse hinzufügen

	Kunde		Kanban-Supermarkt		Informationsfluss manuell		Kanban-Prozess
	Lieferant		FIFO-Lager		Informationsfluss elektronisch		Dokument
	Prozess		Kennz. nicht wertschöpfender Tätigkeiten		Materialfluss intern		Nicht wertschöpfende Durchlaufzeit
	Lager		Produktionssteuerung		Materialfluss extern		Wertschöpfungszeit, Durchlaufzeit

Tabelle 3: Symbole im Wertstromdiagramm und deren Bedeutung<sup>190</sup>

In Tabelle 3 sind jene Symbole und deren Bedeutung aufgelistet, die in einem Wertstromdiagramm standardmäßig verwendet werden. Bei Bedarf kann diese Liste um eigene Elemente erweitert werden.<sup>191</sup>

<sup>188</sup> Becker (2005), S. 117

<sup>189</sup> Vgl. Becker (2005), S. 120

<sup>190</sup> Vgl. Becker (2005), S. 118

<sup>191</sup> Vgl. Becker (2005), S. 118f.

Die Wertstromanalyse stellt den ersten Schritt im Wertstromdesign (Value Stream Mapping) dar. Das Wertstromdiagramm des Istzustandes wird analysiert, Verbesserungen werden erarbeitet und anschließend wird ein zukünftiger Soll-Wertstrom in einem neuen Wertstromdiagramm designt.<sup>192</sup>

### **Ein-Stück-Fluss (One-Piece-Flow)**

Das Werkstück wird beim One-Piece-Flow (Losgröße 1) direkt nach dem Bearbeitungsvorgang an einer Arbeitsstation ohne zeitliche Verzögerung, das heißt ohne Zwischenlagerung und Puffer, zur nächsten Arbeitsstation weitergegeben oder mitgenommen. Nur wenn die Bearbeitungszeiten der einzelnen Stationen variieren, baut sich ein geringer Bestand auf oder es ergeben sich kurze Wartezeiten. Eine genaue Austaktung aller Stationen synchronisiert die Bearbeitungszeiten und schafft Abhilfe. Charakteristisch für das One-Piece-Flow-Prinzip ist die Bedienung mehrerer Maschinen durch einen Mitarbeiter.<sup>193</sup>

Beliebte Anwendung findet der One-Piece-Flow vor allem im Bereich der Montage. Hier werden Arbeitsstationen in U-förmiger Anordnung aneinandergereiht und ein Mitarbeiter, der idealerweise alle Arbeitsschritte ausführen kann, wandert über alle Stationen mit dem Produkt mit (Abbildung 21). Das Layout in U-Form hat für den Mitarbeiter den Vorteil eines kürzeren Weges von der letzten zur ersten Station.<sup>194</sup>

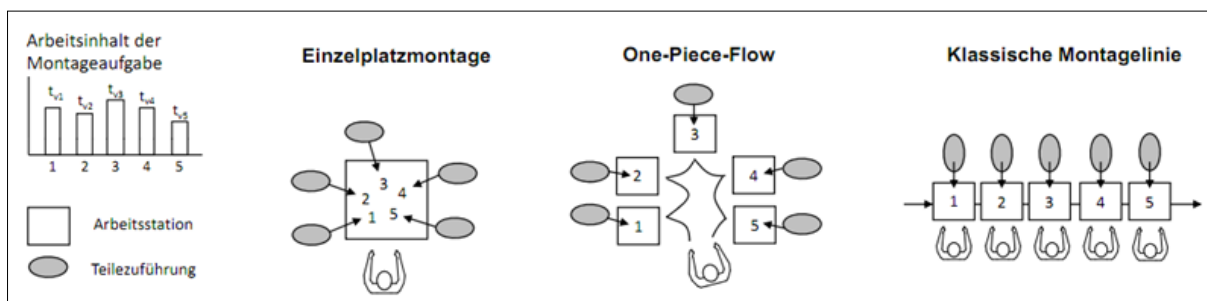


Abbildung 21: One-Piece-Flow Montagesystem<sup>195</sup>

Gegenüber der Einzelplatzmontage und der klassischen Montagelinie weist das One-Piece-Flow-Montagesystem zwei entscheidende Vorteile auf:<sup>196</sup>

- Das System ist geeignet zur flexiblen Herstellung von Produktvarianten.
- Die Ausbringungsmenge und der Takt der Ausbringung können über die Anzahl der Monteure gesteuert werden.

<sup>192</sup> Vgl. Hartel (2009), S. 91

<sup>193</sup> Vgl. Lödding (2008), S. 99ff.

<sup>194</sup> Vgl. Schlick/Bruder/Luczak (2010), S. 481

<sup>195</sup> In Anlehnung an Schlick/Bruder/Luczak (2010), S. 481

<sup>196</sup> Vgl. Schlick/Bruder/Luczak (2010), S. 482

Die Mitarbeiter müssen jedoch in diesem Montagesystem mehrere entsprechende Qualifikationen aufweisen und durch die enge Verkettung der Arbeitssysteme wirken sich Störungen schnell nachteilig auf andere Arbeitsstationen aus.<sup>197</sup>

**Schlüsselkennzahlen (Key Performance Indicators KPIs)**

Eine Prozessbewertung kann qualitativ oder quantitativ erfolgen. Kennzahlen zählen zu den quantitativen Bewertungsmöglichkeiten, dienen der Angabe und dem Vergleich von Prozessleistungen und eignen sich besonders zur transparenten Darstellung von Fortschritten.<sup>198</sup>

Kennzahlen sind für Unternehmen unverzichtbar und beinhalten vier Funktionen:<sup>199</sup>

- Zielfunktion (ein realistischer Zielwert als Richtungsvorgabe)
- Steuerungsfunktion (zur Erkennung von Stärken und Schwächen)
- Kontrollfunktion (zur Überprüfung von Auswirkungen bei Änderungen)
- Vergleichsfunktion (zum Vergleich von Unternehmen/Abteilungen/Standorten)

Tabelle 4 enthält diverse Beispiele geeigneter Kennzahlen für die Produktion, die sich wiederum auf unterschiedliche Betrachtungsbereiche beziehen können.<sup>200</sup>

<p><u>Auftragsbezogen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchlaufzeit</li> <li>• Prozesswirkungsgrad</li> </ul> $PWG = \frac{\text{Wertschöpfende Zeiten}}{\text{Durchlaufzeit}}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beleggrad = <math>\frac{\text{Belegungszeiten}}{\text{Durchlaufzeit}}</math></li> <li>• Termintreue = <math>\frac{\text{Pünktl. gelieferte Menge}}{\text{Gesamtmenge}}</math></li> <li>• Durchsatz = <math>\frac{\text{Produktionsmenge}}{\text{Durchlaufzeit}}</math></li> </ul> <p><u>Personalbezogen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personalproduktivität = <math>\frac{\text{Produktive Arbeitszeit}}{\text{Anwesenheitszeit}}</math></li> </ul>	<p><u>Maschinen- bzw. arbeitsplatzbezogen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Overall Equipment Effectiveness OEE = Verfügbarkeit × Leistung × Qualität</li> <li>• Nutzgrad = <math>\frac{\text{Maschinenlaufzeit}}{\text{Belegungszeit}}</math></li> <li>• Rüstgrad = <math>\frac{\text{Rüstzeit}}{\text{Maschinenlaufzeit} + \text{Rüstzeit}}</math></li> </ul> <p><u>Qualitätsbezogen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitätsgrad = <math>\frac{\text{Gutmenge}}{\text{Gesamtmenge}}</math></li> <li>• Ausschussgrad = <math>\frac{\text{Ausschussmenge}}{\text{Gesamtmenge}}</math></li> <li>• Nacharbeitsgrad = <math>\frac{\text{Nacharbeitsmenge}}{\text{Gesamtmenge}}</math></li> </ul>
<p><u>Übergreifend:</u> • Lean Performance Index LPI = OEE × PWG</p>	

Tabelle 4: Produktionsorientierte Kennzahlen<sup>201</sup>

Eine Auswahl geeigneter Kennzahlen zur Umsetzung der Unternehmensstrategie stellt eine Herausforderung dar. Viele Kennzahlen erschweren die Handhabung,

<sup>197</sup> Vgl. Lödding (2008), S. 101

<sup>198</sup> Vgl. Becker (2005), S. 149

<sup>199</sup> Vgl. Becker (2005), S. 164

<sup>200</sup> Vgl. Schumacher (2010), Zugriffsdatum 30.09.2013

<sup>201</sup> Vgl. Schumacher (2010), Zugriffsdatum 30.09.2013

weshalb auch Großunternehmen in der Praxis sich meist nur auf wenige erfolgsbestimmende Kennzahlen, sogenannte Schlüsselkennzahlen, beschränken.<sup>202</sup>

### 3.1.5 Taktzeiten und Nivellierung der Produktion

Die größte Schwierigkeit in Fließfertigungen stellt die genaue Abstimmung der einzelnen Arbeitselemente eines Produktionsprozesses, welche die Produkte in einem Fluss durchlaufen, dar. Dadurch soll gewährleistet werden, dass sich keine Bestände zwischen den einzelnen Arbeitsstationen aufbauen und sich keine Wartezeiten bzw. Minderauslastungen an den Stationen einstellen können. Diese Vorgehensweise wird auch Taktabstimmung oder Leistungsabstimmung<sup>203</sup> genannt, mit dem Ziel, alle Arbeitselemente innerhalb der vorgegebenen Taktzeit auf die Arbeitsstationen so zu verteilen, dass alle Stationen möglichst die gleiche Durchlaufzeit aufweisen. Die Taktzeit, oft auch als Arbeitstakt, Kundentakt oder einfach nur mit Takt bezeichnet, gibt an, wie viel Zeit zwischen der Fertigstellung zweier Produkte bzw. zweier Einheiten verstreichen darf, um der Kundennachfrage nachzukommen und die Soll-Mengenleistung zu erfüllen. Formel 3 beschreibt, wie die Taktzeit in Minuten je Mengeneinheit, in Abhängigkeit von der verfügbaren Arbeitszeit in Minuten je Tag und der erforderlichen Ausbringungsmenge in Stück je Tag, ermittelt werden kann. Der Bandwirkungsfaktor wird zum Ausgleich von Störungen am Fließsystem eingesetzt. Sein Wert ist stets kleiner oder gleich eins.<sup>204</sup> Um fünf Mengeneinheiten je Stunde herstellen zu können, beträgt die Taktzeit zwölf Minuten.

$$\text{Soll - Taktzeit} = \frac{\text{Arbeitszeit}}{\text{Soll - Mengenleistung}} \cdot \text{Bandwirkungsfaktor}$$

Formel 3: Taktzeit bzw. Kundentakt<sup>205</sup>

Bei der Leistungsabstimmung wird durch Vorgabe der Taktzeit die minimale Anzahl der Arbeitsstationen zur Erfüllung der Arbeitsaufgaben gesucht oder umgekehrt durch Vorgabe der Arbeitsstationen die kleinstmögliche Taktzeit ermittelt<sup>206</sup>.

$$\text{Theor. Minimalzahl an Arbeitsstationen} = \frac{\sum \text{Zeit je Einheit der Arbeitselemente}}{\text{Soll - Taktzeit}}$$

Formel 4: Theoretische Minimalzahl an Arbeitsstationen<sup>207</sup>

<sup>202</sup> Vgl. Posluschny (2007), S. 12

<sup>203</sup> Siehe Zäpfel (2000), S. 197

<sup>204</sup> Vgl. Vgl. REFA (1993), S. 88

<sup>205</sup> REFA (1993), S. 88

<sup>206</sup> Vgl. Zäpfel (2000), S. 197

<sup>207</sup> Vgl. Günther/Tempelmeier (1995), S. 66



Formel 4 beschreibt den mathematischen Zusammenhang zur Ermittlung der theoretischen minimalen Anzahl an Arbeitsstationen, wobei ein nicht ganzzahliges Ergebnis stets auf die nächsthöhere ganze Zahl aufgerundet werden muss. Jeder Arbeitsstation können maximal so viele Arbeitselemente zugewiesen werden, dass die Durchlaufzeit der Station die Taktzeit nicht übersteigt. Auf Vorrangsbeziehungen (gewisse Arbeitselemente haben Vorgänger) ist dabei zu achten. Abbildung 22 veranschaulicht die Leistungsabstimmung bei einer Taktzeit von 12 Minuten.<sup>208</sup>

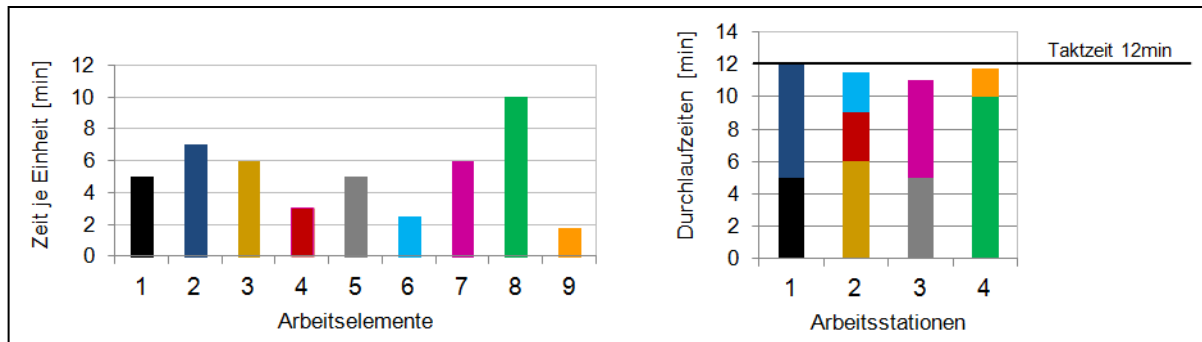


Abbildung 22: Leistungsabstimmung bzw. Taktabstimmung<sup>209</sup>

### Nivellieren und Glätten

Auf den schwankenden Kundenbedarf flexibel reagieren zu können und die Auslastung der eigenen Kapazitäten dabei trotzdem hoch zu halten, stellt viele Unternehmen vor ein klassisches Problem. Die Lösung dafür heißt Nivellieren und Glätten der Produktion (Heijunka) in Verbindung mit dem Pull-Prinzip. Ziel der Nivellierung und Glättung ist es, ein gleichmäßiges Produktionsprogramm und einen harmonischen Produktionsfluss zu erhalten, ohne negative Auswirkungen für die im Produktionsprozess nachfolgenden Stellen oder die Endabnehmer.<sup>210</sup>

„Die effizienteste Form der Güterproduktion besteht darin, jeden Tag von den gleichen Teilen die gleiche Stückzahl herzustellen.“<sup>211</sup>

Takeda beschreibt vier Schritte zur Umsetzung einer harmonischen Produktion:<sup>212</sup>

- *Nivellieren*: Monatsbedarf der Produkte wird in Tagesmengen unterteilt.
- *Glätten*: Tagesmenge der Produkte wird in weitere Teile bzw. Zyklen unterteilt.
- *Erhöhen der Zyklenzahl*: Zyklenzahl wird solange erhöht, bis das Produkt mit dem kleinsten Monatsbedarf in einem Zyklus nur mehr einmal hergestellt wird.
- *Anstreben der Ideal-Form*: Es soll eine Form der Produktion erreicht werden, in der kein Produkt mehr als zweimal hintereinander hergestellt wird.

<sup>208</sup> Vgl. Günther/Tempelmeier (1995), S. 64ff.

<sup>209</sup> In Anlehnung an Günther/Tempelmeier (1995), S. 64ff.

<sup>210</sup> Vgl. Syska (2006), S. 55

<sup>211</sup> Takeda (2013), S. 29

<sup>212</sup> Vgl. Takeda (2013), S. 32

## 3.2 Logistikmanagement

Physische Güter werden produziert, dem Markt bereitgestellt und landen schlussendlich bei einem Endkunden, der die Güter verwendet oder verbraucht. Die Güterverteilung stellt die Schnittstelle zwischen der Bereitstellung von Gütern und der Verwendung dieser in Haushalten oder Unternehmen dar. Im Gegensatz zur Güterbereitstellung und Güterverwendung stellt die Verteilung der Güter keinen qualitativen Veränderungsprozess an den Gütern selbst dar, sondern einen Prozess zur Überbrückung von Raum und/oder Zeit (Lager- bzw. Bewegungsprozess). Solche Prozesse werden als Logistikprozesse bezeichnet und dienen auch betriebsintern zwischen einem Liefer- und Empfangspunkt der Raum- und Zeitüberbrückung.<sup>213</sup>

Die Funktionen Transportieren, Umschlagen und Lagern bilden die Kernelemente eines Logistiksystems, welche durch Sekundärfunktionen, wie dem Verpacken oder Signieren, unterstützt werden.<sup>214</sup>

Pfohl definiert den Begriff Logistik durch die „vier R“: *„Die Logistik hat dafür zu sorgen, dass ein Empfangspunkt gemäß seines Bedarfs von einem Lieferpunkt mit dem richtigen Produkt (in Menge und Sorte), im richtigen Zustand, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort zu den dafür minimalen Kosten versorgt wird.“*<sup>215</sup>

Nachfolgend werden ausgewählte Inhalte und Methoden aus dem Bereich des Logistikmanagements vorgestellt.

### 3.2.1 Material- und Informationsflüsse

Die Bewegung von Materialien und Gütern innerhalb räumlich definierter Grenzen wird als Materialfluss bezeichnet. Der Weg, den die Güter im betrachteten Bereich zurücklegen, genauso wie die Menge und Geschwindigkeit können dabei variieren. Materialflusssysteme können unterschiedliche Dimensionen annehmen, vom kleinen innerbetrieblichen Transport bis hin zu interkontinentalen Bewegungen. Der Betrachtungsbereich des Materialflusses wird gerne in vier Stufen eingeteilt:<sup>216</sup>

- 1. Stufe: Betriebsexterner Bereich (Beantwortung der Standortfrage des Unternehmens bzw. des Werkes unter Berücksichtigung des Güterflusses)
- 2. Stufe: Betriebsinterner Bereich (Materialfluss zwischen den einzelnen Gebäuden am Betriebsgelände)
- 3. Stufe: Gebäudeinterner Bereich (Materialfluss innerhalb von Gebäuden und Hallen zwischen Maschinen und Arbeitsplätzen)

<sup>213</sup> Vgl. Pfohl (2010), S. 3ff.

<sup>214</sup> Vgl. Pfohl (2010), S. 8

<sup>215</sup> Pfohl (2010), S. 12

<sup>216</sup> Vgl. Gienke/Kämpf (2007), S. 369

- 4. Stufe: Arbeitsplatz-Bereich (Materialbewegungen am Arbeitsplatz selbst)

Wichtige Basis einer Betriebsstättenplanung oder einer Optimierungsmaßnahme ist die **Materialflussanalyse**. Sie erfasst den Ist-Zustand des Materialflusses und dient als Informationsgrundlage für Optimierungen und künftige Planungsaufgaben.<sup>217</sup>

Die Vorgehensweise bei der Materialflussanalyse umfasst vier Schritte:<sup>218</sup>

- Betrachtungsbereich und Untersuchungsgegenstand festlegen
- Daten ermitteln
- Daten aufbereiten und analysieren
- Darstellen der Ergebnisse

Die Datenermittlung kann auf zwei unterschiedliche Weisen erfolgen, direkt oder indirekt. Bei der direkten Materialflussermittlung werden durch Selbstaufschreibung, Befragung oder Beobachtung die gewünschten Daten erhoben. Vorzugsweise sollten die Daten jedoch mit Hilfe der indirekten Methode gewonnen werden, da diese zuverlässigere Ergebnisse liefern kann. Indirekt bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Datenermittlung unter Zuhilfenahme vorhandener betrieblicher Unterlagen (Statistiken, Stücklisten, etc.) vergangener Perioden erfolgt. Ein breites Produktionsspektrum führt zu einer enormen Menge an Daten. Die Aufbereitung und Analyse reduziert diesen Datensatz, indem lediglich repräsentative Produkte in einem repräsentativen Zeitraum betrachtet werden. Zur Bestimmung der repräsentativen Produkte eignet sich unter anderem die ABC-Analyse (siehe Kapitel 3.2.3). Die Darstellung der Ergebnisse einer Materialflussanalyse hängt mitunter stark von der weiteren Verwendung der Informationen ab. Während sich bei einer elektronischen Weiterverarbeitung besonders Darstellungen mit Zahlen (häufig Matrizen) eignen, stellen grafische Darstellungsmethoden, wie zum Beispiel Sankey-Diagramme, bei manueller Weiterverarbeitung aufgrund ihrer höheren Übersichtlichkeit die sinnvollere Variante dar. Abbildung 23 zeigt eine Von-Nach-Matrix und ein Sankey-Diagramm zur Darstellung der Ergebnisse einer Materialflussanalyse. Die Analyse des Ist-Zustandes soll dem Planer Probleme im Materialfluss aufzeigen und gleichzeitig als Kontrollelement für die neuen Planungsideen dienen.<sup>219</sup>

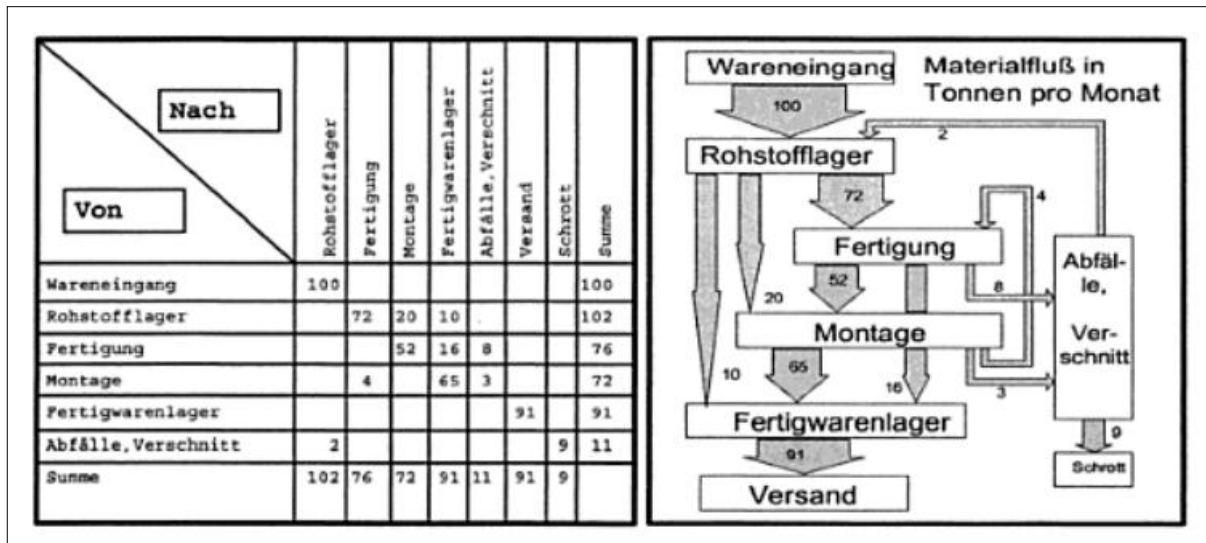
Die **Materialflussplanung** beginnt mit der Definition der Soll-Planungsdaten unter Berücksichtigung aller Randbedingungen und erarbeitet darauf aufbauend einen Idealplan für den Ablauf aller Funktionen. Anschließend werden Alternativen gesucht, bewertet, die optimale Variante ausgewählt und in einem Layout dargestellt.<sup>220</sup>

<sup>217</sup> Vgl. Gienke/Kämpf (2007), S. 370

<sup>218</sup> Vgl. Danksagmüller/Frank (2004), S. 131

<sup>219</sup> Vgl. Gienke/Kämpf (2007), S. 370ff.

<sup>220</sup> Vgl. Martin (2011), S. 40

Abbildung 23: Von-Nach-Matrix und Sankey-Diagramm<sup>221</sup>

Folgende Gestaltungsgrundsätze nach Kettner sind bei der Materialflussplanung zu beachten und helfen bei der Schwachstellenanalyse des Ist-Zustandes:<sup>222</sup>

- 1.) Die Analyse, Bewertung und Planung des Materialflusses bilden eine Einheit.
- 2.) Materialflüsse sollen geradlinig, dem Ablauf entsprechend und räumlich strukturiert gestaltet werden.
- 3.) Kreuzungspunkte als auch entgegengesetzte oder wiederholte Transportbewegungen sind zu vermeiden.
- 4.) Umschlagpunkte an Nahtstellen sind auf ein Minimum zu reduzieren. Verbleibende sind besonders zu beachten und wenn möglich zu mechanisieren.
- 5.) Nebentransporte, wie zum Beispiel Entsorgungen, verdienen die gleiche Beachtung wie Haupttransporte und sind genauso wirtschaftlich zu betrachten.
- 6.) Es sollen nicht zu viele unterschiedliche Fördergeräte und zugehörige Hilfsmittel (Paletten, Behälter, etc.) eingesetzt werden.
- 7.) Bisherige Flexibilität des Systems darf nicht verloren gehen bzw. ist in Zukunft eine hohe Flexibilität anzustreben.
- 8.) Transporteinheiten sind entlang des gesamten Materialflusses zu betrachten. Das Ziel ist eine Harmonisierung aller im Produktionsprozess auftretenden Einheiten. (Lagereinheit = Fertigungseinheit = Transporteinheit).
- 9.) Ein ökonomischer Transport ist anzustreben. Dies bedeutet kurze Transportwege bei hohen Fördergeschwindigkeiten, eine geringe Aufenthaltsdauer und hohe Auslastung der Transporteinrichtungen.
- 10.) Fertigungssysteme und Fördersysteme müssen aufeinander abgestimmt werden unter ständiger Berücksichtigung einer unfallsicheren Gestaltung.

<sup>221</sup> Fortmann/Kallweit (2007), S. 105

<sup>222</sup> Vgl. Fortmann/Kallweit (2007), S. 106f.

Schmigalla definiert einen sogenannten Kooperationsgrad, um räumliche Strukturtypen bzw. Fertigungsformen zu bestimmen und gibt mehrere Algorithmen an, die zu einer günstigen Anordnung von Objekten, unter Berücksichtigung ihrer Transportintensitäten zueinander, führen. Weite Verbreitung findet in diesem Zusammenhang das sogenannte „Modifizierte Dreieckverfahren“.<sup>223</sup>

Hohe Bedeutung kommt dem Materialfluss in der Betriebsstätten-, Lager- und Transportplanung zu. Im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes darf der Materialfluss jedoch nicht separat geplant werden, sondern soll stets sämtliche Informations-, Personal- und Energieflüsse mit einschließen. **Informationsflüsse** entstehen durch Kommunikationen unter den Stakeholdern mittels gängiger verbaler oder schriftlicher Kommunikationsformen (Post, E-Mail, Telefon, Boten, etc.).<sup>224</sup>

### 3.2.2 Betriebsstätten- und Layoutplanung

Nach REFA handelt es sich bei einer Betriebsstätte um das gesamte Firmengelände, den darauf errichteten Gebäuden und Anlagen zur Erstellung festgelegter Leistungen als auch den damit verbundenen Einrichtungen zur Ver- und Entsorgung. Die Betriebsstättenplanung gestaltet, unter Beachtung des Arbeitsablaufes und dem daraus resultierendem Materialfluss, die Dimension und räumliche Struktur aller Bauwerke, Einrichtungen und sonstiger Betriebsanlagen und beginnt bei der Standortwahl.<sup>225</sup> Häufig fällt diese Art der Planung heute auch unter den Terminus Fabrikplanung<sup>226</sup>.

Eine Einteilung der gesamten Planung von Fabriken bzw. Betriebsstätten ist in fünf Hauptabschnitte möglich:<sup>227</sup>

- Planungskategorien
- Planungsphasen
- Planungs- und Gestaltungsmethoden
- Projektorganisation
- Gesetze, Verordnungen, Vorschriften

Planungsvorhaben können einer bestimmten **Planungskategorie** zugeordnet werden. Grundsätzlich werden zwei Kategorien unterschieden, die Neuplanung eines Betriebes auf der „grünen Wiese“ und die Umplanung einer bereits bestehenden Betriebsstätte. Bei Umplanungen, welche deutlich häufiger vorgenommen werden, kann zusätzlich unterschieden werden, ob es sich um eine Erweiterung, Umstellung

<sup>223</sup> Siehe Schmigalla (1995) und Schmigalla (1970)

<sup>224</sup> Vgl. Martin (2011), S. 40

<sup>225</sup> Vgl. REFA (1985), S. 145f.

<sup>226</sup> Vgl. Schmigalla (1995) S. 13 und Müller et al. (2009) S. 109

<sup>227</sup> REFA (1985), S. 148

oder Einschränkung des aktuellen Bestandes handelt. Die fünf **Planungsphasen** (Abbildung 24) stellen die sinnvolle Vorgehensweise und eine mögliche Gliederung des Planungsablaufes dar.<sup>228</sup>

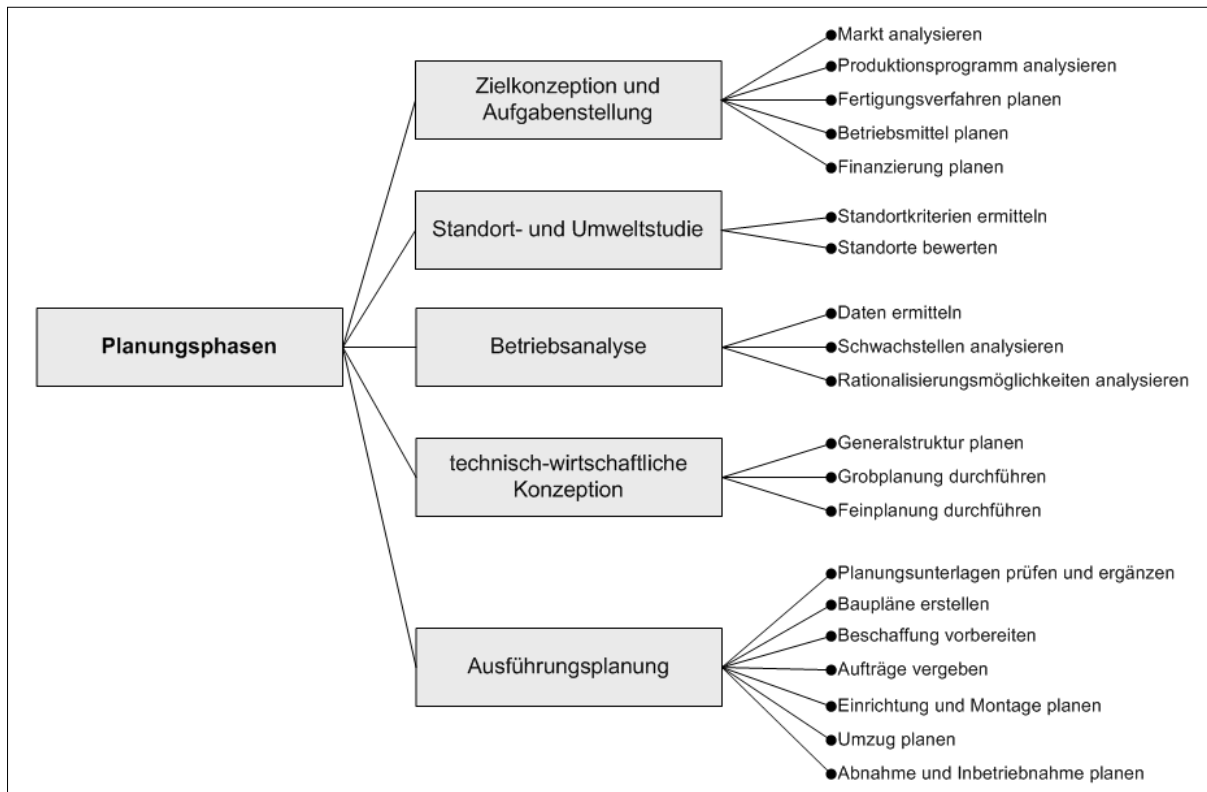


Abbildung 24: Planungsphasen der Betriebsstättenplanung<sup>229</sup>

In der ersten Planungsphase werden die Ziele einer Neu- oder Umplanung formuliert. Diese lehnen sich an den Zielsetzungen der Unternehmung an und leiten sich aus Analysen vergangener bzw. Schätzungen und Prognosen zukünftiger Perioden ab. Darauf aufbauend wird die Aufgabenstellung festgelegt. Im Gegensatz zu Umplanungen muss bei einer Neuplanung zunächst der ideale Standort bestimmt werden. Unter den vielen möglichen technischen, ökonomischen, politischen und regionalen Standortkriterien, die zur Vorbereitung für eine Bewertung und Entscheidungsfindung ermittelt werden müssen, stellen die Beziehungsintensitäten zu den Standorten aller Interessensgruppen einen sehr wichtigen Aspekt dar. Viele Methoden der Standortermittlung wählen daher den idealen Standort anhand kurzer und preiswerter Transportbeziehungen aus. Die Methode nach Thompson ermittelt zum Beispiel über die Liefermenge und die geographischen Koordinaten der Lieferanten bzw. Abnehmer die geographischen Koordinaten des optimalen Betriebstandorts. Eine weitere Möglichkeit zur Bewertung von Standortkriterien und Auswahl von Standorten stellt die Punktbewertungsmethode aus der Nutzwert-

<sup>228</sup> Vgl. REFA (1985), S. 148ff.

<sup>229</sup> REFA (1985), S. 151

analyse<sup>230</sup> dar. Die dritte Planungsphase „Betriebsanalyse“ nimmt den Ist-Zustand eines Betriebes auf und wertet diesen aus. Sie ähnelt der Materialflussanalyse, untersucht jedoch neben dem Materialfluss noch weitere Daten in Bezug auf Produktionsmittel, Flächen, Lager und Personal. Die technisch-wirtschaftliche Konzeption als vierte Planungsphase erfolgt in drei Schritten und beginnt bei der Planung der Generalstruktur. Die Generalstrukturplanung beachtet aufgrund der vorangegangenen Betriebsanalyse alle Einflussgrößen und erstellt über flächenmaßstäbliche Funktionsschemata erste Ideal-Pläne in Grundformen ohne Berücksichtigung von räumlichen Grenzen. Die Vorgehensweise erfolgt nach dem Prinzip „vom Groben zum Feinen“, wie in Abbildung 25 ersichtlich.<sup>231</sup>

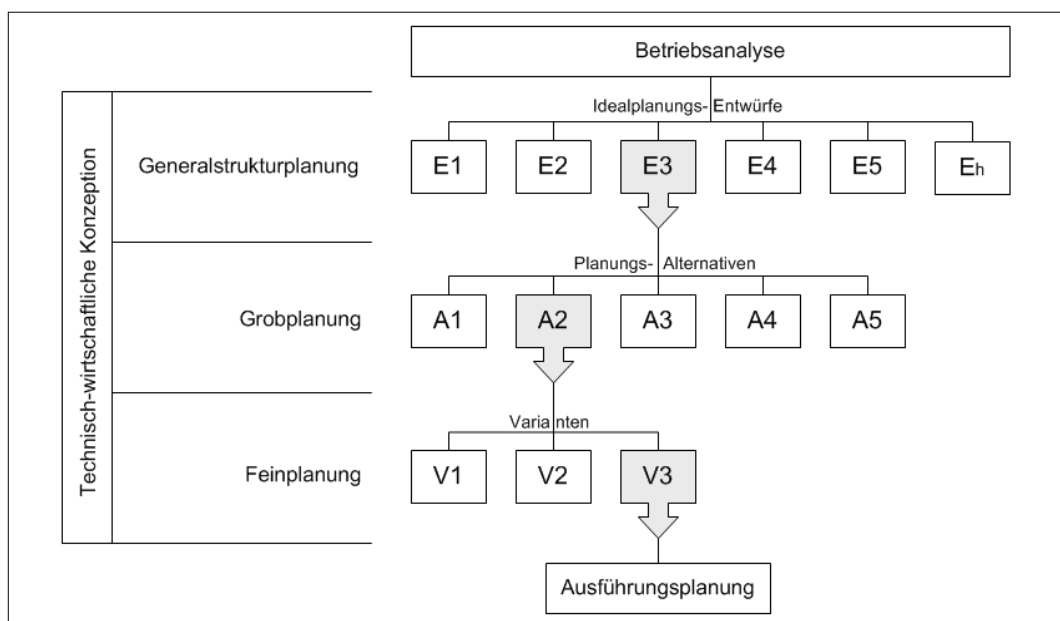


Abbildung 25: Technisch-wirtschaftliche Konzeption „vom Groben zum Feinen“<sup>232</sup>

Charakteristisch für dieses Vorgehensprinzip sind die Trichterform und die Vermeidung von Über- und Unterplanungen. Umso feiner die Planungsstufe wird, desto geringer wird die Anzahl der Varianten bei zunehmender Planungstiefe. Das Ergebnis der Generalstrukturplanung ist der Generalbebauungsplan, welcher aus einem ausgewählten Ideal-Schema, skizziert auf dem Lageplan des Firmengeländes, besteht. In der Grobplanung werden im zweiten Schritt der Konzeption die ersten räumlichen Einteilungen vorgenommen, mehrere Alternativen von Gebäudearten und Grundrissformen erarbeitet und eine Lösung (oder auch mehrere) ausgewählt. Die Feinplanung bildet den Abschluss der technisch-wirtschaftlichen Konzeption mit der Aufgabe, alle wichtigen Details für den Neu- oder Umbau bauantragsreif in mehreren Feinplänen abzubilden. Neben der vorrangig beschriebenen Gestaltung des Layouts

<sup>230</sup> Siehe Zangemeister (1976)

<sup>231</sup> Vgl. REFA (1985), S. 151ff.

<sup>232</sup> In Anlehnung an REFA (1985), S. 183

in der Generalstruktur-, Grob- und Feinplanung werden parallel auch Planungen im Bereich Produktionsablauf, Transport, Lager- und Personalwesen vorgenommen, sowie Termine und Kosten kalkuliert. Diese haben natürlich Einfluss auf die Auswahlentscheidungen des Layouts. Unter die fünfte und letzte Planungsphase fällt die Planung der Bauausführung selbst.<sup>233</sup>

Die Planungs- und Gestaltungsmethoden im Rahmen der Betriebsstättenplanung sind zahlreich. Einige sind bereits in dieser Arbeit vorgestellt worden bzw. werden es noch (Materialflussanalyse und -planung, ABC-Analyse, Arbeitsablaufgestaltung, etc.). Für die konstruktive Gestaltung sind besonders die Methoden zur Flächenermittlung von Bedeutung. Durch den Vergleich mit bestehenden Produktionsverfahren und der Umrechnung auf das eigene Planungsvorhaben kann der Flächenbedarf relativ einfach und schnell ermittelt werden. Stehen diese Vergleichsmöglichkeiten nicht zur Verfügung können die benötigten Flächen mittels funktionaler Methoden, Kennzahlen oder Koeffizienten berechnet werden.<sup>234</sup>

### 3.2.3 Materialbereitstellung mittels Kanban-Steuerung

Die Kanban-Steuerung kann in der Produktion zur dezentralen Steuerung des Materialflusses verwendet werden, indem Teile und Materialien von der vorhergehenden Produktionsstufe nur dann abgerufen werden, wenn sie auch tatsächlich für den nächsten Produktionsschritt benötigt werden. Dadurch werden Bestände und Durchlaufzeiten betriebsintern reduziert und es wird von einer Just-in-Time-Produktion mittels Kanban-Steuerung gesprochen. Weiters kann eine Kanban-Steuerung auch unternehmensübergreifend eingesetzt werden und zur Selbststeuerung des Beschaffungsprozesses zwischen dem Hersteller und seinen Lieferanten herangezogen werden (Just-in-Time-Beschaffung mittels Kanban).<sup>235</sup>

Das JiT-Konzept kann nach zwei verschiedenen Prinzipien aufgebaut sein. Die Kanban-Steuerung verwendet das Pull-Prinzip, auch als Holprinzip bzw. Ziehverfahren bezeichnet. Das Produkt wird durch die Produktion bzw. Lieferkette gezogen und ausgehend vom Kunden nur jenes produziert, was vom Vorgänger nachgefragt wird. Die konträre Steuerung nach dem Push-Prinzip hingegen, auch unter dem Begriff Schiebeverfahren bzw. Bringprinzip bekannt, verfolgt das Ziel die Produkte nach einem vorgegebenen Produktionsplan zu fertigen und bereitzustellen. Dadurch werden die einzelnen Teile von einer Station zur nächsten bis hinein in den Markt gedrückt („gepusht“), auch wenn der Kunde keine Teile bestellt hat. Abbildung 26 soll die beiden Prinzipien auf einfache Weise veranschaulichen und verdeutlichen,

<sup>233</sup> Vgl. REFA (1985), S. 182ff.

<sup>234</sup> Vgl. REFA (1985), S. 233ff.

<sup>235</sup> Vgl. Schulte (2001), S. 323



dass der Kunde je nach Prinzip einmal den Ausgangspunkt und einmal den Endpunkt der Gesamtkette darstellt.<sup>236</sup>

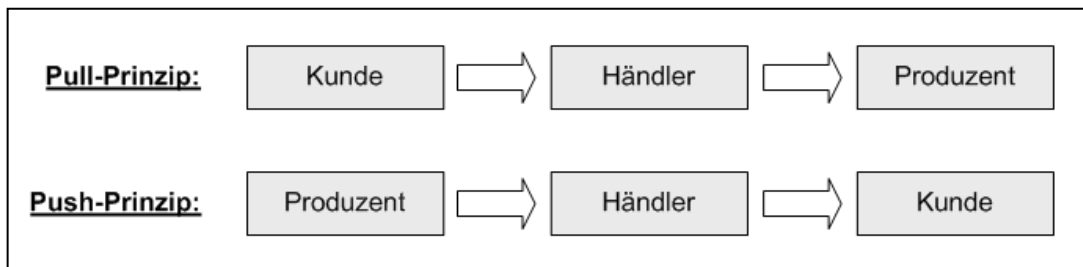


Abbildung 26: Pull- und Push-Prinzip<sup>237</sup>

Nicht alle Teile und Produkte eignen sich für die Anwendung des JiT-Konzepts<sup>238</sup> und somit auch nicht für eine Kanban-Steuerung. Um diesen Sachverhalt zu erklären soll zuvor noch die ABC-Analyse und die XYZ-Analyse kurz beschrieben werden.

Die **ABC-Analyse** ermöglicht eine Klassifizierung der Produkte und Teile. Aus Erfahrungen ist bekannt, dass lediglich ein geringer Anteil aller Teile bzw. Produkte (ungefähr 20 Prozent) den größten Teil (ungefähr 80 Prozent) eines betrachteten Kriteriums (Gesamtwert, Gesamtumsatz, Gesamtkosten, etc.) ausmacht. Diese Teile werden als A-Teile bezeichnet. C-Teile hingegen sind gekennzeichnet durch den größten Anteil an der Gesamtmenge (ungefähr 50 Prozent), tragen jedoch nur zu ungefähr 5 Prozent zum Kriterium bei. B-Teile nehmen eine Zwischenposition ein. Die linke Seite der Abbildung 27 stellt die Lorenzkurve, in der USA auch als Pareto-Chart<sup>239</sup> bezeichnet, einer ABC-Analyse inklusive der klassifizierten Bereiche dar.<sup>240</sup>

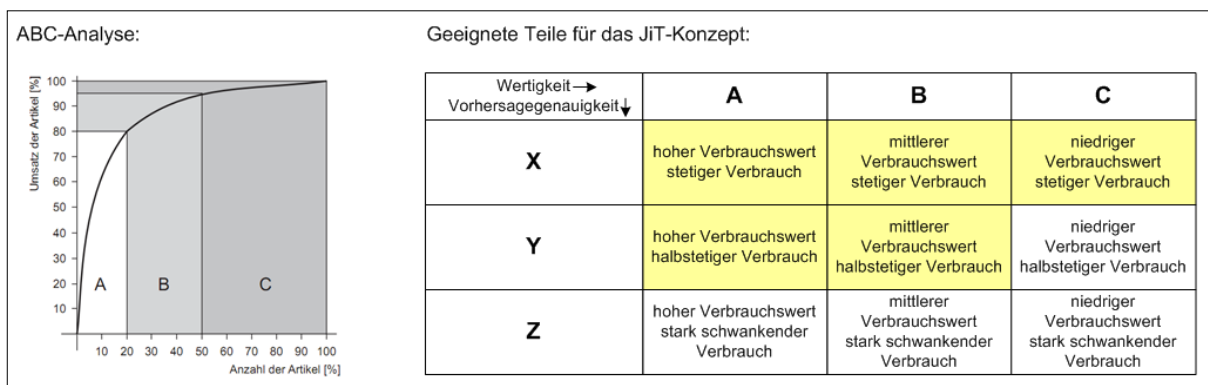


Abbildung 27: ABC-Analyse und geeignete Teile für das JiT-Konzept<sup>241</sup>

Die **XYZ-Analyse** untersucht die Bedarfsschwankungen und gibt an wie regelmäßig ein Teil herangezogen wird. X-Teile weisen einen stetigen Verbrauch ohne große

<sup>236</sup> Vgl. Buer (2003), S. 19f.

<sup>237</sup> In Anlehnung an Buer (2003), S. 19f.

<sup>238</sup> Vgl. Vahrenkamp (2007), S. 353

<sup>239</sup> Vgl. Vahrenkamp (2007), S. 77

<sup>240</sup> Vgl. Martin (2011), S. 35

<sup>241</sup> In Anlehnung an Martin (2011), S. 35 und Vahrenkamp (2007), S. 353

Schwankungsbreite auf. Im Gegensatz dazu zeichnen sich Z-Teile durch einen stark schwankenden Verbrauch aus. In der Mitte positionieren sich die Y-Teile.<sup>242</sup>

Teile und Produkte, die sich für ein JiT-Konzept und somit für eine Kanban-Steuerung eignen, sind in der rechten Hälfte der Abbildung 27 farblich hinterlegt. Dies sind alle Teile mit regelmäßigem Verbrauch (hoher Vorhersagegenauigkeit) und jene Teile mit relativ hoher Wertigkeit und halbstetigem Verbrauch.<sup>243</sup>

Das japanische Wort Kanban wird mit Schild bzw. Karte übersetzt. Die flexible Steuerung in einem Kanban-System ist gekennzeichnet durch selbststeuernde Regelkreise im Produktionsablauf. Das Grundprinzip beruht, wie in Abbildung 28 dargestellt, auf der Quellen-Senken-Beziehung der einzelnen Stufen. Die nachgelagerte Produktionsstufe (Senke) holt sich in einem Kanban-System die gerade erforderliche Menge zur rechten Zeit aus dem Pufferlager der Produktionsstufe davor (Quelle).<sup>244</sup>

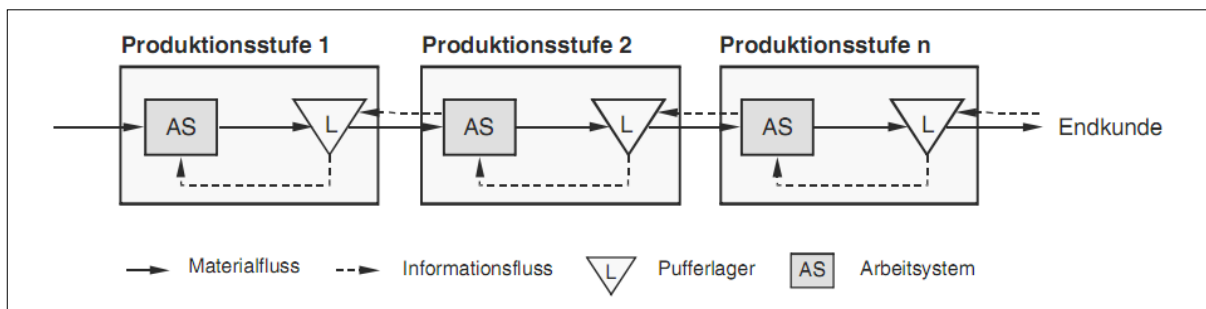


Abbildung 28: Prinzip Kanban-Steuerung<sup>245</sup>

Klassisch werden die Informationen in einem Kanban-System mit Hilfe der Kanbans (Karten) mitgeteilt. Jeder volle Transportbehälter, der bei der Senke ankommt, ist mit einer Karte ausgestattet. Ist der Inhalt des Behälters aufgebraucht, geht bei der Quelle die Karte des Behälters ein und diese ist im Regelkreis dafür verantwortlich, dass der volle Behälter samt Karte wieder rechtzeitig bei der Senke ankommt. Durch die große Ähnlichkeit mit der Warenentnahme und Befüllung der Regale in einem Supermarkt, wird ein Kanban-System auch oft als Supermarkt-Prinzip bezeichnet.<sup>246</sup>

$$\text{Anzahl Kanbans} = \frac{\text{Wiederschaffungszeit} \cdot \text{mittl. Bedarfsrate}}{\text{Behälterinhalt}} + \frac{\text{Sicherheitsbestand}}{\text{Behälterinhalt}}$$

Formel 5: Anzahl Kanbans<sup>247</sup>

<sup>242</sup> Vgl. Vahrenkamp (2007), S. 77

<sup>243</sup> Vgl. Vahrenkamp (2007), S. 353

<sup>244</sup> Vgl. Nyhuis et al. (2006), S. 342

<sup>245</sup> Nyhuis et al. (2006), S. 342

<sup>246</sup> Vgl. Nyhuis et al. (2006), S. 342

<sup>247</sup> Lödding (2008), S. 200

Nach Formel 5 kann die Anzahl der Karten (Kanbans) bzw. Behälter im Regelkreis bestimmt werden. Die Wiederbeschaffungszeit und der Sicherheitsbestand stellen dabei die beiden entscheidenden Einflussgrößen dar.<sup>248</sup>

Neben den **Produktionskanbans**, welche innerhalb einer Produktionsstufe zwischen Pufferlager und Arbeitssystem zirkulieren, existieren noch weitere Kanbanarten. Signalkanbans (Hinweiskanbans) werden bei einer losweisen Fertigung eingesetzt, indem die Produktion von neuem Material durch einen Meldebestand ausgelöst wird. Der Regelkreis zwischen dem Arbeitssystem der Senke und dem Pufferlager der Quelle wird mittels **Transportkanbans** gesteuert, die sowohl betriebsintern (Betriebskanbans) als auch über die Betriebsgrenzen hinaus (Lieferantenkanbans) eingesetzt werden können.<sup>249</sup>

Beim **Zwei-Behälter-Kanban-System** sind am Arbeitsplatz zwei Behälter mit demselben Inhalt, meist wie in einem Durchlauflager, seriell angeordnet. Ein leerer Behälter wird samt Kanban zurück zur Quelle geschickt, aufgefüllt und der verbrauchenden Stelle wieder zugeführt. Währenddessen rückt der zweite Behälter nach und sorgt für einen unterbrechungsfreien Produktionsablauf.<sup>250</sup>

7 Voraussetzungen	8 Regeln
Fließfertigung	Jeder Behälter hat eine Kanbankarte.
Kleine Losgrößen und Umrüstzeiten	Nach Entnahme des ersten Teils aus dem Behälter, wandert die Kanbankarte in den Briefkasten.
Nivellierte und geglättete Produktion	Nachgelagerte Prozesse ziehen das benötigte Material vom vorgelagerten Prozess heran.
Kurze, einheitliche Transportzyklen integriert im Fluss	Die Produktion erfolgt in der Reihenfolge der Prioritäten (durch Kanbans bekannt) des nachgelagerten Prozesses.
Kontinuierliche Produktion	Es wird nicht mehr produziert, als die vom nachgelagerten Prozess durch Kanbankarten nachgefragte Menge.
Adressen für jeden Platz und jede Stelle	Ein Mangel an Materialien wird dem vorgelagerten Prozess sofort mitgeteilt.
Festgelegte Verpackungs- und Behälterform	Kanbankarten werden von jenem Bereich hergestellt und verwaltet, der sie dann auch tatsächlich verwendet.
	Sorgfältig und sparsam mit den Kanbankarten umgehen, als wäre es Bargeld.

Tabelle 5: 7 Voraussetzungen und 8 Regeln für ein Kanban-System<sup>251</sup>

In Tabelle 5 sind die sieben Voraussetzungen bzw. acht Regeln aufgelistet, die bei der Einführung eines Kanban-Systems erfüllt sein bzw. beachtet werden müssen.<sup>252</sup>

<sup>248</sup> Vgl. Lödding (2008), S. 199f.

<sup>249</sup> Vgl. Schulte (2001), S. 329ff.

<sup>250</sup> Vgl. Martin (2011), S. 23

<sup>251</sup> Vgl. Takeda (2013), S. 181ff.

<sup>252</sup> Vgl. Takeda (2013), S. 181ff.

Der geringe Steuerungsaufwand, ein geringer Materialbestand<sup>253</sup> und die hohe Transparenz zählen zu den wesentlichen Vorteilen eines Kanban-Systems. Nachteilig ist jedoch, dass es sich wirtschaftlich nur für Produkte mit einer geringen Variantenvielfalt eignet, da ansonsten die Pufferbestände zu groß werden würden.<sup>254</sup>

Unter einem **Milk-Run** wird eine besondere Form des Direkttransports, im Normalfall auf einer festgelegten Strecke, zu fixen Eintreffzeiten und definierten Liefermengen, verstanden. In einem Montageprozess fährt jener Mitarbeiter, der für die Bereitstellung des Materials verantwortlich ist, die Arbeitsplätze nach vordefiniertem Routenplan an, liefert das benötigte Material dort ab, sammelt eventuelles Leergut ein und kehrt zum Ausgangslager zurück, wo die Route von Neuem beginnt.<sup>255</sup>

### 3.2.4 Bullwhip-Effekt in der Supply Chain

Der Wettbewerb zwischen einzelnen Unternehmen verliert gegenwärtig mehr und mehr an Bedeutung und verlagert sich stark in Richtung Konkurrenzkampf gesamter Wertschöpfungsketten. Aus diesem Grund ist eine Organisation und Koordination der gesamten Supply Chain (Lieferkette) vom ersten Rohmateriallieferanten bis hin zum Endkunden erforderlich.<sup>256</sup>

Zentraler Bestandteil des Supply Chain Managements (SCM) ist die Kooperation aller Beteiligten in der Lieferkette, um Verluste an den Schnittstellen untereinander zu minimieren bzw. zu verhindern und so den Gesamtnutzen jedes einzelnen mitwirkenden Unternehmens so hoch wie möglich zu halten. Lödding beschreibt den von Forrester entdeckten Bullwhip-Effekt als einer der Hauptursachen für ein notwendiges SCM, der sich aus mangelnder Koordination der Material- und Informationsflüsse ergibt. Dieser „Stierpeitscheneffekt“ beschreibt die Verstärkung und das Aufschaukeln von Nachfrageschwankungen ausgehend vom Kunden über die gesamte Supply Chain. Je näher sich ein Unternehmen in der Lieferkette beim Endkunden befindet, desto schwächer fällt dieser Effekt aus.<sup>257</sup>

Lödding nennt sieben Ursachen, die zu einer verstärkten Nachfrageschwankung entlang der Supply Chain führen (= **Ursachen** des Bullwhip-Effekts).<sup>258</sup>

- Vorgabe konstanter Durchlaufzeiten in Produktion, Lagerung und Transport
- Nachfrageprognosen basieren auf Bestellungen der nachgelagerten Stufe und nicht auf der Nachfrage des Endkunden (dezentrale Absatzplanung)

<sup>253</sup> Vgl. Schulte (2001), S. 336

<sup>254</sup> Vgl. Nyhuis et al. (2006), S. 345

<sup>255</sup> Vgl. Nyhuis et al. (2006), S. 347

<sup>256</sup> Vgl. Syska (2006), S. 34

<sup>257</sup> Vgl. Lödding (2008), S. 107ff.

<sup>258</sup> Vgl. Lödding (2008), S. 110ff.

- Prognosemethoden stützen sich auf streuende Vergangenheitsdaten
- Losbildung (Verzerrung der Nachfrageinformationen)
- Kaufverhalten bei Preisfluktuationen
- Überhöhte Bestellungen durch Lieferengpässe
- Lange Laufzeiten bei der Weitergabe von Informationen in der Lieferkette

Aus diesen Ursachen können direkt geeignete **Gegenmaßnahmen** abgeleitet und zur Vermeidung bzw. Reduzierung des Bullwhip-Effekts herangezogen werden:<sup>259</sup>

- Vorgabe konstanter Bestände statt konstanter Durchlaufzeiten (Bestandsregelung)
- Verkürzung von Durchlaufzeiten (wenn Bestandsregelung nicht möglich)
- Nachfrageprognose in der gesamten Supply Chain auf den Endkunden ausrichten (zentrale Absatzplanung)
- Nutzung von Prognosemethoden mit trägem Verhalten
- Kleinere Losgrößen verwenden
- Vermeidung von nicht koordinierten Preisfluktuationen
- Kooperatives Verhalten in der Supply Chain bei Lieferengpässen
- Informationen so schnell wie möglich weitergeben

Der Bullwhip-Effekt bildet den Abschluss dieser Arbeit zum Themenbereich Logistikmanagement. Das nächste Unterkapitel widmet sich dem Energieeinsatz in Betrieben und dem effizienten und sparsamen Umgang mit dieser Ressource.

### 3.3 Ressourcenschonung und effizienter Energieeinsatz

Der Begriff Energie leitet sich vom griechischen Wort „en-érgeia“ ab, was übersetzt soviel bedeutet wie „wirkende Kraft“. Die moderne Physik trennt den Begriff jedoch klar vom Begriff der Kraft ab und definiert Energie als „die Fähigkeit eines Systems, Arbeit zu verrichten.“ Energie beschreibt demnach den Zustand eines Systems (= Zustandsgröße). Bei einer Zustandsänderung tritt die Prozessgröße Arbeit auf. Eine Verrichtung von Arbeit am System führt zu einer Erhöhung der Systemenergie, währenddessen eine vom System verrichtete Arbeit zu einer Abnahme der Systemenergie führt. Ein Austausch von Energie zwischen zwei Systemen kann zwar erfolgen, jedoch kann Energie weder erzeugt noch vernichtet werden, sondern lediglich die Energieform wechseln. Somit gilt nach dem Ersten Hauptsatz der Thermodynamik und unter der Voraussetzung eines geschlossenen Systems, dass die Gesamtheit der Energie konstant ist. Trotz dieser Tatsache werden in der Praxis

<sup>259</sup> Vgl. Lödding (2008), S. 118ff.

oft die Begriffe Energieverlust, Energieverschwendung oder Energieverbrauch verwendet. Dies ist auf die Kernaussage des Zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik zurückzuführen, der in einer seiner Formulierungsvarianten besagt, dass die Energieform Wärme niemals vollständig in elektrische oder mechanische Energie umgewandelt werden kann. Dadurch ergibt sich eine Einteilung in „hochwertige“ und „minderwertige“ Energien. Die Physik spricht dabei auch von sogenannter Exergie (hochwertige Energie) und Anergie (minderwertige Energie). Energie wird in der SI-Einheit Joule ( $1 \text{ [J]} = 1 \text{ [Nm]} = 1 \text{ [kg m}^2\text{/s}^2] = 1 \text{ [Ws]}$ ) angegeben. Gerade in Technik und Wirtschaft wird aber ungeachtet dessen gerne die davon abweichende Einheit Kilowattstunde (kWh), Megawattstunde (MWh) oder Kilokalorie (kcal) verwendet.<sup>260</sup>

Werden in der vorliegenden Arbeit Begriffe wie Energieverbrauch, Energieerzeugung, Energieverlust oder äquivalente Termini verwendet, so ist damit stets im Sinne des Ersten Hauptsatzes der Thermodynamik eine Umwandlung der Energieform gemeint.

Im Alltag werden die Begriffe Energiebedarf und Energieverbrauch gleichbedeutend verwendet, wobei der Verbrauch sich eher auf bereits erhobene Daten und Messungen bezieht. Im Gegensatz dazu können mit dem Bedarf auch zukünftige Energienachfragen gemeint sein.<sup>261</sup>

Die **Energieintensität** gibt an, wie viel Energie in einem Produktionsprozess benötigt wird, um ein Produkt herzustellen. Durch die Multiplikation des Kundentaktes mit der gesamten Leistungsaufnahme des betrachteten Produktionsprozesses kann sie berechnet werden. Werden alle Energieintensitäten entlang des Wertstroms aufsummiert, ergibt sich der Gesamtenergiebedarf zur vollständigen Herstellung eines einzelnen Produkts.<sup>262</sup> Bezieht sich der Energieverbrauch nicht auf ein Produkt, sondern auf eine andere Einheit (wie z.B. das Bruttoinlandsprodukt BIP), so kann mittels der Energieintensität auch ein Bezug zwischen dem Energieverbrauch und der Wertschöpfung einer Volkswirtschaft hergestellt werden<sup>263</sup>.

Energie kann in folgenden **Energieformen** bzw. Erscheinungsformen auftreten:<sup>264</sup>

- als mechanische Energie (kinetische und potentielle Energie)
- als thermische Energie
- als elektrische Energie
- als magnetische Energie
- als chemische Energie

<sup>260</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 109

<sup>261</sup> Vgl. Erlach (2009), S. 17

<sup>262</sup> Vgl. Erlach/Weskamp (2009), S. 32

<sup>263</sup> Vgl. Jochem (2013), Zugriffsdatum 05.11.2013

<sup>264</sup> Müller et al. (2009), S. 68

- als Kernenergie
- als Strahlungsenergie

Alle Stoffe und Quellen, in denen eine dieser Energieformen gespeichert ist, werden als **Energieträger** bezeichnet. Je nach Umwandlungsstufe in der Energieumwandlungskette (Abbildung 29) kann zwischen primären und sekundären Energieträgern unterschieden werden.<sup>265</sup>

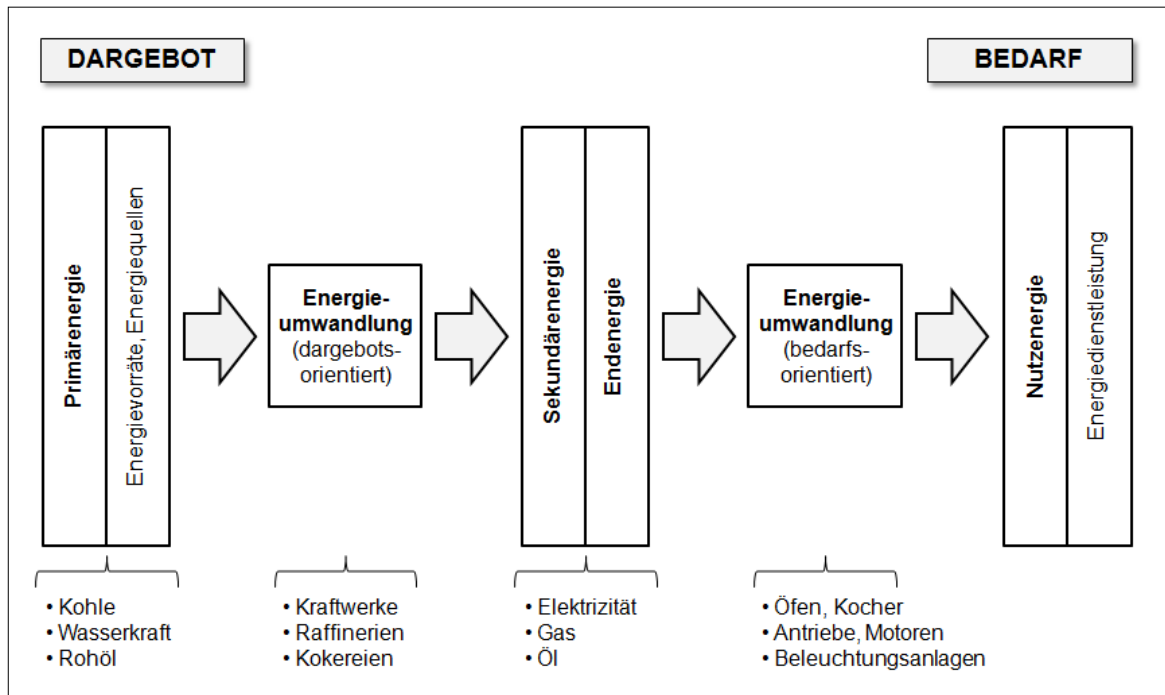


Abbildung 29: Energieumwandlungskette vom Dargebot zum Bedarf<sup>266</sup>

Energiequellen und –vorräte, die durch ein natürliches Vorkommen geprägt und noch keiner anthropogenen Energieumwandlung unterzogen worden sind, werden als primäre Energieträger bezeichnet. Dazu gehören unter anderem fossile Energieträger (Kohle, Mineralöl, etc.), Sonneneinstrahlung, Wind- und Wasserkraft, Erdwärme, Biomasse und Kernkraft. Ihr Energieinhalt wird dementsprechend Primärenergie genannt. Sekundäre Energieträger hingegen (wie z.B. Benzin, Diesel oder elektrischer Strom) wurden bereits einmal einer anthropogenen, verlustbehafteten Energieumwandlung unterworfen. Ihr Inhalt an Energie wird auch als Sekundärenergie bezeichnet. Die Endenergie wird schlussendlich dem Endverbraucher über Endenergieträger bereitgestellt. Dies können sowohl primäre als auch sekundäre Energieträger bzw. Energien sein, jedoch vermindert um etwaige Verluste aus Umwandlungen, Verteilungen oder Eigenverbräuchen<sup>267</sup>. Der Messpunkt für die verbrauchte Endenergie, die zumeist für die Abrechnung der Energie-

<sup>265</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 73

<sup>266</sup> In Anlehnung an Wohinz/Moor (1989), S. 31 und Müller et al. (2009), S. 73

<sup>267</sup> Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese (2006), S. 2

kosten herangezogen wird, befindet sich an jener Stelle, an welcher der Endverbraucher zum Besitzer des Endenergieträgers wird (z.B. Ort der Einspeisung am Grundstück für elektrischen Strom, Tankvorgang eines Fahrzeugs an der Tankstelle). Der Nutzer bzw. Endverbraucher vollzieht in seinen Geräten eine letzte Umwandlung der Endenergie in die sogenannte Nutzenergie, welche zur gewünschten Bedürfnisbefriedigung (z.B. Temperierung des Raums, Personenbeförderung)<sup>268</sup> bereit steht.<sup>269</sup>

### 3.3.1 Zahlen, Daten und Fakten zur Energiesituation

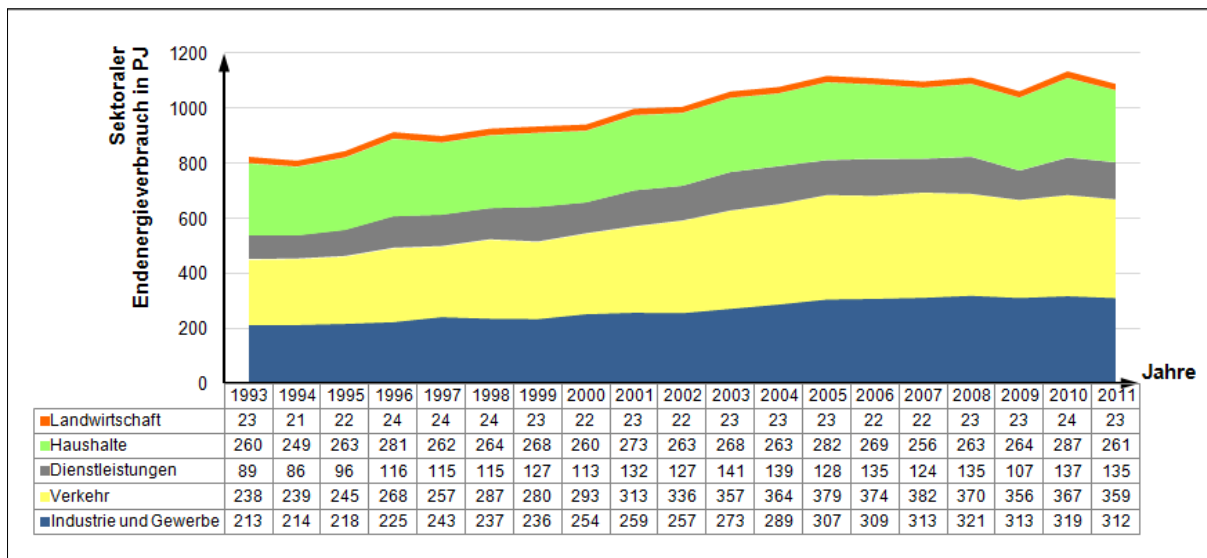


Abbildung 30: Sektoraler Endenergieverbrauch Österreichs von 1993 bis 2011<sup>270</sup>

Abbildung 30 zeigt die Entwicklung des gesamten **energetischen Endverbrauch** Österreichs, beginnend im Jahr 1993 bis zum Jahr 2011. Zusätzlich ist auch eine Gliederung in die Sektoren Landwirtschaft, Haushalte, Dienstleistungen, Verkehr und Industrie erkenntlich. In den Jahren 2005 bis 2011 schwankte der Verbrauch nur mehr geringfügig, meist lediglich bedingt durch jahresabhängige Außentemperaturen und etwaigen Preis- bzw. Steuererhöhungen<sup>271</sup>. Das Krisenjahr 2009 sorgte vor allem im Dienstleistungssektor für einen auffällig geringeren Endenergieverbrauch. Im Vergleich zum Jahr 1993 ist jedoch deutlich zu erkennen, dass der Verbrauch an Energie in Österreich bis zum Jahr 2011 signifikant zugenommen hat (+32,4 %). In den Sektoren Dienstleistungen, Verkehr und Industrie ist in den vergangenen 20 Jahren ein Anstieg von jeweils ungefähr 50 Prozent zu verzeichnen, während sich in den beiden verbleibenden Sektoren keine bedeutsamen Änderungen ergaben.<sup>272</sup>

<sup>268</sup> Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese (2006), S. 3

<sup>269</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 73f.

<sup>270</sup> In Anlehnung an STATISTIK AUSTRIA (2013a), Zugriffsdatum: 02.11.2013

<sup>271</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013b), Zugriffsdatum: 06.11.2013

<sup>272</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013a), Zugriffsdatum: 02.11.2013



Trotz des tendenziell eher stetig steigenden Endenergieverbrauchs in Österreich kann zumindest in Bezug auf die Energieintensität in der Sachgüterproduktion Österreichs, ohne Berücksichtigung der Traktion, eine Stagnation bzw. sogar ein leichter Rückgang beobachtet werden (Abbildung 31).<sup>273</sup>

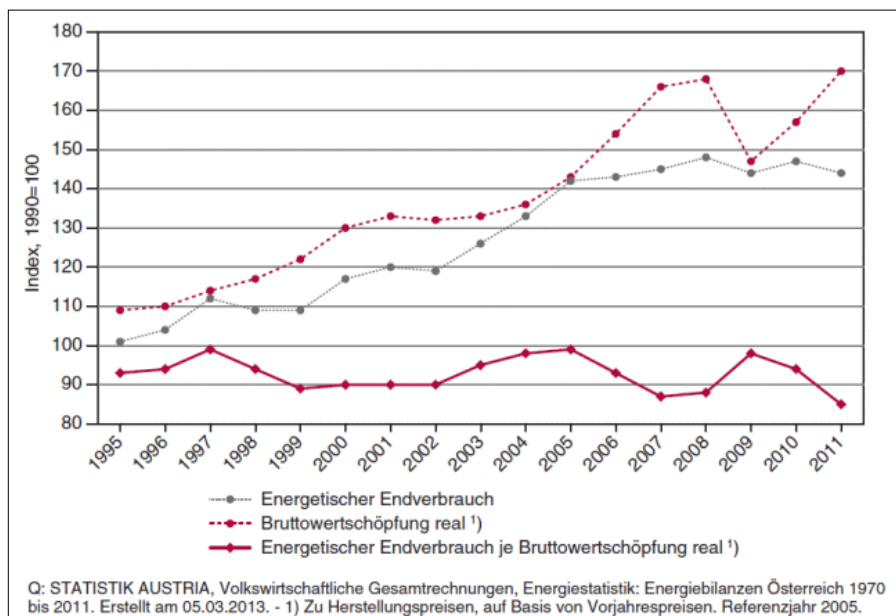


Abbildung 31: Energieintensität in der Sachgüterproduktion Österreichs<sup>274</sup>

Auch bei den Preisänderungen bedeutsamer Energieträger ist ein deutlicher Trend zu erkennen. Abbildung 32 zeigt die Entwicklung der Jahresdurchschnittspreise der wichtigsten Energieträger Österreichs (ohne Naturgas). Alle können im Jahreszeitraum 2003 bis 2011 einen Preisanstieg von über 50 Prozent verzeichnen, einige sogar eine Verdoppelung bis Verdreifachung des ursprünglichen Energieträgerpreises aus dem Jahr 2003.<sup>275</sup>

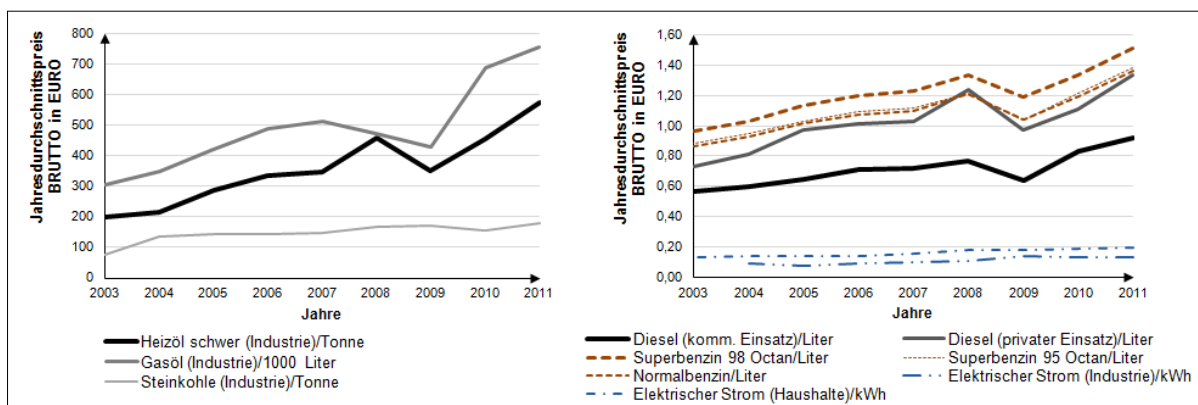


Abbildung 32: Entwicklung der Jahresdurchschnittspreise wichtiger Energieträger<sup>276</sup>

<sup>273</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013c), Zugriffsdatum: 06.11.2013

<sup>274</sup> STATISTIK AUSTRIA (2013c), Zugriffsdatum: 06.11.2013

<sup>275</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013d), Zugriffsdatum: 06.11.2013

<sup>276</sup> In Anlehnung an STATISTIK AUSTRIA (2013d), Zugriffsdatum: 06.11.2013

Natürlich vorkommende fossile Energieträger sind nicht in unbegrenzter Menge verfügbar. Als **Reserven** werden in der Geologie jene Vorräte der Erde an fossilen Rohstoffen bezeichnet, die bekannt sind und mit heutigen Mitteln erschlossen werden können. **Ressourcen** hingegen sind entweder abbaubare aber lediglich vermutete fossile Rohstoffvorkommen oder zwar nachgewiesene Vorräte, welche jedoch aktuell noch nicht wirtschaftlich abgebaut werden können. Über die statistische Reichweite werden die Jahre angegeben, die den fossilen Energieträgern bis zu deren Erschöpfung bei gleichbleibender Nutzungsintensität verbleiben. Die aktuelle Reservenreichweite für Erdöl beträgt 42, für Erdgas 62 und für Kohle 150 Jahre.<sup>277</sup>

Tabelle 6 enthält Statistiken zum Endenergieverbrauch in Österreich und der Steiermark. Der gesamte energetische Endverbrauch im Jahr 2011 in Österreich betrug 1089 Petajoule. Davon fielen 169 Petajoule (circa 16 Prozent) des energetischen Endverbrauchs im Land Steiermark an. Ebenfalls ersichtlich in den Verbrauchsstatistiken sind die von der Statistik Austria angeführten Nutzenergiekategorien. Dadurch wird erkenntlich zu welchem Zweck bzw. für welche Anwendung die bereitgestellte Endenergie verwendet wird. In Österreich wird ungefähr jeweils ein Drittel der verbrauchten Endenergie für die Traktion und die Beheizung bzw. Kühlung von Räumen verwendet. Das verbleibende Drittel teilen sich die Standmotoren, Industrieöfen, Dampferzeugung, Beleuchtung und EDV. In der Steiermark fällt der Anteil an Traktion im Vergleich zu Österreich deutlich geringer, der Anteil an Dampferzeugung dafür ein wenig höher aus. Der Endenergieverbrauch der Industrie (produzierendes Gewerbe) beträgt mit 312 Petajoule ungefähr 29% des Gesamtendenergieverbrauch Österreichs. Die steirische Industrie ist mit einem Verbrauch von 68 Petajoule sogar mit rund 40 Prozent am gesamten Landesverbrauch beteiligt. Die Endenergie wird in der Industrie vor allem zum Betrieb von Standmotoren, Industrieöfen und zur Dampferzeugung genutzt. Speziell die elektrische Energie wird im produzierenden Gewerbe primär (mit bis zu 75 Prozent) durch Standmotoren in Nutzenergie umgewandelt. Die letzte Zeile der Tabelle 6 zeigt die Verteilung der Endenergieträger in der Industrie. Im zweistelligen Prozentbereich befinden sich neben den beiden Großvertretern elektrische Energie und Naturgas nur mehr die biogenen Brenn- und Treibstoffe.<sup>278</sup>

Statistik Austria hat bereits die vorläufigen Energiebilanzen für das Jahr 2012, bis dato jedoch noch ohne genaue Details, veröffentlicht. Demzufolge ist der Endenergieverbrauch Österreichs um etwa einen Prozent auf 1109 Petajoule angestiegen. Im Sektor Industrie ist ein Anstieg von etwa 2 Prozent zu verzeichnen.<sup>279</sup>

<sup>277</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 11f.

<sup>278</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013a), Zugriffsdatum: 02.11.2013

<sup>279</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013e), Zugriffsdatum: 07.11.2013

Gesamter Endenergieverbrauch 2011 nach Nutzenergiekategorien	
<p><b>ÖSTERREICH (1089 PJ)</b></p>	<p><b>STEIERMARK (169 PJ)</b> ca. 16% Anteil am österreichischen Gesamtendenergieverbrauch</p>
Endenergieverbrauch 2011 der Industrie (produzierendes Gewerbe) ohne Traktion nach Nutzenergiekategorien	
<p><b>ÖSTERREICH (312 PJ)</b> ca. 29% des Gesamtendenergieverbrauchs von Österreich</p>	<p><b>STEIERMARK (68 PJ)</b> ca. 40% des Gesamtendenergieverbrauchs der Steiermark</p>
Stromverbrauch 2011 der Industrie (produzierendes Gewerbe) ohne Traktion nach Nutzenergiekategorien	
<p><b>ÖSTERREICH (96,5 PJ)</b> ca. 31% des Gesamtendenergieverbrauchs der österreich. Industrie</p>	<p><b>STEIERMARK (18,5 PJ)</b> ca. 28% des Gesamtendenergieverbrauchs der Industrie in Steiermark</p>
Endenergieträger 2011 der Industrie (produzierendes Gewerbe)	
<p><b>ÖSTERREICH</b></p>	<p><b>STEIERMARK</b></p>

Tabelle 6: Statistiken zum Energieverbrauch in Österreich und der Steiermark<sup>280</sup>

<sup>280</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013a), Zugriffsdatum: 02.11.2013

Die österreichische und europäische Klima- und Energiepolitik hat seit einigen Jahren die Bedeutung der Energieeffizienz erkannt. Zurzeit werden folgende international bzw. national festgelegte Ziele im Sinne der Nachhaltigkeit verfolgt, die es zum Teil durch vertragliche Verpflichtungen für Österreich zu erfüllen gilt:<sup>281</sup>

- Kyoto-Ziel: In der zweiten Verpflichtungsperiode hat Österreich bis zum Jahr 2020 eine Emissionsreduktion der sieben Treibhausgase von insgesamt 20 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 zugesichert.<sup>282</sup>
- Nach der Energieeffizienz-Richtlinie der EU muss Österreich die Energieeffizienz im Land um 9 Prozent bis zum Jahr 2016 steigern.
- Die 20-20-20-Ziele der EU: Die EU-Mitgliedsstaaten verpflichten sich bis zum Jahr 2020 die Emissionen aus Treibhausgasen um 20 Prozent zu reduzieren, den Anteil erneuerbarer Energien auf 20 Prozent anzuheben (in Österreich auf 34 Prozent) und die Energieeffizienz um 20 Prozent zu erhöhen.
- Eine nachhaltige Versorgungssicherheit im Land muss gewährleistet werden.
- Die Abhängigkeit fossiler Energieträger muss drastisch gesenkt werden.

Im produzierenden Gewerbe stellen die Energie- und Materialkosten heute bis zu 50 Prozent der Gesamtkosten dar (Energiekostenanteil je nach Branche 2 bis 15 Prozent der Gesamtkosten<sup>283</sup>). Im Vergleich dazu betragen die Personalkosten eines produzierenden Unternehmens nicht mehr als 18 Prozent der Gesamtkosten. Durch geeignete Maßnahmen ist im Bereich der Energieeffizienz nachweislich ein Verbesserungspotential von 30 Prozent möglich. Auf Ebene der Materialeffizienz fällt dieser Prozentsatz mit fünf Prozent deutlich geringer aus.<sup>284</sup>

### 3.3.2 Energieeffizienzmaßnahmen und Energieeinsparpotentiale

Die Energieeffizienz stellt dem gewünschten Nutzen den Energieeinsatz gegenüber (Formel 6). Nach dem Rationalprinzip soll entweder dieser Nutzen mit einem möglichst geringen Energieeinsatz erreicht oder bei gegebenem Energieeinsatz der maximale Nutzen daraus gezogen werden.<sup>285</sup>

$$\text{Energieeffizienz} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Energieeinsatz}}$$

Formel 6: Energieeffizienz<sup>286</sup>

<sup>281</sup> Vgl. E-CONTROL (2008), S. 13, Zugriffsdatum: 08.11.2013

<sup>282</sup> Vgl. Bundesministerium für LFUW (2013), Zugriffsdatum 08.11.2013

<sup>283</sup> Vgl. Ministerium für UKE BW (2013a), Zugriffsdatum 10.11.2013

<sup>284</sup> Vgl. Steinhilper (2013), S. 3, Zugriffsdatum 08.11.2013

<sup>285</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 2

<sup>286</sup> Müller et al. (2009), S. 2

In diesem Kontext finden neben der Energieintensität noch die in Formel 7 angegebenen Kenngrößen ihre Anwendung.

$$\begin{aligned} \text{Energieeinsatzproduktivität} &= \frac{\text{Anzahl der erzeugten Einheiten}}{\text{Eingesetzte Energiemengen}} \\ \text{Spez. Energieeinsatz} &= \frac{\text{Eingesetzte Energiemenge}}{\text{Erzeugniseinheit}} \\ \text{Wirkungsgrad} &= \frac{\text{Nutzbringend abgegebene Energie}}{\text{Zugeführte Energie}} \cdot 100[\%] \end{aligned}$$

Formel 7: Energieeinsatzproduktivität, Spez. Energieeinsatz und Wirkungsgrad<sup>287</sup>

Nach Roth nähert sich die evolutionäre Lernkurve asymptotisch mit einem höheren Entwicklungsstand im Prozess dem thermodynamischen Minimum an. Somit kann der Energieeinsatz bis auf ein gewisses Maß reduziert und die Energieeffizienz gesteigert werden.<sup>288</sup>

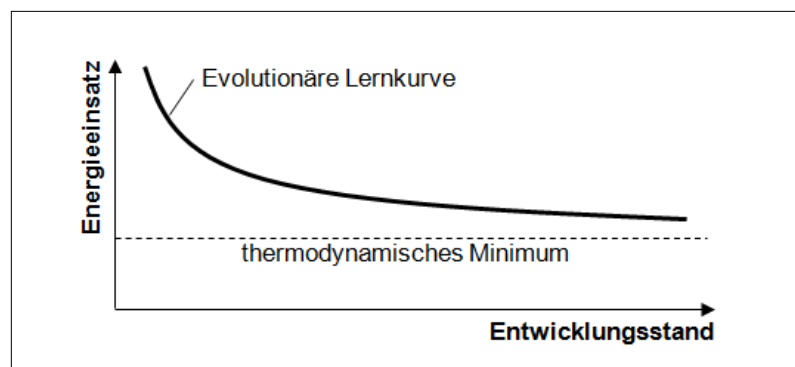


Abbildung 33: Lernkurve verringert Energieeinsatz<sup>289</sup>

Müller et al. führen sowohl externe als auch interne Treiber bzw. Motivatoren an, die die Bedeutung der Energieeffizienz in Unternehmen unterstreichen sollen:<sup>290</sup>

- Steigende Preisentwicklung bei den Energieträgern
- Zunehmender Energiebedarf
- Endlichkeit der Energiereserven und abnehmende Versorgungssicherheit
- Nachgewiesene Belastung der Umwelt durch Energieumwandlungsprozesse
- Richtlinien, Vorschriften und Einschränkungen politischer Herkunft
- Steigender Anteil der Kosten für Energie an den gesamten Produktionskosten
- Zunehmende Automatisierung, Maschinen mit höheren Leistungen sowie energieintensivere Prozessschritte und Technologien

<sup>287</sup> Wohinz/Moor (1989), S. 27

<sup>288</sup> Vgl. Roth (1996), S. 3

<sup>289</sup> Roth (1996), S. 3

<sup>290</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 6ff.

- Einsparpotentiale, die aufgrund jahrelanger stiefmütterlicher Behandlung der Energieeffizienz im Vergleich zu anderen Kosteneinsparungsmaßnahmen relativ einfach umgesetzt werden können.

Der Endenergiebedarf setzt sich bei Betrachtung der Energieumwandlungskette aus der Nutzenergie und der auftretenden Umwandlungsverluste zusammen. Daraus ergeben sich zwei Ansatzpunkte zur Energieeffizienzsteigerung. Auf der einen Seite besteht die Möglichkeit die Umwandlungsverluste auf ein thermodynamisches Minimum zu reduzieren, auf der anderen Seite kann die Nutzenergie effizienter und mit größerem Beitrag an der Wertschöpfung eingesetzt werden.<sup>291</sup>

Diese beiden elementaren Ansatzpunkte nach Erlach können um einige grundlegende und für alle Branchen zutreffende Handlungsansätze zur Steigerung der Energieeffizienz bzw. zur Energieeinsparung (Abbildung 34) erweitert werden.<sup>292</sup>

- Wechsel (Substitution) zu energetisch günstigeren Energieträgern
- Bedarf an erforderlicher Nutzenergie senken (durch Berücksichtigung energetischer Gesichtspunkte in der Produktgestaltung, bei der Dimensionierung von Anlagen und bei der Auftrags- und Anlagensteuerung)
- Wirkungsgrade erhöhen, durch
  - Kürzere Prozessketten (Wirkungsgrade multiplizieren sich)
  - Verwendung effizienterer Anlagen, Verfahren und Materialien
  - Sichere Prozesse mit weniger Fehlern (Nacharbeit hat keinen Nutzen)
  - Ausnutzung „kostenloser“ Energie (z.B. Schwerkraft nutzen)
- Verlustenergie minimieren
- Wiederholte Verwendung (z.B. Wärmerückgewinnung) oder Weiterverwendung (z.B. Abwärmennutzung) der Verlustenergie

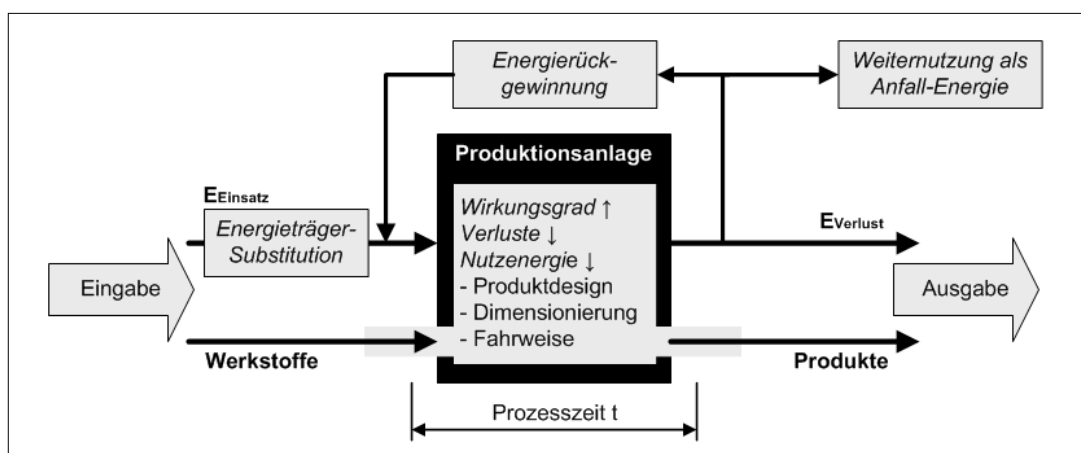


Abbildung 34: Handlungsansätze zur Energieeffizienzsteigerung<sup>293</sup>

<sup>291</sup> Vgl. Erlach (2009), S. 17

<sup>292</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 105f.

<sup>293</sup> Müller et al. (2009), S. 123

Aus diesen Handlungsansätzen lassen sich für alle Branchen, Prozesse und Anlagen konkrete Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung und Energieeinsparung ableiten<sup>294</sup>. Für die in der Industrie häufig eingesetzten elektromechanischen Antriebe, Druckluftsysteme und Bereitstellungsanlagen für Prozesswärme werden nachfolgend solche Ansätze vorgestellt.

Konkrete Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung und Energieeinsparung bei Verwendung elektromechanischer Antriebe sind unter anderem:<sup>295</sup>

- Die zu bewegenden Massen, Radien einer Rotationsbewegung, zurückzulegende Wegstrecken, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sind auf ein Minimum zu beschränken.
- Eine Überdimensionierung der Antriebe durch zu große Sicherheit vermeiden.
- Prozessablaufgerechte Zu- und Abschaltung der Antriebe, um Leerläufe und Teillastbetrieb zu vermeiden.
- Bei Nicht-Verwendung ist der Antrieb komplett abzuschalten.
- Energieeffiziente Antriebe nach dem Stand der Technik einsetzen.
- Steuerung der Antriebe über die Drehzahl oder das Drehmoment (mittels Polumschaltung oder Frequenzumrichter)
- Auf die Effizienz bei der weiteren Kraftübertragung (Getriebe) achten.
- Wartungsmaßnahmen gewissenhaft und in Intervallen ausführen.
- Bevorzugter Einsatz von Direktantrieben (keine Getriebeverluste).
- Energie aus Bremsvorgängen wieder nutzbringend einsetzen.

Druckluft zählt durch Umwege in der Energieumwandlung zu einer der teuersten und dennoch sehr oft eingesetzten Energieformen. Lediglich fünf bis zehn Prozent der eingesetzten elektrischen Endenergie wird als Nutzenergie verwendet, der Rest teilt sich in diverse Energieverluste auf.<sup>296</sup>

Konkrete Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung und Energieeinsparung bei Verwendung von Druckluftanlagen sind unter anderem:<sup>297</sup>

- Überprüfen ob die Druckluftanwendung notwendig ist. Alternativen wie elektrische oder hydraulische Antriebe der Druckluftanwendung vorziehen. Kühl- und Reinigungsvorgänge („Abblasen“) mit Druckluft vermeiden.
- Auslegung der gesamten Anlage auf einen möglichst adäquaten und niedrigen Standarddruck und Druckluftspeicher entsprechend dem Verbrauch so dimensionieren, dass der Kompressor sich nicht zu oft aus und ein schaltet.

<sup>294</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 123

<sup>295</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 172

<sup>296</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 174

<sup>297</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 179f.

- Das Druckluftsystem in regelmäßigen Abständen auf Leckagen untersuchen und vorhandene Mängel schleunigst beseitigen. Bereits kleinste Löcher verursachen im Jahr Unsummen an unnötigem Energieverbrauch (Energiekosten).
- Regelung des Druckluftbedarfs mit dem Ziel den Leerlauf- und Teillastbetrieb zu minimieren (z.B. besser einen Kompressor im Bedarfsfall zuschalten).
- Druckverluste durch strömungstechnisch günstige Leitungen und Armaturen mindern bzw. vermeiden.
- Luftgekühlte Kompressoren bevorzugen, die kühle und möglichst trockene frische Außenluft ansaugen. Bei einer Wasserkühlung weiches und unverschmutztes Kühlwasser einsetzen.
- Die abgegebene Wärmemenge der Kompressoren weiter/wieder nutzen (z.B. für Heizzwecke).
- System bei Nicht-Verwendung abschalten. Kompressor schaltet sich sonst aufgrund unvermeidlicher Leckagen immer wieder ein.
- Eine regelmäßige Wartung der Anlage durchführen und Bereiche des Druckluftnetzwerkes, die nicht mehr genutzt werden, aber noch immer mit Druckluft gefüllt sind, stilllegen.

Konkrete Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung und Energieeinsparung bei der Bereitstellung von Prozesswärme sind unter anderem:<sup>298</sup>

- Der Wärmebedarf ist kritisch zu hinterfragen. Wenn die Anwendung es erlaubt können Prozesstemperaturen auf ein niedrigeres Niveau abgesenkt werden.
- Alle Leitungen und Armaturen, die dem Wärmetransport dienen und keine Wärme abgeben sollen, mit einer besseren Isolierschicht ausstatten.
- Alle Leitungen und Armaturen, die der Wärmeübertragung dienen und Wärme abgeben sollen, mit besseren Materialien (größere Wärmeleitfähigkeit) ausstatten.
- Strömungstechnisch günstige Leitungen und Armaturen verwenden.
- Distanz zwischen wärmeerzeugender und -verbrauchender Stelle minimieren.
- Potentiale der Wärmerückgewinnung so gut es geht ausnutzen.
- Anlagen zur Wärmeerzeugung gemäß dem optimalen Bedarf dimensionieren.
- Regelung aller Hilfsantriebe (Gebläse, Pumpen, etc.) für den Wärmetransport.
- Zur Wärmeerzeugung moderne und energiesparende Technologien einsetzen und die Möglichkeit des Einsatzes einer KWK-Anlage in Betracht ziehen.
- Instandhalten, Warten und Pflegen aller Anlagenteile.

Solche konkreten Maßnahmen können auch für alle anderen Bereiche (Beleuchtung, Gebäudehülle, IUK-Technologien, HLK-Technologien, etc.) aufgestellt werden.<sup>299</sup>

<sup>298</sup> Vgl. Müller et al. (2009), S. 202f.

<sup>299</sup> Siehe Müller et al. (2009)



Tabelle 7 zeigt das zum Teil große Einsparpotential ausgewählter Technologien. Die Prozentangaben beziehen sich auf das mögliche Reduzierungspotential des Gesamtenergieverbrauchs bis zum Jahr 2020 bei Verwendung der jeweils besten und energieeffizientesten Technologie.<sup>300</sup>

Technologie	Elektromotoren	Kompressionsmaschinen	Pumpen	Verrohrungsgeometrie
Einsparpotential	5 – 35 %	2 – 15 %	8 – 20 %	5 – 25 %
Technologie	Druckluft	Wärmetauscher / Kaskadennutzung	Wärmetauscher / Brüdenkompression	Trockner
Einsparpotential	5 – 50 %	4 – 20 %	8 – 40 %	2 – 15 %
Technologie	Laser, Lichtbogen, Mikrowellen	Brenner	Kondensationskessel	KWK-Anlagen
Einsparpotential	5 – 25 %	4 – 10 %	6 – 8 %	5 – 12 %
Technologie	Wärmedämmung Kessel	Wärmedämmung Leitungen	Recycling (Papier, Glas, Metall, etc.)	
Einsparpotential	4 – 8 %	5 – 20 %	15 – 80 %	

Tabelle 7: Einsparpotentiale ausgewählter Technologien<sup>301</sup>

Neben der energetischen Betrachtung von Technologien und Produktionsprozessen soll in der Produktenentwicklung auf die Herstellung energiebewusster Produkte mit geringem Verbrauch geachtet werden.<sup>302</sup>

### 3.3.3 Energiewertstrom-Methode

Die Basis der Energiewertstrommethode bildet die in Kapitel 3.1.4 beschriebene und zur Optimierung von Produktionsprozessen seit Jahren etablierte Wertstrommethode. Die aus dieser Methode bekannte Heran- und Vorgehensweise wird beibehalten, mit Hilfe der Energiewertstrommethode jedoch um zusätzliche energetische Aspekte erweitert. Das Vorgehen setzt sich aus den drei Schritten Energiewertstromanalyse, Energiewertstromdesign und Implementierung eines Energiemanagementsystems zusammen (Abbildung 35).<sup>303</sup>

Erlach formuliert die Zielsetzung dieser Methode mit folgenden Worten: „Die Energiewertstrommethode bietet dem Anwender eine Methodik zur ganzheitlichen Erfassung, Bewertung und Optimierung des produktionsbezogenen Energieverbrauchs. Die Methodik ermöglicht es, die in einer Fabrik auftretenden Energieströme zu identifizieren und ihren Einsatz möglichst effizient zu gestalten.“<sup>304</sup>

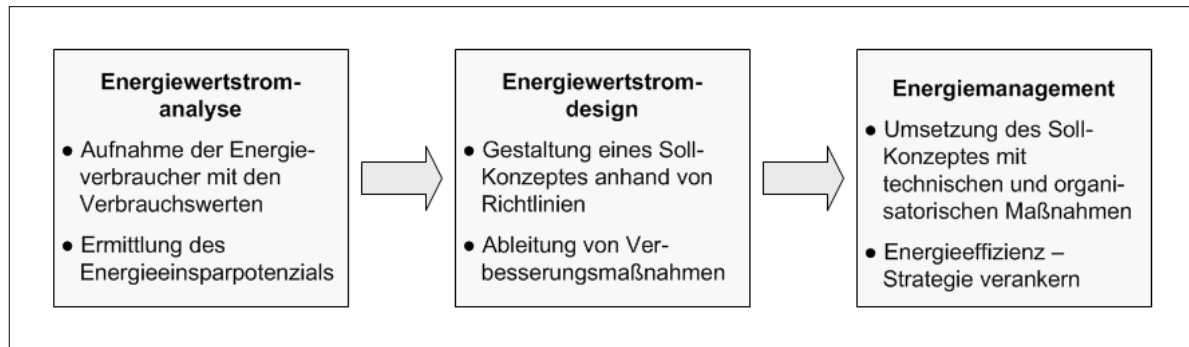
<sup>300</sup> Vgl. Ministerium für UKE BW (2013b), Zugriffsdatum 11.11.2013

<sup>301</sup> Ministerium für UKE BW (2013b), Zugriffsdatum 11.11.2013

<sup>302</sup> Vgl. Wohinz/Moor (1989), S. 22

<sup>303</sup> Vgl. Erlach (2009), S. 20

<sup>304</sup> Erlach (2009), S. 21

Abbildung 35: Vorgehen bei Anwendung der Energiewertstrom-Methode<sup>305</sup>

Im ersten Schritt wird die aktuelle Situation im Betrieb gemäß Wertstrommethode inklusive aller energieverbrauchenden Komponenten analysiert und die Verbrauchswerte getrennt nach Strom, Druckluft und Erdgas mit geeigneten Messgeräten erfasst. Anschließend werden durch die Kennzahlen jegliche Energieeinsparungspotentiale aufgedeckt. Im Rahmen des Energiewertstromdesigns (Schritt 2) können aus den Handlungsansätzen in Kapitel 3.3.2 bzw. durch die acht Gestaltungsrichtlinien nach Erlach/Weskamp/Rogge ein Soll-Konzept erstellt und daraus Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz abgeleitet werden.<sup>306</sup>

Folgende acht Gestaltungsrichtlinien helfen bei der Erstellung eines Soll-Konzepts:<sup>307</sup>

- Ausrichtung kompletter Produktionsanlagen als auch einzelner Maschinen auf den optimalen Betriebspunkt (keine Über- bzw. Unterdimensionierung)
- Technische Optimierung bzw. Substitution von Anlagen und Technologien
- Verluste durch Ein- und Ausschaltvorgänge reduzieren
- Stand-by-Betrieb verringern, Verbrauch im Stand-by-Modus minimieren und Komplettabschaltung von Maschinen bei längerer Nichtbenutzung (sofern Wechselbetrieb energetisch günstiger als Dauerbetrieb)
- Wiederholte oder weitere Nutzung des Energieeinsatzes (Energierückgewinnung, Abwärmenutzung, Kraft-Wärme-Kopplung)
- Energieverbrauchsspitzen durch Ausgleich der Prozesse glätten
- Bei der Arbeitsabfolge im Produktionsprozess auch energetische Gesichtspunkte berücksichtigen
- Energie möglichst dort bereitstellen wo sie benötigt wird (keine Verteilverluste)

Im dritten und letzten Schritt müssen die zuvor getroffenen Verbesserungsmaßnahmen umgesetzt und nachhaltig angewendet werden. In diesem Zusammenhang kann die Implementierung eines Energiemanagementsystems hilfreich sein.<sup>308</sup>

<sup>305</sup> Erlach (2009), S. 20

<sup>306</sup> Vgl. Erlach (2009), S. 20f.

<sup>307</sup> Vgl. Erlach/Weskamp/Rogge (2009), S. 51f.

<sup>308</sup> Vgl. Erlach (2009), S. 21

## 4 Recherchen und Analysen

Die Recherchen und Analysen stellen einen der beiden praktischen Aufgabenteile der vorliegenden Arbeit dar und werden in drei Bereiche aufgeteilt. Den ersten Teilbereich bildet eine umfangreiche Erfassung und Analyse ausgewählter und bereits existierender Lernfabriken im europäischen Raum und darüber hinaus. Der zweite Bereich umfasst eine detaillierte Untersuchung sämtlicher Lehrinhalte am IBL-Institut in Bezug auf ihre Integrationsmöglichkeiten in Lernfabriken. Abschließend wird in diesem Kapitel kurz auf den Weiterbildungsbedarf der Industrie eingegangen.

### 4.1 Ausgewählte bestehende Lernfabriken

Das Konzept einer Lernfabrik ist nicht neu. Viele Industrieunternehmen und vor allem Universitäten im deutschsprachigen Raum haben die Vorteile dieses Lehrkonzepts bereits erkannt und in ihre Aus- und Weiterbildungsprogramme eingebettet. Abbildung 36 zeigt eine Landkarte mit markierten Orten, an denen sich ausgewählte Unternehmen und akademische oder nichtakademische Bildungseinrichtungen im europäischen Raum befinden, die bereits eine Lernfabrik bzw. vergleichbare Aus- oder Weiterbildungsstätte umgesetzt haben.

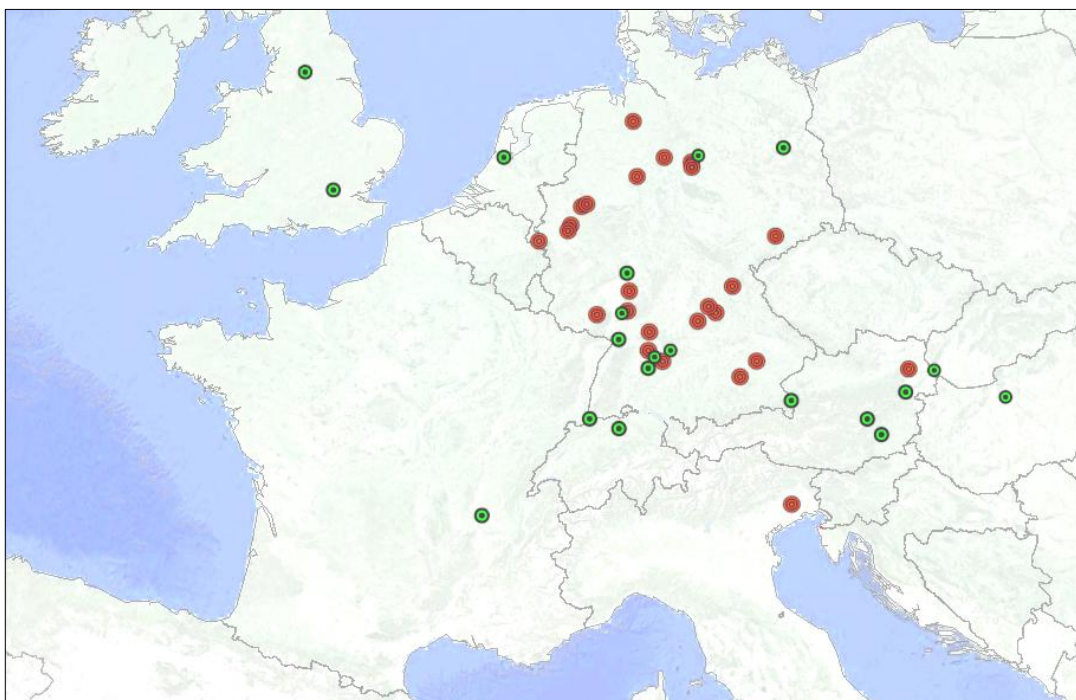


Abbildung 36: Geographische Lage der identifizierten Lernfabriken

An den orange markierten Orten in Abbildung 36 befinden sich jene 25 ausgewählten Lernfabriken, welche in dieser Arbeit genauer untersucht werden. Für jede dieser Lernfabriken wird ein eigener Erhebungsbogen in Anlehnung an die Morphologie von Steffen/Frye/Deuse<sup>309</sup> erstellt und dem Anhang dieser Arbeit beigelegt. Die grünen Markierungen in Abbildung 36 zeigen weitere identifizierte Lernfabriken in Europa. Diese werden jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht näher betrachtet, sollen aber die breite Anwendung und weite Verbreitung dieses Lehrkonzepts verdeutlichen.

In Tabelle 8 sind sämtliche Lernfabriksbetreiber aufgelistet. Die linke Tabellenspalte beinhaltet jene Betreiber, die der Analyse und Auswertung dieser Arbeit zugrunde liegen.

Betreiber der 25 ausgewählten und analysierten Lernfabriken	Betreiber weiterer identifizierter Lernfabriken
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festool Engineering GmbH</li> <li>• Hochschule Ostwestfalen-Lippe</li> <li>• Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH</li> <li>• Schaeffler AG</li> <li>• TU Darmstadt</li> <li>• TU München</li> <li>• TU Wien</li> <li>• Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut</li> <li>• Ruhr-Universität Bochum</li> <li>• TU Braunschweig</li> <li>• Universität Bayreuth</li> <li>• Universität Stuttgart</li> <li>• TU Dortmund</li> <li>• Lean Factory Group GmbH</li> <li>• Hochschule Ansbach</li> <li>• ITC GmbH – Impuls Trainingscenter</li> <li>• TU Chemnitz</li> <li>• Leibniz Universität Hannover</li> <li>• Learning factory Beratung &amp; Training (FiS)</li> <li>• Hochschule Ostfalia</li> <li>• Universität Bremen</li> <li>• Technologie-Initiative SmartFactory<sup>KL</sup> e.V.</li> <li>• Hochschule Heilbronn</li> <li>• Siemens Nürnberg (und Karlsruhe)</li> <li>• Lean Experience Factory</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernfabrik NEUE TECHNOLOGIEN Berlin gGmbH</li> <li>• Hochschule Reutlingen (ESB Business School)</li> <li>• KTH Stockholm</li> <li>• KAIZEN® Institute GmbH (D, AUT, etc.)</li> <li>• Change Training Ltd. (London, Partner von FiS)</li> <li>• Trainkoop KG (Graz, Partner von FiS)</li> <li>• Steirische Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH</li> <li>• Montanuniversität Leoben</li> <li>• Fachhochschule Wiener Neustadt</li> <li>• Pennstate – College of Engineering</li> <li>• McKinsey Capability Center (3 mal weltweit)</li> <li>• Nyenrode University (LEARN Amsterdam)</li> <li>• Ural Federal University Yekaterinburg (MLF)</li> <li>• Tsinghua University (CCOE Peking)</li> <li>• INEXO Institute de l'Excellence Operationnelle</li> <li>• INMAA Casablanca</li> <li>• RMIT University (Melbourne)</li> <li>• University of Windsor</li> <li>• Hungarian Academy of Science (MTA Sztaki)</li> <li>• Volkswagen Wolfsburg und Slovakia</li> <li>• Daimler AG Mannheim</li> <li>• ZF Lenksysteme GmbH</li> <li>• Lean Enterprise Institute GmbH</li> <li>• Lean Factory Group Schweiz</li> <li>• Lean Factory Group United Kingdom</li> <li>• STAUFEN AG</li> </ul>

Tabelle 8: Betreiber von Lernfabriken

Zu Beginn der Analyse wird ein Erhebungsbogen ausgearbeitet, der dazu dient, alle wichtigen Faktoren zur Charakterisierung einer Lernfabrik in Erfahrung zu bringen. Erhoben werden neben dem Betreiber und dem Standort der Lernfabrik noch die inhaltlichen Schwerpunkte, die vermittelten Lehrziele bzw. Lehrinhalte, die ange-

<sup>309</sup> Siehe Steffen/Frye/Deuse (2013b)

sprochene Zielgruppe, die durchschnittliche Gruppengröße, die dargestellten Unternehmens- und Funktionsbereiche, die hergestellten Produkte und ihr Charakter, die eingesetzten Betriebsmittel und zugehörige Arbeitsplätze, sowie der Abstraktionsgrad der gesamten Lernfabrik. Für alle 25 ausgewählten Lernfabriken wird ein Erhebungsbogen ausgefüllt und kann im Anhang A.1 der Arbeit eingesehen werden. Beispielhaft sollen im Folgenden zwei Lernfabriken anhand dieser Erhebung vorgestellt werden.

Das Center für industrielle Produktivität (CiP) am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen an der Technischen Universität Darmstadt wurde 2007 in Kooperation mit dem Strategie- und Beratungsunternehmen McKinsey&Company eröffnet und wird unter anderem als Lernfabrik mit Schwerpunkt Lean Manufacturing eingesetzt. Die Lehrinhalte erstrecken sich von den grundlegenden Lean-Methoden und Lean-Werkzeugen, über die Logistik und das Qualitätsmanagement bis hin zur Instandhaltung und Automation von Produktionsanlagen. Die angesprochene Zielgruppe setzt sich neben Studenten auch aus Mitarbeitern unterschiedlichster Ebenen zusammen, welche die Lehrinhalte in Gruppengrößen von 8 bis 20 Teilnehmern vermittelt erhalten. Die Herstellung der zwei Produkte, ein Pneumatik-Zylinder und ein Getriebemotor, bildet die gesamte Wertschöpfungskette (Fertigung, Montage, Qualitätsmanagement, Logistik) in einem Unternehmen ab. Ausgestattet ist die Lernfabrik mit Montage- und Maschinenarbeitsplätzen, einer Montagelinie, diversen Werkzeugen, Fertigungsmaschinen, Handhabungsgeräten und Transporteinrichtungen. Durch die Vielzahl an physisch vorhandenen Ausstattungsgegenständen ist der Abstraktionsgrad dieser Lernfabrik sehr gering. Abbildung 37 zeigt 2 Bilder des CiP in Darmstadt.<sup>310</sup>



Abbildung 37: Bilder CiP an der TU Darmstadt<sup>311</sup>

<sup>310</sup> Vgl. Prozesslernfabrik CiP (2013), Zugriffsdatum 11.07.2013

<sup>311</sup> Prozesslernfabrik CiP (2013), Zugriffsdatum 11.07.2013

Auch nichtakademische Bildungseinrichtungen und Unternehmen setzen vermehrt auf den Einsatz von Lernfabriken. So zum Beispiel die Siemens AG in Nürnberg mit ihrem Aus- und Weiterbildungsschwerpunkt im Bereich der Automatisierungstechnik. Auszubildende, Service-Techniker und Ingenieure lernen hier am Beispiel einer realen Flaschenabfüllungsanlage die Steuerung, Regelung und Vermessung solcher Anlagen. Im Fokus stehen dabei die Prozess- und Fertigungsautomation, sowie RFID-Technologien. Auch in dieser Lernfabrik ist der komplette Weg des Produkts im kleinen Ausmaß vom Wareneingang bis zum Warenausgang abgebildet. Die vollautomatisierte Montagelinie kann durch die Teilnehmer gezielt verändert bzw. gesteuert werden und der Abstraktionsgrad der Lernfabrik ist für diesen Anwendungsfall ebenfalls als gering anzusehen.<sup>312</sup>

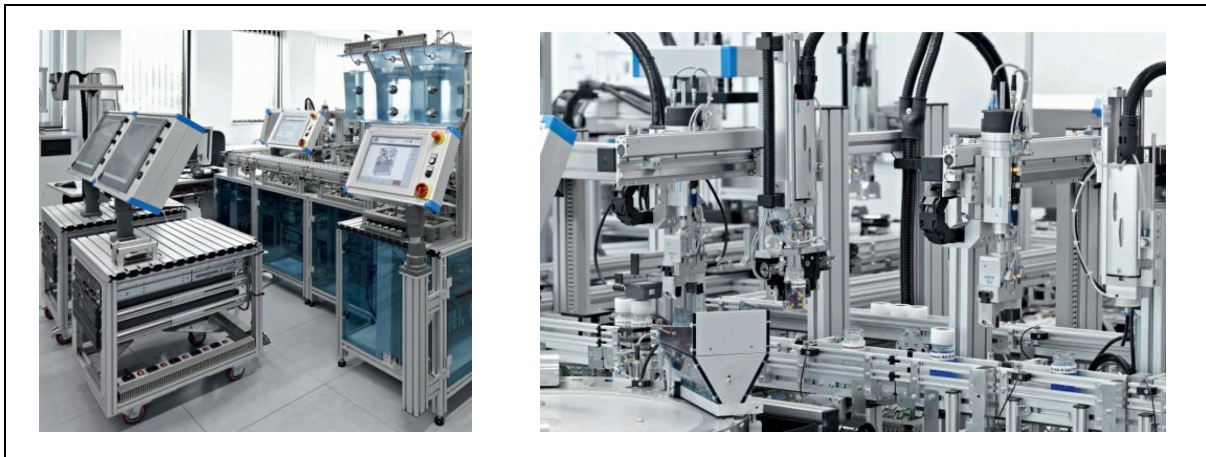


Abbildung 38: Bilder der hybriden Lernfabrik bei Siemens Nürnberg<sup>313</sup>

Durch die ausgefüllten Erhebungsbögen könnten alle 25 Lernfabriken in diesem Stil beschrieben werden. Gleichzeitig ermöglicht die Eruierung der charakteristischen Merkmale der ausgewählten Lernfabriken eine einfache statistische Auswertung.

Die Analyse und Zusammenfassung in den Bögen wurde hauptsächlich mit Hilfe von Daten aus Internetrecherchen, Artikeln, Fachzeitschriften und Publikationen durchgeführt. Vereinzelt konnten Betreiber auch persönlich bzw. mittels moderner Kommunikationstechniken befragt werden.

<sup>312</sup> Vgl. Siemens AG Nürnberg (2011), Zugriffsdatum 15.11.2013

<sup>313</sup> Siemens AG Nürnberg (2011), Zugriffsdatum 15.11.2013



### 4.1.1 Ergebnisse der Analyse

Nachstehend werden die Ergebnisse aus der Analyse der 25 ausgewählten Lernfabriken, unterstützt durch einfache Spinnen- und Ringdiagramme, vorgestellt. Sämtliche vorkommende charakteristische Merkmale und kategorische Gliederungen entstanden in Anlehnung an die Arbeit von Steffen/Frye/Deuse<sup>314</sup>.

Abbildung 39 zeigt das Analyseergebnis hinsichtlich der Betreiberstruktur und der angesprochenen Zielgruppen. Durch die Auswertung von 25 Lernfabriken liegt der Höchstwert jeder einzelnen Kategorie ebenfalls bei 25. Da eine Lernfabrik sowohl durch mehr als eine Organisation betrieben werden als auch mehrere Zielgruppen ansprechen kann, hat jede Kategorie die Möglichkeit diesen Höchstwert zu erreichen.

In der Betreiberstruktur ist zu erkennen, dass sehr viele akademische Bildungseinrichtungen bereits eine Lernfabrik in Betrieb genommen haben. Die vielen Universitäten treiben natürlich die Zielgruppe der Auszubildenden und Studenten deutlich nach oben. Durch das zusätzliche Weiterbildungsangebot vieler Universitäten für Mitarbeiter aus der Industrie sind Anwender und Führungskräfte von Unternehmen auch im universitären Umfeld zu einer wichtigen Zielgruppe geworden. Betreiber von nichtakademischen und profitorientierten Einrichtungen forcieren ebenfalls die Zielgruppe der Weiterzubildenden.

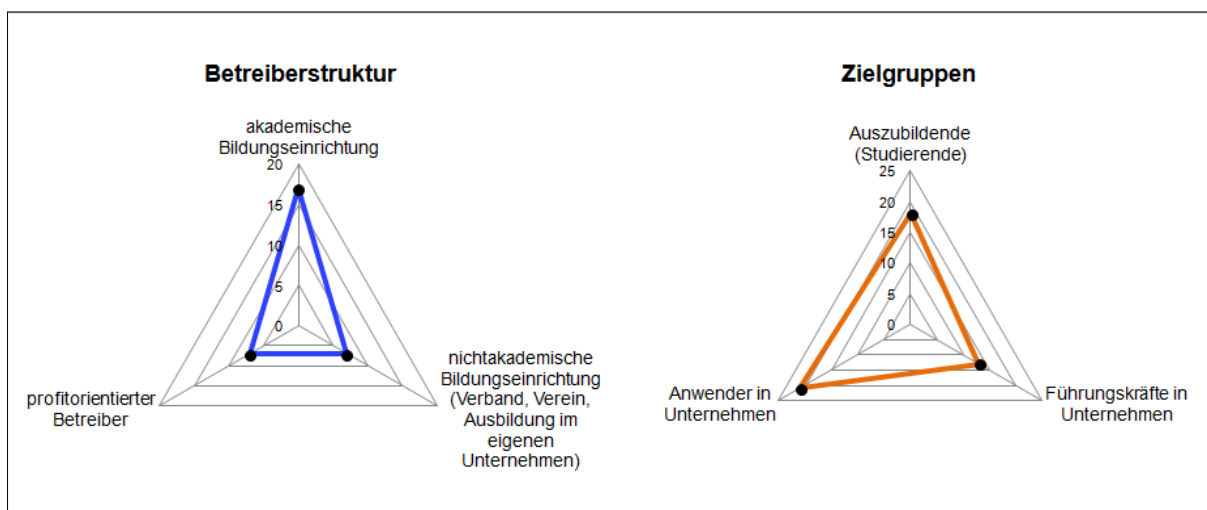


Abbildung 39: Betreiberstruktur und Zielgruppen

In Abbildung 40 sind die Analyseergebnisse bezüglich der durchschnittlichen Gruppengröße, des Produktcharakters und des Abstraktionsgrades der Lernfabriken zusammengefasst. Hier eignen sich Kreis- oder Ringdiagramme besser zur Darstellung der Ergebnisse, da jede Lernfabrik nur in jeweils eine Kategorie

<sup>314</sup> Siehe Steffen/Frye/Deuse (2013b)

eingeteilt wird. So kann beispielsweise eine Lernfabrik bezüglich der Gruppengröße nicht gleichzeitig der Kategorie „5 bis 10 Personen“ und „10 bis 15 Personen“ zugeordnet werden. Das Ergebnis sind 25 Nennungen je charakteristischem Merkmal (Größe der Gruppen, Produktcharakter, Abstraktionsgrad), welche prozentuell in Kategorien angegeben werden.

Die Gruppengröße wird für die Evaluierung in fünf Kategorien eingeteilt. Die Kategorie „0 bis 5 Personen“ wurde im Nachhinein gestrichen, da es in dieser Kategorie keinen Eintrag zu verbuchen gab. Der Anteil an Lernfabriken, für die keine Angabe zu Gruppengrößen ausfindig gemacht werden konnte, ist mit 44 Prozent relativ groß. Trotzdem ist mit den verbleibenden Angaben eine starke Tendenz zu Gruppengrößen zwischen zehn und zwanzig Personen bzw. Teilnehmern zu erkennen.

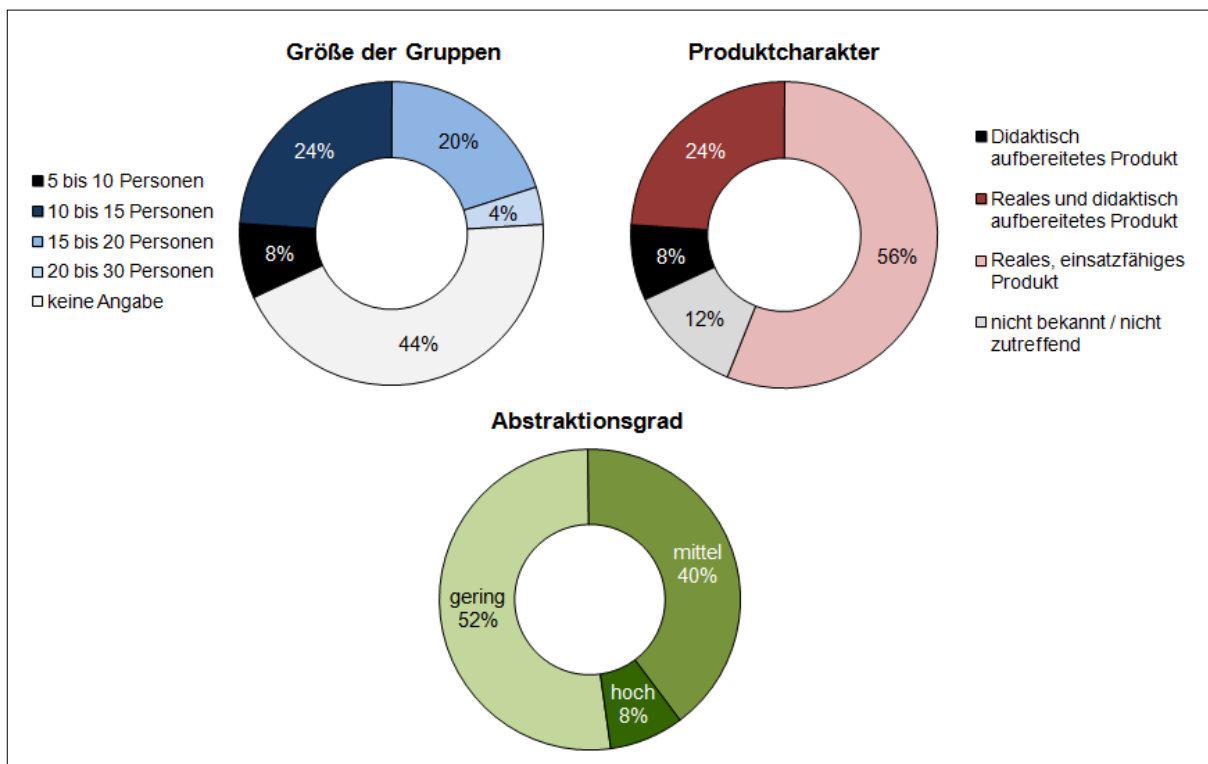


Abbildung 40: Größe der Gruppen, Produktcharakter und Abstraktionsgrad

In Lernfabriken werden unterschiedlichste Produkte gefertigt und/oder montiert. Die Produktpalette reicht von einfachen Spielzeugen bis hinzu komplexeren Getriebemotoren. Der Charakter des Produkts kann jedoch in drei Kategorien eingeteilt werden. Bei dem hergestellten Produkt kann es sich entweder um ein reales, einsatzfähiges oder um ein didaktisch aufbereitetes Produkt handeln. Didaktisch aufbereitete Produkte dienen keinem sinnvollen, realen Einsatzzweck und werden speziell für die Lehre entwickelt. Die dritte Kategorie bildet eine Kombination dieser beiden Varianten bzw. fallen in diese Kategorie auch Lernfabriken die beide Produktcharaktere im Sortiment führen. Über die Hälfte (56 Prozent) der betrachteten



Lernfabriken setzen auf ein reales, einsatzfähiges Produkt, gefolgt von den kombinierten Produktcharakteren mit 24 Prozent.

Der Abstraktionsgrad trifft eine Aussage darüber, wie stark Prozesse und Betriebsmittel in der Lernfabrik simuliert werden. Ein hoher Abstraktionsgrad bedeutet demnach, dass der überwiegende Anteil an Prozessen und Betriebsmitteln lediglich abstrakt simuliert und nicht real abgebildet wird.<sup>315</sup>

Physische Lernfabriken versuchen das Produktionsgeschehen möglichst real abzubilden. Das bestätigt auch die Analyse des Abstraktionsgrads. 52 Prozent der analysierten Lernfabriken weisen einen geringen, 40 Prozent einen mittleren und nur 8 Prozent einen hohen Abstraktionsgrad auf.

Weiters wurden die Schwerpunkte der 25 Lernfabriken analysiert. Abbildung 41 stellt in der oberen Hälfte die Verteilung der Schwerpunkte dar. Mit Abstand am meisten Lernfabriken legen ihren Schwerpunkt in den Bereich Lean Production bzw. Lean Manufacturing. Einige Lernfabriksbetreiber fokussieren parallel dazu auch das Lean-Prinzip im Bereich der Administration. Das Thema Energie- und Ressourceneffizienz wird ebenfalls in Lernfabriken immer stärker forciert. Vor allem Universitäten in Deutschland haben sich diesem Thema in den letzten Jahren verstärkt angenommen. Produktions- und Logistiksysteme spielen in vielen Lernfabriken eine wichtige Rolle. Nur wenige haben sich allerdings in diesem Themenbereich mit Fokus Fabrikplanung und -betrieb spezialisiert. Inhalte, die über die Lean-Prinzipien hinaus gehen, wie zum Beispiel Zeitwirtschaft, Arbeitsplatzgestaltung und Ergonomie, findet man in Lernfabriken mit Fokus Industrial Engineering wieder. Auch zu diesem Themengebiet sind bislang nur vereinzelt Lernfabriken entstanden. Spezielle und individuelle Bereiche, wie zum Beispiel der Werkzeugbau und die Instandhaltung werden nur in Ausnahmefällen zum Schwerpunkt einer Lernfabrik erklärt.

Die Schwerpunktsbetrachtung alleine liefert allerdings nicht die gewünschte Aussagekraft, weshalb zusätzlich noch eine Erhebung und Analyse der Lehr-/Lerninhalte erfolgt. Die Ergebnisse sind im Diagramm in der unteren Hälfte der Abbildung 41 dargestellt. Die Problemanalyse und das Finden von Lösungen zu diversen Problemen ist durch die große Interpretationsfreiheit fast integraler Bestandteil in allen Lernfabriken. Durch die Beliebtheit des Lean-Prinzips in der Schwerpunktsetzung sind auch die grundlegenden Lean-Methoden (Wertstrom-Methode, 5S, Fluss- und Pull-Prinzip, KVP, etc.) bei den Lehrinhalten sehr verbreitet. Genauso werden gerne Inhalte der Logistik sowie der Produktionsplanung und -steuerung vermittelt. Über die Hälfte aller analysierten Lernfabriken verwenden Schlüsselkennzahlen zur Prozessbeurteilung und knapp die Hälfte aller aus-

---

<sup>315</sup> Vgl. Steffen/Frye/Deuse (2013b), S. 236

gewählten Betreiber lehren Methoden der Qualitätssicherung. Maßnahmen zur Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz werden zumeist nur in jenen Lernfabriken unterrichtet, die sich dieser Thematik auch schwerpunktmäßig angenommen haben. Aufgrund der Weite des Begriffs Ressource wird der effiziente Einsatz von Ressourcen auch in einigen anderen Lernfabriken zum Lehrinhalt. Eine Aus- und Weiterbildung im Bereich Instandhaltung, Automatisierung, Zeitwirtschaft, Arbeitsplatzgestaltung und SCM wird in weniger als einem Drittel aller näher betrachteten Lernfabriken angeboten.

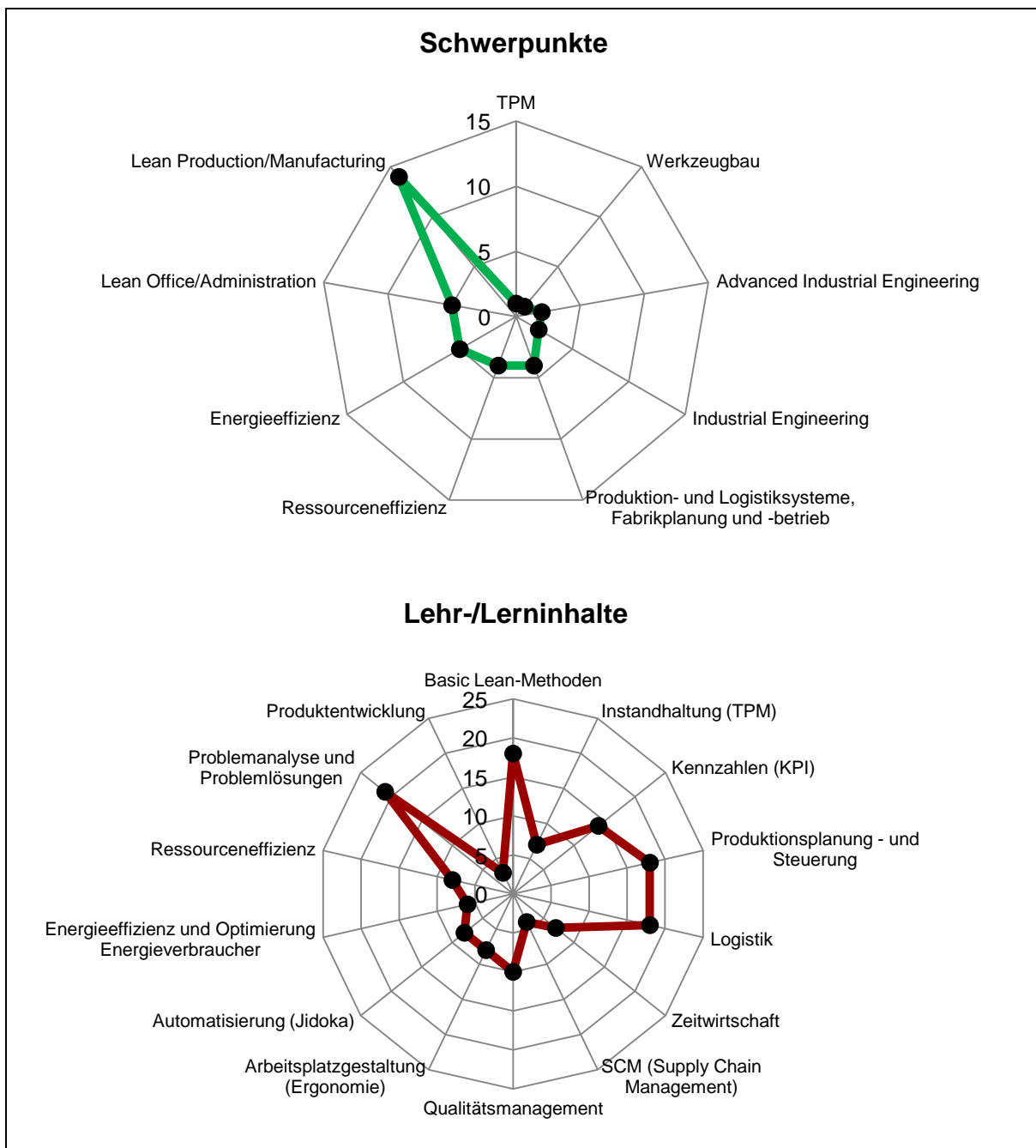


Abbildung 41: Schwerpunkte und Lehr-/Lerninhalte



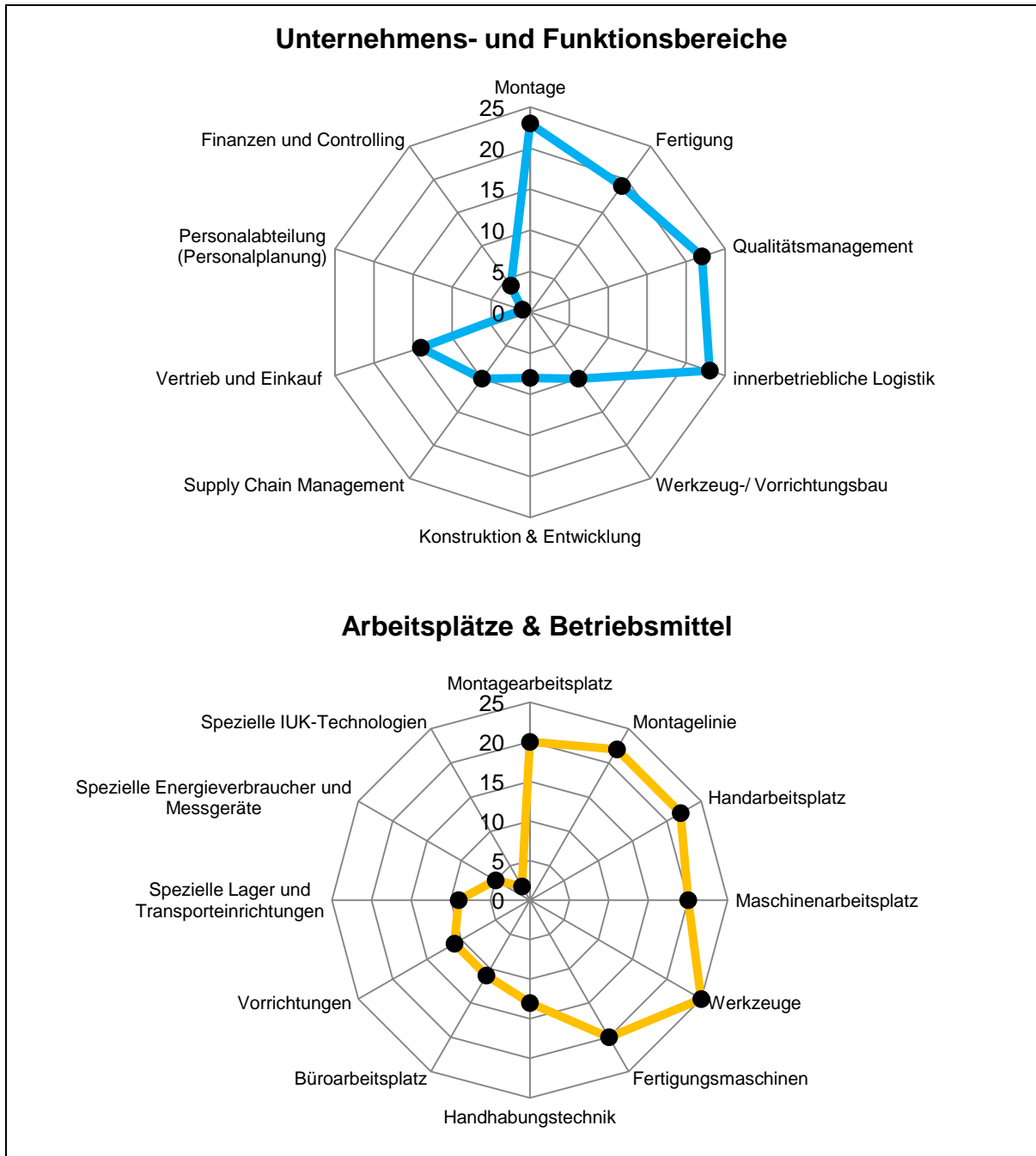


Abbildung 43: Unternehmensbereiche, Arbeitsplätze und Betriebsmittel

Der Abbildung der gesamten Lieferkette, als auch der Bereiche Vertrieb, Einkauf, Konstruktion und Entwicklung kommt nicht dieselbe Aufmerksamkeit wie dem innerbetrieblichen Herstellungsprozess zu. Personal- und Finanzabteilungen werden größtenteils komplett vernachlässigt.

Büroarbeitsplätze werden für zwei unterschiedliche Anwendungen bevorzugt herangezogen. Einerseits werden sie für Planungstätigkeiten und Konstruktionen benötigt, andererseits werden anhand dieser die Prinzipien der schlanken Administration erklärt. Obwohl fast alle der in Augenschein genommenen Lernfabriken innerbetriebliche Logistikprozesse abbilden, werden in viel weniger Fällen spezielle

Lagersysteme und Transporteinrichtungen verwendet. Besondere Energieverbraucher und IUK-Technologien werden nur vereinzelt eingesetzt.

Wagner et al. führten bereits 2012 eine Studie mit über 25 existierenden Lernfabriken durch. Neben der Analyse der physischen und digitalen Lernumgebung, wurde in der Studie der Fokus der Erhebung auf die Wandlungsfähigkeit von Lernfabriken gesetzt und die Aus- und Weiterbildungsstätten auf ihre Universalität, Mobilität, Skalierbarkeit, Modularität und Kompatibilität untersucht.<sup>316</sup>

## 4.2 Integrationsmöglichkeiten der IBL-Lehrinhalte

Um herauszufinden, welche Lehrinhalte des IBL-Instituts in eine Lernfabrik integriert werden können, müssen zunächst die Inhalte sämtlicher Lehrveranstaltungen (LV) selbst aufgezeigt und anschließend einer Beurteilung hinsichtlich Integrationsmöglichkeit unterzogen werden. Dazu werden diverse Skripten, Vorlesungsunterlagen, Übungsmaterialien und Lehrveranstaltungsbeschreibungen des Instituts analysiert und bewertet.

Die vermittelten Inhalte am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung lehnen sich zum Großteil sehr stark an das Grazer Modell für Industrielles Management nach Wohinz an. Nachstehend wird das Modell kurz erläutert.

Das Grazer Modell für Industrielles Management beinhaltet alle derzeitigen Ausprägungsformen an Managementansätzen im industriellen Bereich, ist modular aufgebaut, schafft einen netzwerkartigen Rahmen und kann beliebig erweitert werden. Es ist in die drei Zonen Kernzone, Differenzierungszone und Integrationszone aufgeteilt. Jede dieser Zonen weist mehrere Formen an Managementansätzen auf, welche in diesem Modell auch Module genannt werden. Je nach Zone werden sie als Basis-, Funktions- oder Kooperationsmodule bezeichnet.<sup>317</sup>

Die Kernzone enthält die grundlegenden Basismodule:<sup>318</sup>

- das Wertmanagement
- das Normative Management
- das Strategische Management
- das Operative Management
- das Change-Management

---

<sup>316</sup> Siehe Wagner et al. (2012)

<sup>317</sup> Vgl. Wohinz (2003), S. 37

<sup>318</sup> Wohinz (2003), S. 38

Die Differenzierungszone beinhaltet Funktionsmodule, die sich jeweils auf einen spezifischen Bereich fokussieren:<sup>319</sup>

- das Innovationsmanagement
- das Marketingmanagement
- das Personalmanagement
- das Anlagenmanagement
- das Logistik-Management
- das Energie- und Umweltmanagement
- das Informationsmanagement
- das Produktionsmanagement
- das Qualitätsmanagement
- das Effizienzmanagement
- das Controlling
- das Finanzmanagement

In der Integrationszone befinden sich die bereichsübergreifenden Kooperationsmodule.<sup>320</sup>

- das Projektmanagement
- das Generic Management
- das Prozessmanagement
- das Wissensmanagement

Basierend auf diesem Modell und dessen Module bzw. Inhalte kann für die Lehrinhalte des IBL-Instituts eine Struktur erstellt werden, welche durch eine parallele Betrachtung des Anhangs A.2 mit den Abbildungen 44 und 45 erläutert wird. Nicht alle Managementbereiche des Grazer Modells sind Lehrinhalt am IBL-Institut. Nach Analyse diverser Lehrunterlagen sieht die Strukturierung der Inhalte am IBL-Institut wie folgt aus. Sie teilt sich in eine innere (Abbildung 44 und Anhang A.2) und äußere Struktur (Abbildung 45 und Anhang A.2). Im Mittelpunkt der inneren Struktur steht die Industriebetriebslehre (kurz IBL). Um diese sind die sechs Managementbereiche Produktionsmanagement, Energie- und Umweltmanagement, Logistikmanagement, Anlagenmanagement, Innovationsmanagement und Qualitätsmanagement angeordnet. In Abbildung 44 und 45 sind jene Inhalte, welche zusätzlich vertiefend in einer eigenen Vorlesung und/oder Übung gelehrt werden, mit einem farbigen Feld und dem Titel der LV gekennzeichnet. Ein blaues „UE“ neben einem Ast bedeutet, dass zu diesem Lehrstoff bereits eine eigene Übung existiert.

---

<sup>319</sup> Wohinz (2003), S. 40

<sup>320</sup> Wohinz (2003), S. 41

Übungsinhalte eignen sich besonders gut zur Integration in das Lehrkonzept einer Lernfabrik, da sie bereits einen handlungsorientierten Charakter aufweisen.

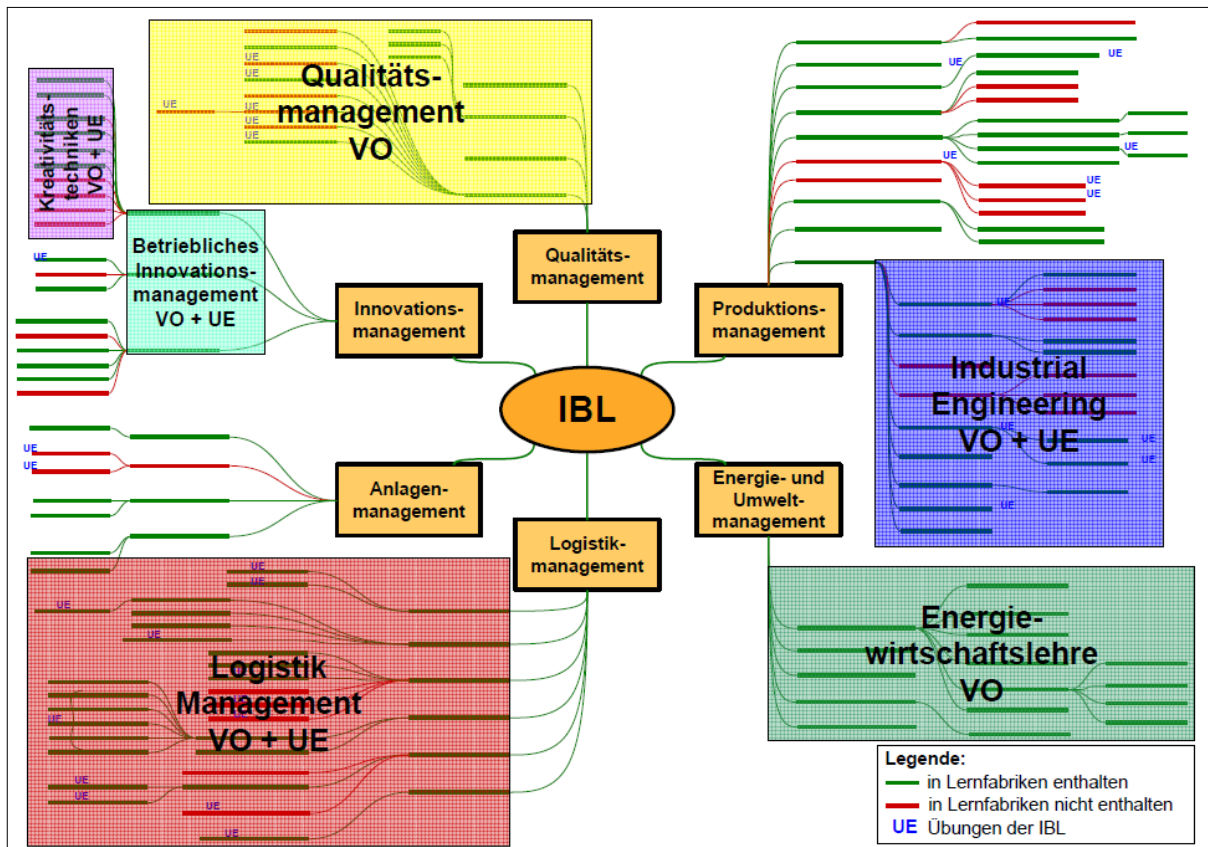


Abbildung 44: Innere Struktur der IBL-Lehrinhalte samt vertiefender LVs

Die Lehrinhalte des Produktionsmanagements umfassen unter anderem unterschiedliche Produktionssysteme, Planungs- und Steuerungsmethoden in der Produktion, Möglichkeiten zur Durchlaufzeitverkürzung und geringen Kapitalbindung, verschiedene Arten der Terminierung und flexible Arbeitssysteme zur Erhöhung der Kapazitätsauslastung. Auch das Industrial Engineering (IE) mit Inhalten wie z.B. Ergonomie, Arbeitsplatzgestaltung, Zeitwirtschaft, Poka Yoke und KVP, wird in dieser Strukturierung dem klassischen Produktionsmanagement untergeordnet. Die Lehrinhalte aus dem IE werden zudem in einer eigenen Vorlesung und Übung vermittelt.

Im Bereich des Energie- und Umweltmanagements beschäftigt sich das IBL-Institut vorrangig mit der Energie- und Ressourceneffizienz, dem Kreislaufprinzip, den Auswirkungen der Produktion auf die Umwelt und den Kosten im Energiesektor. Die separate Vorlesung Energiewirtschaftslehre geht verstärkt auf diese Lehrinhalte ein.

Ebenso wird im Logistikmanagement eine eigene Vorlesung und Übung mit gleichnamigem Titel abgehalten. Das Logistikmanagement beinhaltet Lehrinhalte zur Materialklassifizierung, zur Materialbedarfsermittlung und -bereitstellung, zur Gestaltung von Material- und Informationsflüssen, zur Fabrikplanung und zum SCM.



Im Zentrum des Anlagen- bzw. Facility-Managements steht die Auslegung der Anlagen, Investitionsvorhaben und deren Bewertung, sowie die beiden Themenschwerpunkte Instandhaltung und Automatisierung.

Der vollständige Namen des Instituts gibt bereits Aufschluss über die Bedeutung des Innovationsmanagements. Zu den drei wesentlichen Punkten im Innovationsprozess (Ideengenerierung, Ideenakzeptierung und Ideenrealisierung) werden mit dem Product Innovation Project, dem betrieblichen Innovationsmanagement und den Kreativitätstechniken gleich mehrere exklusive Lehrveranstaltungen in diesem Ausbildungsbereich angeboten.

Die Inhalte des Qualitätsmanagements erstrecken sich von Konzepten und Methoden zum TQM und zur TQC über Qualitätsmerkmale bis hin zur Qualitätsfestlegung und -prüfung. Auch in diesem Managementbereich bietet das Institut eine vertiefende Vorlesung mit gleichnamigem Titel an.

Die sechs Managementausprägungsformen der inneren Struktur haben alle einen spezifischen Charakter. Im Gegensatz dazu weisen die Managementbereiche in der äußeren Struktur (Abbildung 45 und Anhang A.2) einen fundamentalen oder bereichsübergreifenden Charakter auf. Sie bilden entweder die Basis oder ergänzen bzw. unterstützen die Ausprägungsformen der inneren Struktur.

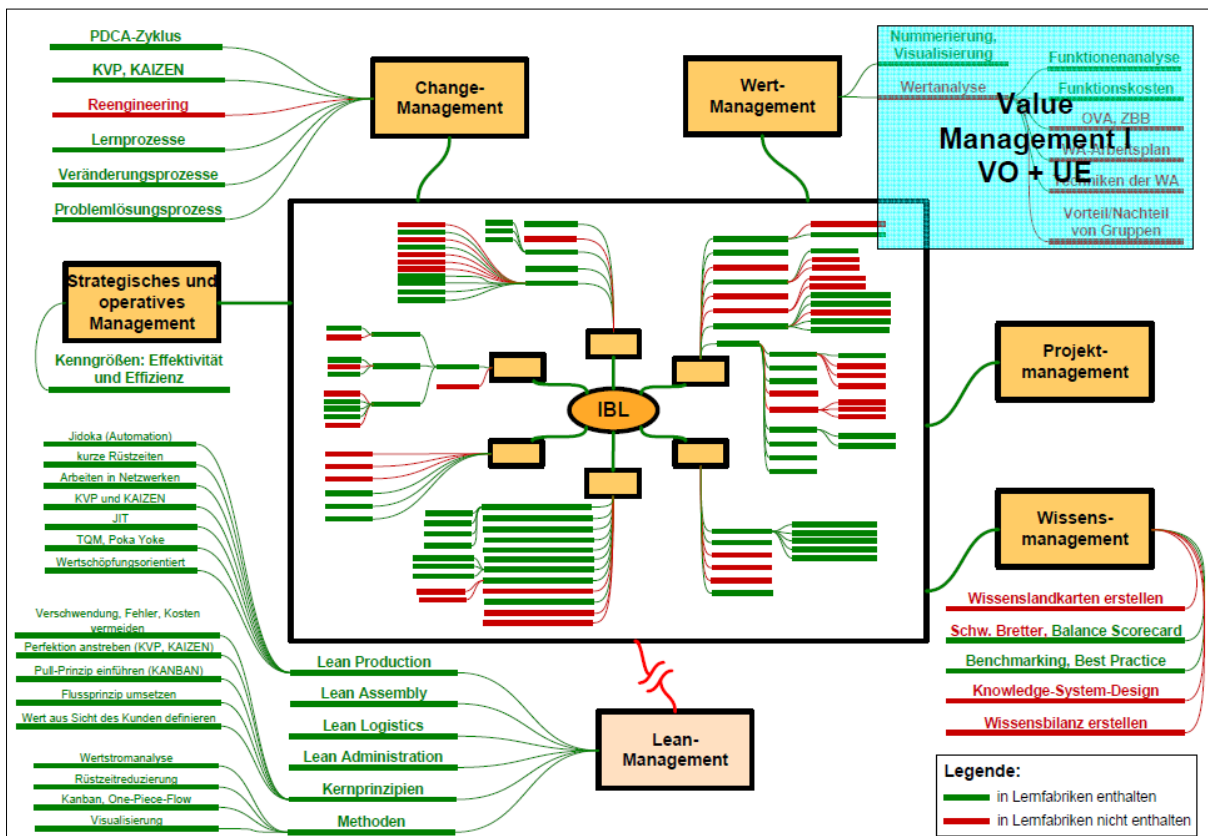


Abbildung 45: Äußere Struktur der IBL-Lehrinhalte samt vertiefter LVs



In der äußeren Struktur befinden sich demnach das Strategische und Operative Management, das Change-Management, das Wert-Management, das Projektmanagement und das Wissensmanagement. Jegliche Lehrinhalte des Lean-Managements (Prinzipien und Methoden) werden zwar zum Zeitpunkt der Analyse in verschiedenen anderen Managementausprägungsformen unterrichtet, jedoch wird bis dato nicht explizit erwähnt, dass diese Inhalte dem Lean-Gedanken entsprechen. In Zukunft soll jedoch auch das Lean-Management als eigene Ausprägungsform in das Curriculum aufgenommen werden<sup>321</sup>. Das Strategische und Operative Management, mit den Kenngrößen Effektivität und Effizienz, bildet die Basis sämtlicher innerer Strukturbereiche.

Im Change-Management werden Inhalte wie z.B. der KVP, Kaizen und der PDCA-Zyklus den Auszubildenden näher gebracht. Zu den wesentlichen Bestandteilen zählen unter anderem auch die Lern-, Veränderungs- und Problemlösungsprozesse.

Dem Wert-Management bzw. Value-Management wird am Institut ebenfalls eine eigene Vorlesung und Übung gewidmet. In diesen beiden Lehrveranstaltungen wird ganz besonders und intensiv auf die Methode der Wertanalyse eingegangen. Die Inhalte des Projektmanagements können mit Hilfe realer Aufgabenstellungen vermittelt werden.

Wissenslandkarten, Wissensbilanzen, Benchmarking, Schwarze Bretter und das Knowledge-System-Design stellen einige ausgewählte Methoden des Wissensmanagements dar. In Zusammenhang mit Lernfabriken muss man sich mit der Ressource Wissen besonders auseinandersetzen. Hier sei auf das Kapitel 2 dieser Arbeit verwiesen.

Die Legenden der Abbildungen 44 und 45 als auch der vergrößerten Darstellungen im Anhang A.2 beschreiben die Bedeutung der roten und grünen Äste in der inneren und äußeren IBL-Struktur. Die Lehrinhalte des IBL-Instituts wurden mit den Inhalten der in Kapitel 4.1 ausgewählten und analysierten Lernfabriken verglichen. Jene Lehrinhalte des IBL-Instituts, die bereits in einer dieser existierenden Lernfabriken unterrichtet werden, sind zusammen mit dem zugehörigen Ast grün markiert. Rot markierte Inhalte und Äste hingegen kennzeichnen jene Lehrinhalte des IBL-Instituts, die bis dato in keiner der ausgewählten Lernfabriken integriert sind.

Die innere und äußere Strukturierung umfasst insgesamt 191 Lehrinhalte. Durch den Vergleich mit den existierenden Lernfabriken erhalten davon 144 (~ 75 Prozent) eine grüne und 47 (~ 25 Prozent) eine rote Markierung. Dies bedeutet zugleich, dass für alle grün markierten Inhalte (~ 75 Prozent) eine Integrationsmöglichkeit in einer Lernfabrik besteht. Hinsichtlich der rot markierten Inhalte kann keine genaue

---

<sup>321</sup> Mitteilung IBL-Institut, am 27.09.2013

Aussage bezüglich einer möglichen Integration in die Lernfabrik getroffen werden. In diesen Fällen muss jeder Inhalt bei Bedarf spezifisch auf seine handlungsorientierte Integrationsfähigkeit überprüft werden.

### **4.3 Weiterbildungsbedarf der Industrie**

Neben einer gut fundierten formellen Ausbildung gewinnt das lebenslange Lernen und die betriebliche Weiterbildung in österreichischen Unternehmen von Jahr zu Jahr mehr an Bedeutung. Diese Entwicklung wird unter anderem durch Studien der Statistik Austria untermauert.<sup>322</sup>

Nachfolgend wird nach einer Vorstellung der statistischen Daten und Fakten zur betrieblichen Weiterbildungssituation in Österreich auf die Herausforderungen und Trends der zukünftigen Produktion eingegangen. Sowohl aus der Statistik als auch aus den Trendprognosen soll der zukünftige Weiterbildungsbedarf der österreichischen Unternehmen abgeleitet werden.

#### **4.3.1 Statistiken zur betrieblichen Weiterbildung**

Die Statistik Austria führt seit 1999 ca. alle 5 Jahre im Rahmen der CVTS (Continuing vocational training survey) der Europäischen Union eine Erhebung über die betriebliche Bildung in Österreich durch. Für den europäischen Vergleich sei auf die Publikationen der Eurostat verwiesen.<sup>323</sup>

Die Statistiken enthalten Informationen über die betriebliche Weiterbildung, welche laut Definition die Weiterbildung aller selbstständigen und unselbstständigen Beschäftigten (ausgenommen Lehrlinge) eines österreichischen Unternehmen umfasst, die entweder während der regulären entlohnten Arbeitszeit besucht wird oder deren Kosten zu einem Teil bzw. zur Gänze vom Unternehmen getragen werden.<sup>324</sup>

In den Tabellen 8 bis 12 sind jeweils die Ergebnisse aus der Erhebung des Jahres 1999 den Ergebnissen aus dem Jahr 2010 gegenübergestellt. Zusätzlich sind die Werte der beiden Wirtschaftsbereiche „Produzierender Bereich“ und „Dienstleistungsbereich“ gesondert angeführt. In Österreich geben 86,9 Prozent der Unternehmen an, dass deren Beschäftigte sich in irgendeiner Form weiterbilden. Diese werden auch als „weiterbildungsaktive“ Unternehmen bezeichnet. Immer mehr Betriebe in Österreich erkennen die Wichtigkeit der Weiterbildung ihrer Mitarbeiter. In

---

<sup>322</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013f), Zugriffsdatum: 17.12.2013

<sup>323</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013f), S. 13, Zugriffsdatum: 17.12.2013

<sup>324</sup> Vgl. STATcube (2013), Zugriffsdatum: 17.12.2013

den elf Jahren von 1999 bis 2010 ist der Prozentsatz an weiterbildungsaktiven Unternehmen von 72,5 Prozent auf 86,9 Prozent angestiegen. Die Betrachtung der einzelnen Wirtschaftsbereiche zeigt, dass sich im Bereich der Finanzdienstleistungen alle Unternehmen (100 Prozent) fortbilden. Am passivsten verhält sich das Gastgewerbe mit lediglich 70 Prozent an weiterbildungsaktiven Unternehmen. Das Hauptargument der 13,1 Prozent an Unternehmen, die im Jahr 2010 keine Weiterbildungsmaßnahmen durchführten, ist, dass die bereits vorhandenen Fähigkeiten der Mitarbeiter ausreichen würden. Außerdem geben diese weiterbildungspassiven Betriebe als Gründe für ihre Untätigkeit an, dass sie lieber qualifizierte Mitarbeiter neu einzustellen, die Auslastung ihrer Beschäftigten zu hoch sei und die Weiterbildungsaktivitäten zu hohe Kosten verursachen würden. Nur ein Viertel der 13,1 Prozent weisen keine Weiterbildungsaktivität auf, da sie der Auffassung sind, dass das Kursangebot unzureichend wäre.<sup>325</sup>

		Weiterbildungsaktive Unternehmen in %	Unternehmen mit Weiterbildungskursen in %	Unternehmen mit anderen Formen von Weiterbildung in %
Jahr	Wirtschaftsbereich			
1999	Insgesamt	72,5	71,1	27
	Produzierender Bereich	72,9	71,6	23
	Dienstleistungsbereich	72,1	70,7	29,9
2010	Insgesamt	86,9	72,4	76,9
	Produzierender Bereich	85,1	71,1	70,1
	Dienstleistungsbereich	87,1	72,9	79,7

Tabelle 9: Weiterbildungsaktive Unternehmen<sup>326</sup>

In Tabelle 9 ist zusätzlich ersichtlich, in welcher Form Unternehmen ihre Mitarbeiter weiterbilden. Im Jahr 2010 boten 72,4 Prozent interne bzw. externe Kurse an und 76,9 Prozent nutzten eine andere Form der Weiterbildung. Tabelle 10 zeigt diese anderen Formen der Weiterbildung und das dazugehörige Nutzungsverhalten der Unternehmen. Eine Weiterbildung auf Fachmessen, Tagungen, Konferenzen oder Workshops erfreut sich immer größerer Beliebtheit. Nutzten 1999 erst 23,2 Prozent der Betriebe diese Form der Weiterbildung, ist im Jahr 2010 bereits ein Anstieg auf 63,7 Prozent zu verzeichnen. Damit ist diese Form, zu welcher man auch die Weiterbildung in einer Lernfabrik zählen kann, die beliebteste andere Weiterbildungsform neben internen und externen Kursen. Darüber hinaus geben Unternehmen an, dass sie ihre Beschäftigten durch On-the-Job Trainings, Job-Rotationen, Lernzirkel und selbstgesteuerte Lernprozesse fortbilden.<sup>327</sup>

<sup>325</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013f), Zugriffsdatum: 17.12.2013

<sup>326</sup> Vgl. STATcube (2013), Zugriffsdatum: 17.12.2013

<sup>327</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013f), Zugriffsdatum: 17.12.2013

		Unternehmen mit ...				
		... On-the-Job Training in %	... Job-Rotation in %	... Lern- oder Qualitätszirkeln in %	... Selbst-gesteuertem Lernen in %	... Weiterbildung auf Fachmessen, Workshops etc. in %
Jahr	Wirtschaftsbereich					
1999	Insgesamt	19,3	6,5	5,6	7,7	23,2
	Produzierender Bereich	14	4,9	4,6	4,5	18,1
	Dienstleistungsbereich	23,2	7,7	6,4	10,2	27
2010	Insgesamt	39,3	19,9	22,5	13	63,7
	Produzierender Bereich	36,3	18,8	17,8	9,1	55,3
	Dienstleistungsbereich	40,5	20,4	24,5	14,6	67,1

Tabelle 10: Genutzte Formen der Weiterbildung<sup>328</sup>

Aus Tabelle 11 geht hervor, dass im Durchschnitt knapp ein Drittel aller Beschäftigten an Weiterbildungskursen teilnehmen. Im Finanzdienstleistungssektor, welcher auch hier die Spitzenposition einnimmt, sind es sogar 62 Prozent. Das Gastgewerbe hingegen kommt lediglich auf eine Kursteilnahmequote von 15 Prozent. Die Branchen Fahrzeugbau, KFZ-Handel, Metallerzeugung, Maschinenbau und Elektrotechnik können in Bezug auf diese Quote auch einen überdurchschnittlichen Prozentsatz aufweisen. Hat im Jahr 1999 noch der Anteil an internen Weiterbildungsstunden überwogen, so drehte sich das Verhältnis von externen zu internen Kursstunden im Laufe der Jahre um. Im Jahr 2010 überwog bereits der Anteil an externen Weiterbildungsstunden mit 54,5 Prozent. Umso größer der Betrieb (größere Beschäftigungszahlen), umso niedriger fällt jedoch dieser Prozentsatz an externen Weiterbildungskursstunden aus. Auf eine teilnehmende Person entfallen im Durchschnitt 30 Weiterbildungskursstunden. Die beiden Branchen Kraftfahrzeughandel (51 Kursstunden je teilnehmender Person) und Papier- bzw. Verlagswesen (49 Kursstunden je teilnehmender Person) führen diese Statistik an. Das Schlusslicht bildet die Verkehrsbranche mit 18 Kursstunden je teilnehmender Person.<sup>329</sup>

		Weiterbildungs kursteilnahme- quote insgesamt in %	Anteil der internen Weiterbildungs- kursstunden in %	Anteil der externen Weiterbildungs- kursstunden in %	Weiterbildungs- kursstunden je beschäftigter Person	Weiterbildungs- kursstunden je teilnehmender Person
Jahr	Wirtschaftsbereich					
1999	Insgesamt	31,5	55,5	44,5	9,1	29,1
	Produzierender Bereich	26,1	46,6	53,4	7,2	27,6
	Dienstleistungsbereich	35,8	60,4	39,6	10,7	29,9
2010	Insgesamt	33,2	45,5	54,5	10	30
	Produzierender Bereich	32,2	45,9	54,1	9,5	29,6
	Dienstleistungsbereich	33,8	45,3	54,7	10,2	30,2

Tabelle 11: Teilnahmequote, Art und Dauer der Weiterbildungskurse<sup>330</sup>

<sup>328</sup> Vgl. STATcube (2013), Zugriffsdatum: 17.12.2013

<sup>329</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013f), Zugriffsdatum: 17.12.2013

<sup>330</sup> Vgl. STATcube (2013), Zugriffsdatum: 17.12.2013

Tabelle 12 gibt Auskunft über die Kosten der Weiterbildungskurse. Die direkten Kosten der Weiterbildungskurse setzen sich zusammen aus den Kursgebühren, eventuellen Aufwendungen für das eigene Bildungspersonal eines Unternehmens, auftretenden Reisespesen und Kosten für etwaige zusätzlich benötigte Räumlichkeiten. Unter den Gesamtkosten für die Weiterbildungskurse sind die direkten Kosten inklusive der durchschnittlichen Lohnausfallkosten zu verstehen. Die Gesamtkosten für die Weiterbildung je teilnehmender Person beliefen sich im Jahr 2010 auf eine Summe von 2037 Euro. Davon sind 1157 Euro den direkten Kosten zuzuschreiben. Werden diese Beträge auf eine Kursstunde herunter gebrochen, so ergibt sich für das Jahr 2010 eine Gesamtbelastung von 68 Euro je Kursstunde für das Unternehmen. Die direkten Kosten je Kursstunde, welche zum größten Teil mit 65,2 Prozent aus Kursgebühren und Honorare bestehen, beliefen sich im selben Jahr auf 39 Euro. Durchschnittlich betragen die Gesamtkosten für die Weiterbildung 1,5 Prozent der gesamten Personalkosten.<sup>331</sup>

		Gesamtkosten der Weiterbildungskurse je beschäftigte Person in €	Gesamtkosten der Weiterbildungskurse je teiln. Person in €	Gesamtkosten der Weiterbildungskurse je Kursstunde in €	Direkte Kosten der Weiterbildungskurse je teiln. Person in €	Direkte Kosten der Weiterbildungskurse je Kursstunde in €
Jahr	Wirtschaftsbereich					
1999	Insgesamt	382	1.212	42	732	25
	Produzierender Bereich	317	1.211	44	714	26
	Dienstleistungsbereich	434	1.212	41	743	25
2010	Insgesamt	677	2.037	68	1.157	39
	Produzierender Bereich	653	2.027	68	1.158	39
	Dienstleistungsbereich	691	2.042	68	1.157	38

Tabelle 12: Kosten für Weiterbildungsaktivitäten<sup>332</sup>

50 Prozent der Unternehmen geben an, dass es für sie am Wichtigsten ist, dass ihre Beschäftigten in den Weiterbildungskursen technische, aufgabenspezifische und praktische Fähigkeiten erlernen. Abbildung 46 zeigt ein Diagramm mit den für Unternehmen bedeutendsten Kursinhalten. Neben der Aneignung von technischen und praktischen Fähigkeiten sehen Unternehmen unter anderem auch die Erlernung von Fähigkeiten im Bereich der Kundenbetreuung, der Zusammenarbeit im Team, im Managementbereich, im IT-Bereich und in der Administration als für sie wichtigsten Kursinhalt an. Für 10 Prozent der Unternehmen stellen private oder öffentliche Schulen, Fachhochschulen und Universitäten den wichtigsten Kursanbieter dar. Knapp die Hälfte aller weiterbildungsaktiven Unternehmen verbinden zertifizierte externe Anbieter mit einer hohen qualitativen Weiterbildung.<sup>333</sup>

<sup>331</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013f), Zugriffsdatum: 17.12.2013

<sup>332</sup> Vgl. STATcube (2013), Zugriffsdatum: 17.12.2013

<sup>333</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013f), Zugriffsdatum: 17.12.2013

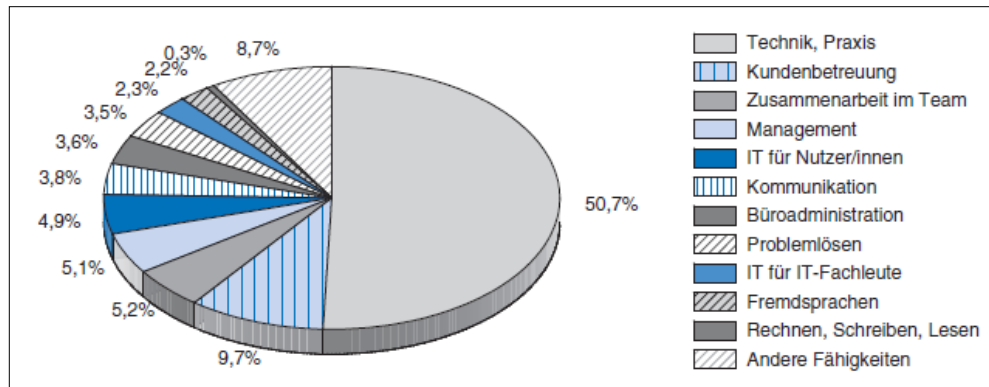


Abbildung 46: Wichtigster Kursinhalt in Weiterbildungskursen<sup>334</sup>

#### 4.3.2 Herausforderungen der zukünftigen Produktion und deren Auswirkung auf die Aus- und Weiterbildung

Bei Betrachtung eines längeren Zeitraums unterliegen die Rahmenbedingungen der Produktion einer ständigen Veränderung. Um in Zukunft erfolgreich zu sein, müssen Unternehmen sich diesen Veränderungen anpassen und neue Herausforderungen bewältigen.<sup>335</sup>

Abele/Reinhart beschreiben zehn Megatrends, welche die Produktion in Zukunft maßgeblich beeinflussen werden:<sup>336</sup>

- Globalisierung
- Durchdringung mit neuen Technologien
- Dynamisierung der Produktlebenszyklen
- Ressourcenverknappung
- Wissensgesellschaft
- Gefahr der Instabilität
- Demografischer Wandel
- Klimawandel
- Mobilität
- Lebensqualität

Durch die Globalisierung entstehen immer mehr und neue Verflechtungen von Unternehmen am Markt. Konkurrierende Unternehmen existieren weltweit. In Verbindung mit der Globalisierung werden attraktive neue Märkte, weltweite Produktionsstandorte und Plagiate zu einem zentralen Thema. Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Branchen ermöglicht Innovationen und eine Durchdringung des Marktes mit neuen Technologien. Die Dynamik in den Produkt-

<sup>334</sup> STATISTIK AUSTRIA (2013f), Zugriffsdatum: 17.12.2013

<sup>335</sup> Vgl. Abele/Reinhart (2011), S. 1

<sup>336</sup> Abele/Reinhart (2011), S. 1

lebenszyklen verschärft sich mit immer kürzer werdenden Abständen zwischen zwei Produktgenerationen. Die heute bekannten Ressourcen der Erde verknappen sich. Etliche Rohstoffe werden in Zukunft durch die stetig steigende Weltbevölkerung, höhere Lebensstandards und der zum Teil noch viel zu großen Verschwendung zur Neige gehen, wodurch Alternativen erforderlich werden. In der heutigen und zukünftigen Gesellschaft wird immer mehr Wissen generiert. Dieses Wissen muss in einem Unternehmen lokalisiert, beherrscht, verinnerlicht und transferiert werden. Um einer zukünftigen Gefahr an Instabilität in der Produktion durch Krisen entgegenzuwirken, müssen Unternehmen Veränderungen in ihrem Umfeld vorhersehen können und auf diese robust, flexibel und wandlungsfähig reagieren. Weiters muss sich das Produktionsgewerbe in Zukunft den Herausforderungen, welche durch den demografischen Wandel (Alterung der Bevölkerung), den Klimawandel, die Mobilität (Güterverkehr und Antriebe) und die Sicherung der Lebensqualität (vor allem der Gesundheit) entstehen, stellen.<sup>337</sup>

Ein Blick in die Vergangenheit zeigt, dass Unternehmen unter anderem durch die Fokussierung ihrer Kernkompetenzen erfolgreich agierten bzw. agieren. Wie sieht es aber nun in der zukünftigen Produktion aus? Abele/Reinhart beschreiben in Abbildung 47, dass sich die Zielgrößen durch zukünftige Herausforderungen und Megatrends nicht großartig verändern werden. Kosten und Qualität werden in der Produktion immer entscheidende Positionen einnehmen, jedoch wird in Zukunft vermehrt auf die Geschwindigkeit und Wandlungsfähigkeit in Produktionsprozessen geachtet werden müssen.<sup>338</sup>

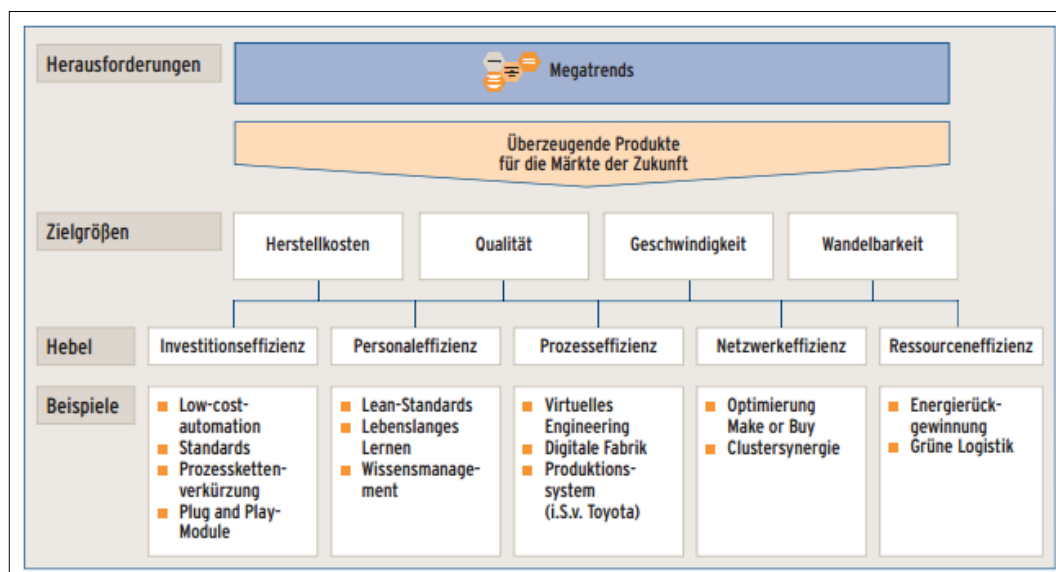


Abbildung 47: Megatrends, Zielgrößen und Hebel der zukünftigen Produktion<sup>339</sup>

<sup>337</sup> Vgl. Abele/Reinhart (2011), S. 11ff.

<sup>338</sup> Vgl. Abele/Reinhart (2011), S. 33f.

<sup>339</sup> Abele/Reinhart (2011), S. 34

In einem Leitbild definieren Abele/Reinhart vier Aktionsfelder. Dieses Leitbild soll produzierenden Unternehmen als Unterstützung bei der Bewältigung zukünftiger Herausforderungen dienen. In den einzelnen Aktionsfeldern werden in Zukunft grundlegende neue Denkweisen (Paradigmen) erforderlich sein (Abbildung 48).<sup>340</sup>

Aktionsfeld	Paradigmenwandel
Neue Produkte für die Märkte der Zukunft	Von der Produktorientierung zur Nutzenführerschaft
Produktionstechnik und Ausrüstung	Von leistungsorientierten Einzelprozessen zu intelligenten Prozessketten
Organisation und Produktionsmanagement	Von der flexiblen Produktion zu einem wandlungsfähigen, dynamischen Unternehmen im Wertschöpfungsverbund
Mensch und Wissen	Vom spezialisierten Fachwissen zum vernetzten Wissenstransfer

Abbildung 48: Paradigmenwandel in der zukünftigen Produktion<sup>341</sup>

Tabelle 13 und Tabelle 14 konkretisieren den Wandel der Paradigmen in den einzelnen Aktionsfeldern. In einigen Beispielen wird beschrieben, wie es „heute“ bzw. „gestern“ in der Produktion aussieht bzw. ausgesehen hat und welche Szenarien „morgen“ zu erwarten sind.<sup>342</sup>

Aktionsfeld „Neue Produkte für die Märkte der Zukunft“	
Heute	Morgen
Verkauf von Produkten	Verkauf von Nutzen
Getrennte Betrachtung von Sach- und Dienstleistungen	Integration von Sach- und Dienstleistungen
Fachdisziplinerorientierte, parallelisierte Produktentstehungsprozesse	Globale, hoch vernetzte Nutzenentstehungsprozesse
Modellierung und Simulation von Einzelaspekten in der Produkt- und Produktionssystementwicklung	Kundenintegrierte, durchgängige Virtualisierung des Produktlebenszyklus
Aktionsfeld „Produktionstechnik und Ausrüstung“	
Gestern	Morgen
Hochproduktive Betriebsmittel mit manueller Programmierung und Steuerung des Materialflusses	„Intelligente“ Betriebsmittel mit der Fähigkeit zur Kognition, teilautonomen Selbststeuerung und Integration von Expertenwissen
Einsatz flexibler Produktionstechnik für einen Produktlebenszyklus	Einsatz wandlungsfähiger und rekonfigurierbarer Produktionstechnik
Fokussierung auf die Leistungsgröße Qualität und Kosten	Erweiterung des Zielkatalogs um Zeit, Wandlungsfähigkeit, Ressourcenorientierung und Nachhaltigkeit

Tabelle 13: Denkweisen von Morgen in den einzelnen Aktionsfeldern – Teil 1<sup>343</sup>

<sup>340</sup> Vgl. Abele/Reinhart (2011), S. 34ff.

<sup>341</sup> Abele/Reinhart (2011), S. 37

<sup>342</sup> Vgl. Abele/Reinhart (2011), S. 43ff.

<sup>343</sup> Abele/Reinhart (2011), S. 45 und S. 75



Aktionsfeld „Organisation und Produktionsmanagement“	
Gestern	Morgen
Kurz- und mittelfristiges Handeln nach rein ökonomischen Gesichtspunkten	Langfristige Orientierung an ökonomischer, ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit
Betriebspunktoptimierte unternehmensinterne Wertschöpfungsketten	Wandlungsfähige und flexible unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke
Problemspezifische IT-Insellösungen	Durchgängiges Produktions- und Supply-Chain-Management
Quellen-Senken-Wirtschaft	Kreislaufwirtschaft
Funktionsoptimierung	Prozessorientierung
Aktionsfeld „Mensch und Wissen“	
Gestern	Morgen
Erstqualifizierung	Lebenslanges Lernen
IT-lastige Wissensorganisation, schleppender Technologietransfer	Systematischer Erfahrungstransfer für übergreifende Wissensnutzung und gezielte Technologieadaption
Ergonomische Arbeitsplätze und ganzheitliche Arbeitssysteme	Altersdifferenzierte Arbeitssysteme, Diversity Management

Tabelle 14: Denkweisen von Morgen in den einzelnen Aktionsfeldern – Teil 2<sup>344</sup>

Eine Studie, erstellt von der 3s Unternehmensberatung und der Sozialökonomischen Forschungsstelle, untersuchte für das Land Salzburg, welche Auswirkungen diese Trends auf die Kursangebote von Aus- und Weiterbildungsanbietern haben und worauf bei der Ausgestaltung der Kurse heute und zukünftig geachtet werden soll:<sup>345</sup>

- Enge Zusammenarbeit mit der Industrie für optimale Kursgestaltung
- Individuell zugeschnittene Angebote für Gruppen bzw. einzelne Personen
- Ständige Anpassung der Aus- und Weiterbildungsangebote an die aktuellen Rahmenbedingungen am Markt
- Kurse modular aufbauen und Teilnehmerzahl gering halten
- Kompakte Aus- und Weiterbildungseinheiten (ein- oder mehrtägig)
- Angebote sollen eine hohen Praxisbezug aufweisen und Erlerntes soll einfach in den Berufsalltag transferiert werden können
- Zukünftig höhere Erfolgskontrollen und peniblere Kursanbieterauswahl durch die einzelnen Unternehmen
- Stärkere Inanspruchnahme neuer Lern- und Lehrformen
- Modulangebote für geringer qualifizierte und ältere Personen (besonders für Beschäftigte von Unternehmen in unmittelbarer Umgebung)

Industriepartner des IBL-Instituts wünschen sich außerdem eine ausführlichere Behandlung der Themen „Projektmanagement“ und „Lean Prinzipien für Auftragsfertigung“ im Weiterbildungsangebot.<sup>346</sup>

<sup>344</sup> Abele/Reinhart (2011), S. 123 und S. 153

<sup>345</sup> Vgl. Humpl et al. (2006), Zugriffsdatum: 13.01.2014

<sup>346</sup> Gespräche mit Firmenvertretern bei Informationsveranstaltungen des IBL-Institutes

## 5 Konzeptentwicklungen

In diesem zweiten praktischen Kapitel werden die beiden Konzepte für die Lernfabriken am IBL- und IFT-Institut vorgestellt. Wie bereits in der Einleitung (Kapitel 1) erwähnt, handelt es sich bei dem Konzept für die IBL-Lernfabrik um ein sehr umfangreiches und detailliertes Konzept, welches in der vorliegenden Form auch umgesetzt werden kann und soll. Das Grobkonzept für die IFT-Lernfabrik hingegen soll lediglich einen ersten Entwurf darstellen und eine mögliche Richtung vorgeben.

Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Herangehensweisen bei der Realisierung und Inbetriebnahme einer Lernfabrik (Abbildung 49). Der zunächst leichter erscheinende Weg, nachdem die Bedeutung und der Nutzen einer Lernfabrik erkannt wurden, erfolgt über die Improvisation. Die improvisierte und intuitive Umsetzung bzw. Inbetriebnahme erfolgt nach dem Prinzip „Versuch und Irrtum“. Dadurch entsteht jedoch eine Schleife der Nacharbeit zwischen dem Betrieb und der Realisation einer Lernfabrik, welche mit hohen Kosten und hohem Zeitaufwand im Nachhinein verbunden ist. Mittels eines Konzepts und anschließender Validierung ist zu Beginn des zweiten Ansatzes zwar mit ein wenig mehr Aufwand zu rechnen, jedoch wird bei dieser systematischen Herangehensweise gleich von Beginn an „richtig“ gehandelt und der maximale Nutzen ohne Verschwendung kann erreicht werden.<sup>347</sup>

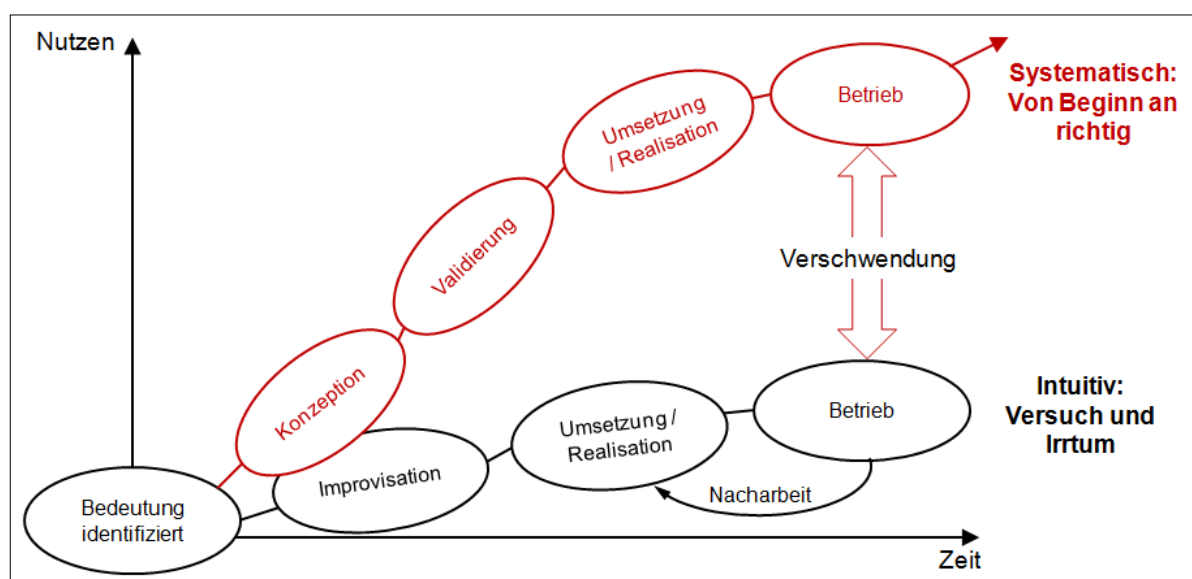


Abbildung 49: Zwei Wege bei der Einführung einer Lernfabrik<sup>348</sup>

<sup>347</sup> Vgl. Metternich/Abele/Tisch (2013), S. 98

<sup>348</sup> In Anlehnung an Metternich/Abele/Tisch (2013), S. 98

Das Konzept einer Lernfabrik steht zwischen der ersten Idee und der Realisierung bzw. Umsetzung und hat viele offene Fragen zu beantworten. Die wichtigsten Fragestellungen, auf die das Konzept eine Antwort liefern soll, sind:<sup>349</sup>

- Zu welchem Hauptzweck soll die Lernfabrik genutzt werden?
- Welche Zielgruppe soll angesprochen werden?
- Welche Kompetenzen sollen dabei vermittelt werden?
- Welches Produkt soll hergestellt werden?
- Wie sieht der auf das Produkt abgestimmte Produktionsprozess aus?
- Welche Ausstattung, welches Equipment und welche Technologien werden benötigt?
- Wie sieht die didaktische und methodische Vorgehensweise aus?
- Wie hoch sind die Kosten für eine Realisierung und wie können diese gedeckt werden?

## 5.1 Konzept IBL-Lernfabrik

In diesem Unterkapitel wird ein umsetzungsfähiges Konzept für die Lernfabrik am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung vorgestellt. Mögliche unterschiedliche Varianten in unterschiedlichsten Detailierungsgraden sind bereits immer wieder während der Dauer der gesamten Arbeit mit den Entscheidungsträgern diskutiert und validiert worden. Somit wird auch der Forderung eines schlussendlich umsetzungsfähigen Konzepts nachgekommen und nicht ein Angebot an Konzepten vorgelegt, bei welchem erst am Ende der Auswahl- und Entscheidungsprozess durch die befugten Personen stattfindet.

Der primäre Einsatzzweck der Lernfabrik soll zunächst der Ausbildung am Institut dienen. In weiterer Folge soll auch ein Weiterbildungsangebot für Partner aus der Industrie erarbeitet werden. Durch den modularen Aufbau der Lehrinhalte können die Ausbildungsinhalte einfach zu Weiterbildungsinhalte transferiert werden. Die Zielgruppe besteht zunächst aus Studierenden in Bachelor- und Masterstudiengängen, welche sich in Pflicht-, Wahl- und Freifächern mit Inhalten des industriellen Managements auseinandersetzen. In weiterer Folge soll die Zielgruppe um das Personal von Industriepartnern in unterschiedlichen Branchen erweitert und die Lernfabrik für Forschungsaktivitäten zusätzlich genutzt werden. Die zielgerechte Ausbildung von Studenten auf der einen Seite, sowie die Integration von Industriepartnern in Form von Seminaren und Forschungskooperationen auf der anderen Seite, als Zielsetzungen der Technischen Universität Graz, können dadurch vereint werden.

<sup>349</sup> Vgl. Metternich/Abele/Tisch (2013), S. 99ff.

### 5.1.1 Aus- und Weiterbildungsschwerpunkte und -inhalte

Das Ziel des Unterrichts in der Lernfabrik ist es, der Zielgruppe ausgewählte Kompetenzen im Bereich des industriellen Managements zu vermitteln. Ziele, Lehrinhalte, Herstellungsprozesse, Produkte und Ausstattung sind dabei eng miteinander verknüpft und müssen aufeinander abgestimmt werden.

Da nicht alle integrationsfähigen Lehrinhalte aus Kapitel 4.2 in der institutseigenen Lernfabrik mit hoher Qualität umgesetzt werden können, sind in der Konzepterstellung nach dem Grundsatz „Weniger ist mehr“ Schwerpunkte mit ausgewählten Inhalten zu setzen. Das „Produkt Innovation Project“ am Institut deckt bereits unter anderem die Ausbildungsinhalte des Innovationsmanagements in einer handlungsorientierten Ausbildungsform ab, weshalb die Schwerpunkte in der IBL-Lernfabrik vorerst auf folgende wichtige Themenbereiche des Industrial Managements gesetzt werden:

- Logistik-Management
- Industrial Engineering
- Energieeffizienz

Eine Erweiterung bzw. Umstrukturierung der Schwerpunkte, wie sie auch in Abbildung 50 ersichtlich sind, ist in Zukunft jederzeit möglich. Dann muss allerdings auch das Gesamtkonzept den geplanten Veränderungen angepasst werden.

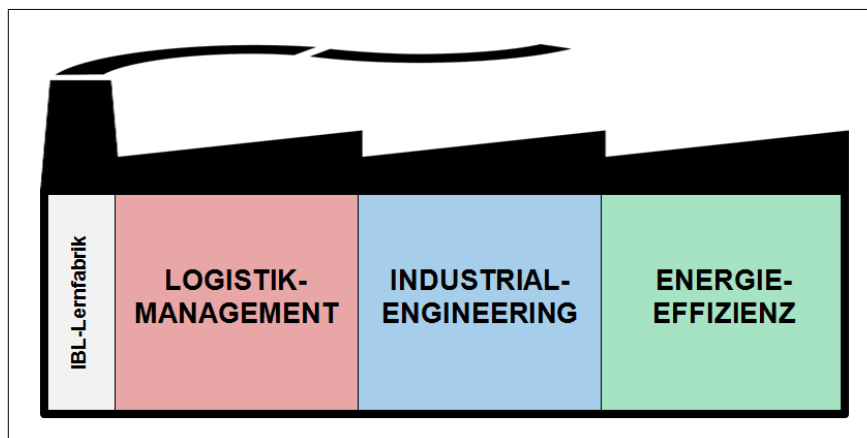


Abbildung 50: Schwerpunkte der IBL-Lernfabrik

Aus der Analyse in Kapitel 4 gehen die Schwerpunkte und Lehrinhalte der 25 betrachteten Lernfabriken hervor. Viele dieser analysierten Inhalte werden auch im vorliegenden Konzept berücksichtigt und integriert. Aus der Recherche bzw. Analyse ist ersichtlich, dass bereits einige Lernfabriksbetreiber existieren, die den Fokus auf einen dieser drei Schwerpunktbereiche gelegt haben. Eine Kombination der drei festgelegten Schwerpunkte kommt laut Recherche jedoch bislang gar nicht vor und ist trotz Unvollständigkeit der Recherche daher als eher selten einzustufen.

Um die Lehrinhalte in der Lernfabrik ständig auf dem neuesten Stand halten zu können, werden sie in einzelne Module unterteilt. Dadurch wird gewährleistet, dass Inhalte nach Belieben getauscht, erweitert oder angepasst und einzelne Module bedarfsgerecht in verschiedene Lehrveranstaltungen eingebaut werden können.

Die Lehrinhalte aus den drei Schwerpunktbereichen werden insgesamt in 12 Module unterteilt (Abbildung 51). Die fünf blau eingefärbten Module fallen unter den Schwerpunktbereich Industrial Engineering, die vier rot eingefärbten Module fokussieren den Themenbereich Logistik-Management und die beiden grün eingefärbten Module richten ihren Fokus auf das Gebiet der Energieeffizienz. Das zwölfte Modul stellt eine eigene 3-Tages-Lehrveranstaltung dar, mit einem „Best of“ aus allen anderen elf Modulen.

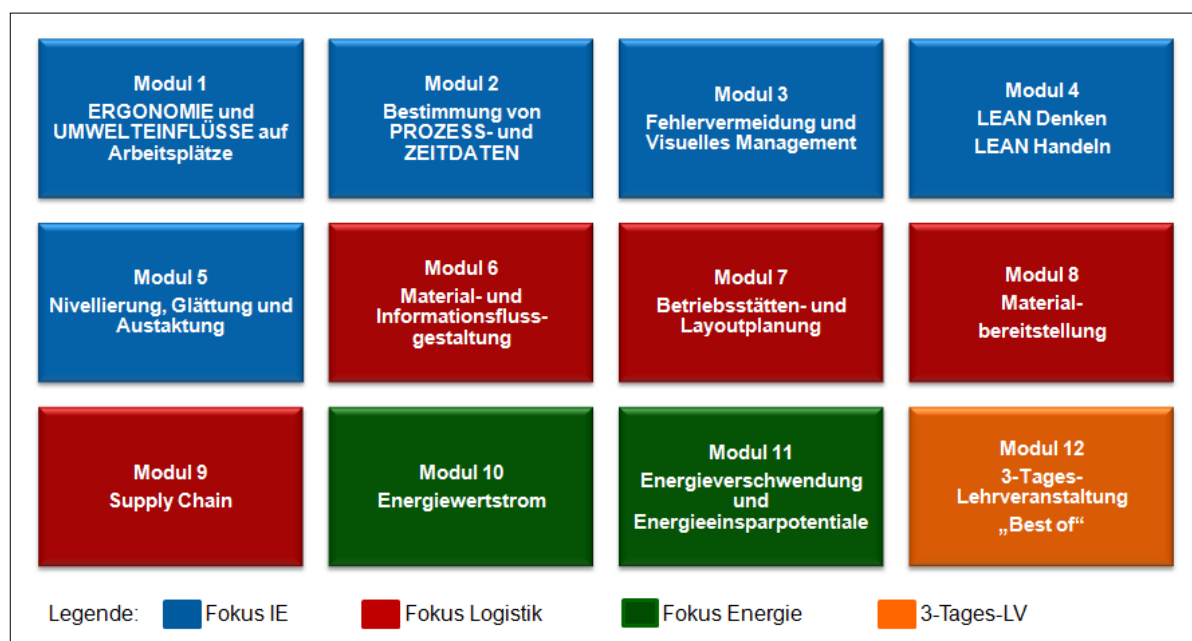


Abbildung 51: Aufteilung der Lehrinhalte in 12 Module

Modul 1 beschäftigt sich mit der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung und mit der Frage, welche Umgebungseinflüsse auf einen Arbeitsplatz einwirken können. Wie in einem Herstellungsprozess sämtliche Prozess- und Zeitdaten ermittelt werden und welche unterschiedlichen Verfahren es dazu gibt, damit werden die Auszubildenden in Modul 2 konfrontiert. Alles rund um die Thematik Fehlervermeidung und Visuelles Management ist im Modul 3 untergebracht. Der beliebte Fokus vieler Lernfabrikbetreiber, die „Lean Production“, ist in der IBL-Lernfabrik im Modul 4 unter dem Namen „Lean Denken – Lean Handeln“ zusammengefasst und gibt Einblicke in die schlanke Produktionsweise. Das fünfte und somit letzte Modul im Schwerpunktbereich Industrial Engineering wird der Nivellierung, Glättung und Austaktung von Montage- und Produktionslinien gewidmet. Modul 6 enthält mit der Material- und Informationsflussgestaltung (Analyse und Planung) eines der klassischen Logistik-

themen. Bei Neu- bzw. Umbauten von Betrieben spielt die Auswahl des richtigen Standortes bis hin zur detaillierten Planung des idealen Feinlayouts eine wesentliche Rolle. In Modul 7 lernen die Teilnehmer, wie sie selbst Standorte finden und bewerten können und zu einem idealen Betriebslayout gelangen. Auf welche unterschiedlichen Arten ein Material bereitgestellt werden kann und welche Vorteile einzelne Steuerungsverfahren mit sich bringen, wird in Modul 8 praxisnah erläutert. Die gesamte Lieferkette (Supply Chain) wird in Modul 9 genauer betrachtet und auf mögliche Gefahren (Bullwhip-Effekt) hingewiesen. Modul 10 und 11 wird der Energieeffizienz gewidmet. Aus- und Weiterzubildende decken unter anderem mit zahlreichen verschiedenen Messgeräten die „Energiefresser“ auf und erlernen mit welchen einfachen Maßnahmen große Mengen an unnötig verbrauchter Energie eingespart werden können. Dabei lernen sie in Modul 10 auch die sogenannte Energiewertstrommethode kennen. Das Modul 12 bietet ein „Best of“ aus den ersten elf Modulen und kann in einer dreitägigen Lehrveranstaltung besucht werden.

### **5.1.2 Produkt für eine Serienproduktion in der Lernfabrik**

Die erste grundsätzliche Überlegung bei der Auswahl eines geeigneten Produkts betrifft den Charakter des Produkts selbst. Dabei ist zu entscheiden, ob in der Lernfabrik ein real einsatzfähiges oder ein didaktisch aufbereitetes Produkt hergestellt werden soll. Didaktisch aufbereitete Produkte haben den Vorteil, dass das Produkt selbst individuell gestaltet werden kann. Dadurch kann das Produkt alle Funktionen und Eigenschaften aufweisen, die benötigt werden, um bei den Teilnehmern den gewünschten Lernerfolg zu erzielen. Der Nachteil besteht jedoch darin, dass ein didaktisch aufbereitetes Produkt aufwendig geplant und zunächst erst aus Rohmaterialien hergestellt werden muss. Weiters sind didaktisch aufbereitete Produkte meist recht einfach und unspektakulär gestaltet. Dies hat zur Folge, dass dem Produkt selbst die Leidenschaft und Attraktivität fehlt. Die Technische Universität Graz wirbt in ihrem Slogan jedoch gerade mit den Worten „Wissen Technik Leidenschaft“. Passende, real einsatzfähige Produkte sind zwar schwierig zu finden, jedoch kann ein solches Produkt die notwendige Leidenschaft und Begeisterung bei den Teilnehmern wecken. In einem ersten Brainstorming ergeben sich folgende didaktisch aufbereitete und real einsatzfähige Produkte.

#### Didaktisch aufbereitete Produkte:

Lego-Modell, Modell-Lokomotive, Modell des TUG-Racing-Cars, TUG-Fahrrad-Modell, TU-Graz-Satellit, Modell eines Windrads

### Real einsatzfähige Produkte:

Bohrmaschine, Ferngesteuerter Modell-Helikopter, Ferngesteuertes Modell-Automobil, Elektromotor, Verbrennungsmotor, mechanisches Getriebe, schnell-drehendes Multifunktionswerkzeug, Kopfhörer, Tretroller, Taschenlampe, Stehlampe, Hand-Ventilator, Radio, Roboter vom RoboCup, Schweizer Messer, Leatherman, Schraubstock, Pneumatik- oder Hydraulikzylinder

Aus den zuvor genannten Gründen der Attraktivität und der einfacheren Beschaffung des Produkts wird im Anforderungsprofil ein real einsatzfähiges Produkt definiert. Welche weiteren Anforderungen an das Produkt gestellt werden, wird im nächsten Abschnitt erläutert.

### Anforderungen an das Produkt

In realen Produktionsbetrieben mit Serienfertigung wird der Produktionsprozess in der Regel dem herzustellendem Produkt angepasst. In Lernfabriken sollen die Aus- und Weiterzubildenden anhand des Produktionsprozesses gewünschte Lehrinhalte und Kompetenzen vermittelt bekommen. Auch in Lernfabriken ergibt sich der Produktionsprozess zum größten Teil aus der Charakteristik des Produkts, jedoch mit dem Unterschied, dass in Lernfabriken das herzustellende Produkt frei gewählt werden kann, welches dann den Produktionsablauf bestimmt. Dadurch ist die Wahl des „richtigen“ Produkts in einer Lernfabrik von großer Bedeutung. Weiters wird durch das Produkt der Großteil der erforderlichen Lernfabrik-Ausstattung definiert. Das Produkt und die Ausstattung zählen zu den wesentlichen Faktoren bei den Investitionskosten. Demnach hat die Wahl des Produkts direkten Einfluss auf die finanzielle Belastung des Lernfabrikbetreibers (in diesem Fall das IBL-Institut) durch die Investitionssumme.

Mittels Festlegung der Aus- und Weiterbildungsschwerpunkte und -inhalte, des finanziellen Rahmens und sonstigen besonderen Wünschen des Betreibers kann ein Anforderungsprofil für das Produkt in der IBL-Lernfabrik erstellt werden (Abbildung 52).

Die erste wesentliche Anforderung an das Produkt ist, dass es aus Standardeinzelteilen bestehen muss. Dadurch wird gewährleistet, dass der Herstellungsprozess, bis auf eine Customizing-Station mit einer Graviermaschine, keine Fertigung enthält und nur aus Montagetätigkeiten besteht. Dies wird durch das geringe Platzangebot in den Räumlichkeiten (51,1 m<sup>2</sup>), Sicherheitsbestimmungen durch die Gebäudeverwaltung, die teuren Anschaffungskosten für kleine Fertigungsmaschinen und die zu hohe Bedienungskomplexität und Einschulungsdauer bei den einzelnen Maschinen begründet. Um den nötigen Arbeitsinhalt zu erreichen, wird ein Produkt benötigt, das aus einer Vielzahl an Einzelteilen besteht und nicht sofort mit zwei oder drei

Handgriffen zusammengebaut werden kann. Der Arbeitsinhalt soll auf fünf bis sieben Arbeitsstationen mit angemessener Taktzeit aufgeteilt werden können.

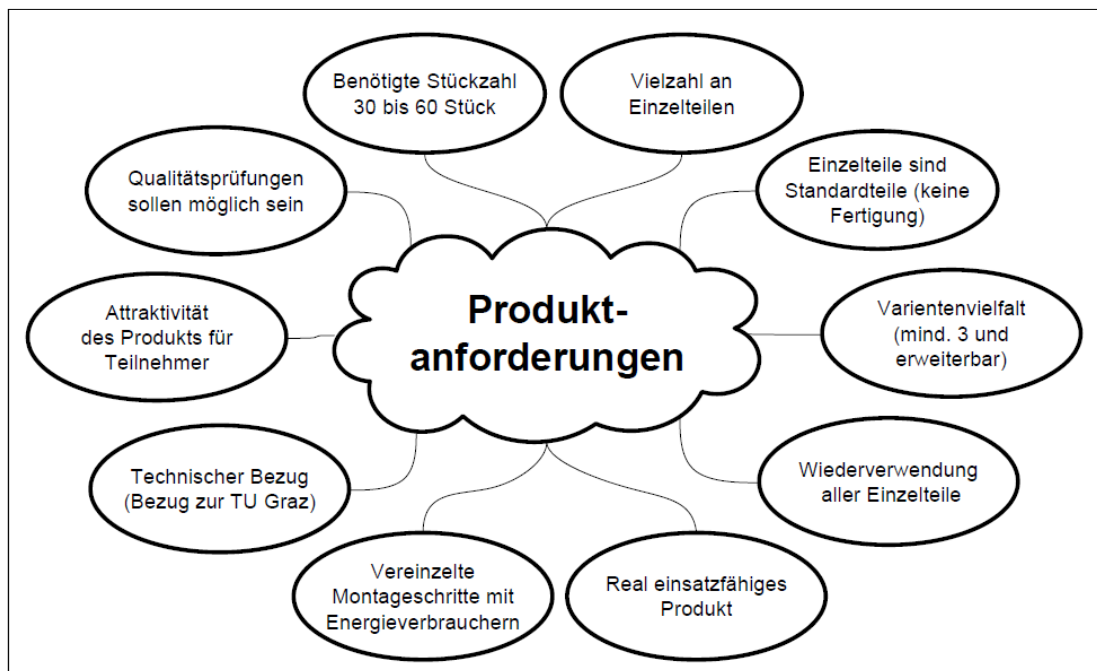


Abbildung 52: Anforderungsprofil für das Produkt in der IBL-Lernfabrik

Die benötigte Gesamtstückzahl an Produkten in der Lernfabrik soll sich zwischen 30 und 60 Stück bewegen. Dadurch wird gewährleistet, dass während zusammenhängenden Lehreinheiten keine Demontage des Produkts erforderlich ist. Nach abgeschlossenen Lehreinheiten bzw. am Ende eines Ausbildungstages können die 30 bis 60 Stück durch Ausbildungspersonal bzw. Hilfskräfte wieder zerlegt und in den Ausgangszustand versetzt werden. Das Produkt soll außerdem Eigenschaften bzw. Funktionen aufweisen, die einer Qualitätsprüfung unterzogen werden können. Fehlerhafte Einzelteile können bereits vor Beginn der Lehreinheiten den Gutteilen untergemischt werden. Ein bereits angesprochener Anforderungspunkt ist das real einsatzfähige Produkt, welches bei den Teilnehmern eine gewisse Begeisterung hervorrufen soll. Ein Wunsch des IBL-Instituts ist es, dass das Produkt zumindest einen technischen Bezug bzw. sogar irgendeinen Bezug zur TU Graz aufweist. Durch den Ausbildungsschwerpunkt „Energieeffizienz“ ist es außerdem erforderlich, Montage- und Fertigungsschritte am Produkt mit Hilfe von unterschiedlichen Energieverbrauchern zu integrieren. Das Produkt muss diese Bearbeitungsschritte mittels energetischer Verbraucher erlauben. Desweiteren müssen mindestens drei verschiedene Varianten des Produkts herstellbar sein und der Forderung der Wiederverwendung aller Einzelteile nachgekommen werden. Einzelteile dürfen demnach nicht so bearbeitet oder verändert werden (ausgenommen Customizing), dass ihr Ausgangszustand nicht mehr mit einfachen Mitteln hergestellt werden kann.



Ein weiterer Anforderungspunkt, welcher noch anzuführen aber nicht in Abbildung 52 enthalten ist, ist die einfache Handhabbarkeit und Schnelligkeit beim Zusammenbau und bei der Zerlegung des Produkts. Die einzelnen Teile sollten nicht zu schwer, zu groß, zu klein, zu schmierig oder zu gefährlich sein.

Im folgenden Abschnitt wird dargelegt, welche Produkte diese Anforderungen erfüllen und welches Produkt diesem Konzept schlussendlich zugrunde liegt.

### **Produktvarianten und Produktauswahl**

Da alle anfänglichen Produktvorschläge aus dem ersten Brainstorming mehr oder weniger den größten Teil der Anforderungen erfüllen können, wird nun verstärkt auf die Forderung eingegangen, dass das Produkt einen Bezug zur TU Graz aufweisen soll. Dazu wird, wie in Abbildung 53 ersichtlich, ein Organigramm mit einigen Schlagworten erstellt, die eine Verbindung zur TU Graz aufweisen:

- KFZ
- Mobility
- Flugsimulator
- Produktion
- Racing Team
- Fields of Expertise der TU Graz

Diese Schlagworte werden um zugehörige Aspekte erweitert. Besonderes Augenmerk wird auf das Kompetenzfeld „Mobility und Production“ der TU Graz gelegt. Durch diese Auflistung schaffen es folgende drei Produkte in die engere Produktauswahl:

- Modell eines Antriebsstrangs
- Modell des TUG-Racing-Cars
- Tretroller im TUG-Design

Das Modell des Antriebsstrangs besteht aus den vier Hauptkomponenten Motor, Kupplung, Getriebe und einer Messeinrichtung, welche über drei verschiedene Wellen miteinander verbunden sind. Der Motor, die Kupplung, die Messeinrichtung und die Wellen sind jeweils nur ein einziger Teil. Das Getriebe besteht aus ungefähr 30 Einzelteilen. Durch drei verschiedene Motorvarianten (Benzin-, Diesel-, Elektromotor), zwei Kupplungsvarianten und drei unterschiedlichen Getriebearten können insgesamt 18 verschiedene Produktvariationen hergestellt werden. Soll ein Motor nur mit einem passenden Getriebe verbunden werden können, reduziert sich die Anzahl der Produktvariationen auf ein Drittel. Die Eingangswelle, welche einfach durch den Motor hindurch mit der Kupplung verbunden wird, kann entweder elektrisch oder pneumatisch angetrieben werden. Am Ende des Antriebsstrangs wird mit unter-

schiedlichen Messeinrichtungen die Abtriebsdrehzahl und das Abtriebsdrehmoment gemessen.

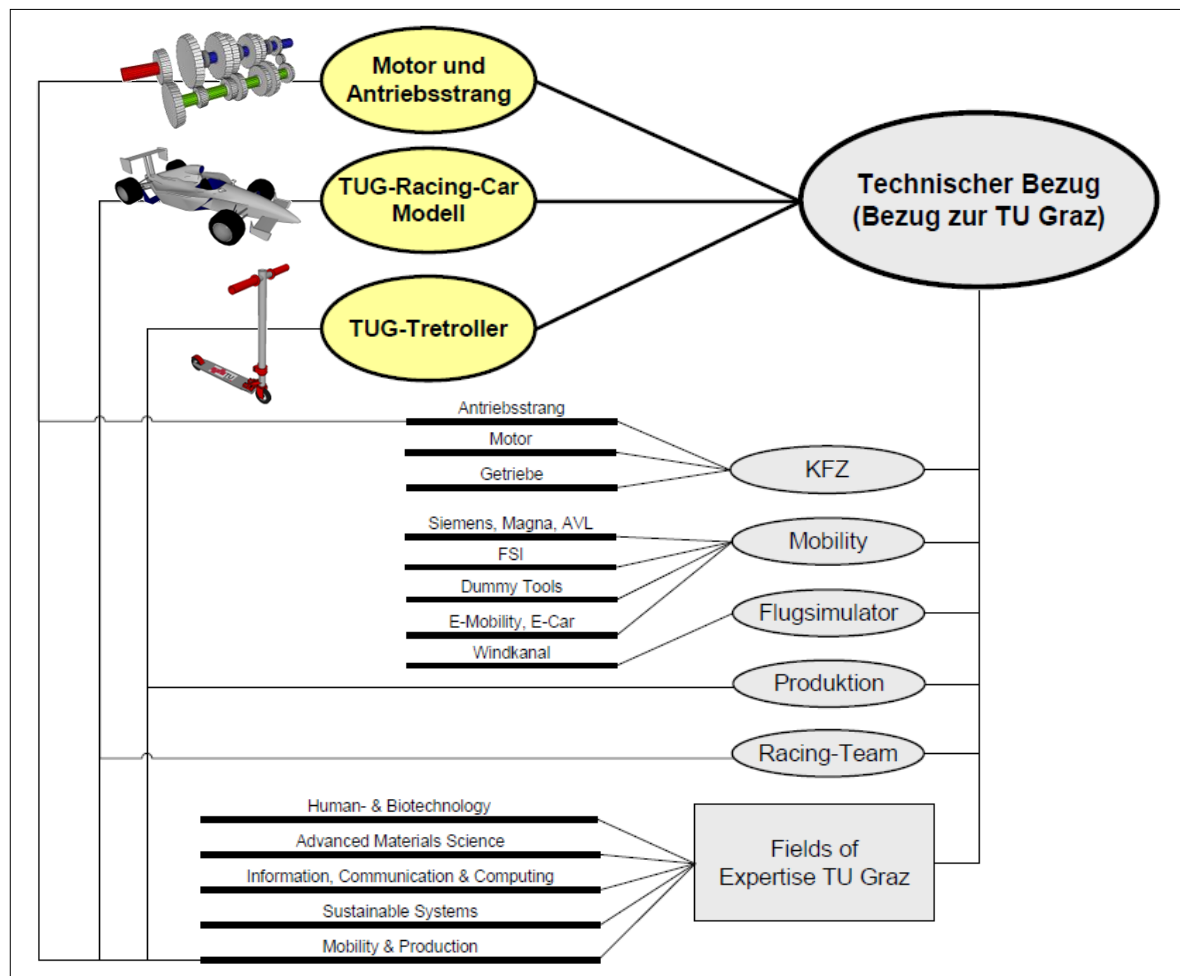


Abbildung 53: Produktvarianten mit Bezug zur TU Graz

Das zweite Produkt, welches es in die engere Auswahl schafft, ist ein einfaches optisches Modell des TUG-Racing-Cars. Dieses didaktisch aufbereitete Produkt besteht aus circa 30 bis 40 Einzelteile und könnte optional auch als ferngesteuerte Variante ausgeführt werden. Da dieses Produkt zunächst erst komplett entworfen und durchdacht werden müsste, sind der Gestaltungsfreiheit keine Grenzen gesetzt und es könnten sämtliche Wunschvorstellungen bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Dasselbe Produkt kann sowohl für die Serienproduktion als auch mit leichten Modifikationen für eine etwaige spätere Produktentwicklung verwendet werden. Durch die Ähnlichkeit des Produkts mit dem Produkt in der Lernfabrik an der TU Wien (Slotcar) kann des Weiteren über einen möglichen universitätsübergreifenden Wettbewerb nachgedacht werden. Die sechs bis neun Produktvarianten ergeben sich aus den unterschiedlichen Reifensätzen (gelbe Trockenreifen, blaue Regenreifen, grüne Intermediates) und unterschiedlichen Lackierungen der Karosserie aus vergangenen Rennsaisons.

Als drittes und letztes Produkt schafft es der TUG-Tretroller in die engere Auswahl. Die Produktion eines real einsatzfähigen Tretrollers verbindet die beiden Bereiche „Mobility“ und „Production“ und gliedert sich somit sehr gut in eines der fünf „Fields of Expertise“ der TU Graz ein. Dabei wird der Roller nicht selbst entwickelt, sondern von einem namhaften Hersteller bezogen. Am Institut bekommt der Tretroller nach dem Zukauf ein komplett neues Gesicht im TUG-Design. Aufgrund der realen Nutzungsmöglichkeit eines solchen Tretrollers besteht auch die Möglichkeit diesen an teilnehmende Personen für die private Nutzung im Anschluss an den Kurs zu verkaufen. Die Produktvarianten können bereits alleine über unterschiedliche Räder- und Rahmenfarben realisiert werden. Zusätzlich kann eine Variation des Produkts durch verschiedene Griffe, Schellen, Ständer, Tragebänder, Klingeln oder Aufbewahrungskörbe realisiert werden.

Da alle drei genannten Produktvorschläge die Anforderungen erfüllen, wird die Attraktivität des Produkts zum ausschlaggebenden Entscheidungsfaktor. Stellt sich nun die Frage, welches dieser drei Produkte kann bei den teilnehmenden Personen die größte Begeisterung hervorrufen?

Der Antriebsstrang ist technisch zwar recht anspruchsvoll und durchaus interessant, jedoch fehlt bei diesem Produkt die notwendige Faszination. Das Modell des TUG-Racing-Cars müsste didaktisch erst ansprechend aufbereitet werden, aber auch mit dieser Produktvariante als statisches Modell ist eine Fesselung der Teilnehmer laut Expertenmeinung nicht gegeben. Eine Kombination aus einem funktionstüchtigem Antriebsstrang und dem Modell des TUG-Racing-Cars wäre wiederum eine sehr attraktive Variante. Die teilnehmenden Personen könnten dieses Produkt nach Fertigstellung in Betrieb nehmen und Testfahrten durchführen. Diese Variante wird allerdings aufgrund des zu großen Realisierungsaufwandes und der zu großen Komplexität wieder verworfen. Die Entscheidung fällt letztendlich auf den Tretroller im TUG-Design, welcher ab sofort ins vorliegende Gesamtkonzept als Montageprodukt mit eingebunden wird. Der Neuheitsgrad dieses Produkts an der TU Graz, die vielfältigen zusätzlichen Möglichkeiten im Marketingbereich und der reale Verwendungszweck sind ausschlaggebend für die Wahl des Tretrollers.<sup>350</sup>

Von den zwei bekannten Tretrollerherstellern Hudora und Hepros, beide mit Verwaltungssitz in Deutschland, werden jeweils zwei Roller unterschiedlicher Preisklasse einem Eignungstest unterzogen. Der Test dient der Ermittlung der verarbeiteten Qualität, der Anzahl der Einzelteile sowie der Normteile, des Werkzeugbedarfs, der Montagebedingungen und der Montagezeiten. Zusätzlich werden sonstige Auffälligkeiten separat notiert und bewertet.


---

<sup>350</sup> Meinungen und Entscheidungen durch Institutsmitglieder und externen Experten

Folgende vier Tretroller werden dem Eignungstest unterzogen:

- Hepros Alu Scooter Cityroller 125mm (Hepros billig)
- Hepros XXL AIR Alu Scooter Cityroller 145mm Luftbereifung (Hepros teuer)
- Hudora Big Wheel 125 Scooter (Hudora billig)
- Hudora Bold Wheel Cushion 230 Scooter (Hudora teuer)

Alle Tretroller werden bei dem Eignungstest demontiert und vollständig in ihre Einzelteile zerlegt (Abbildung 54). Die Qualität der Teile wird beurteilt, die Einzel- und Normteile gezählt und die Montagezeiten für die einzelnen Baugruppen gemessen. Die Summe der Baugruppenmontagezeiten ergibt die Gesamtmontagezeit in Minuten je Tretroller. Mehrere gleiche Einzel- oder Normteile in der Baugruppe reduzieren die Anzahl der benötigten Kisten (Behälter) für die Aufbewahrung der Teile. Neben Preis, Qualität, Einfachheit bzw. Dauer der Montage und der Teileanzahl können die jeweiligen Tretroller mit diversen Extras oder Eigenschaften in der Kategorie „Sonstiges“ punkten.



Preis: € 57,83 netto

Qualitätsbewertung:  
★★★★☆

Einfachheit der Montage:  
😊😊😊😊😊

Teileaustausch:  
Nicht notwendig – Feder bei Bremse extrem stark – einziger Minuspunkt bei Montage

Anzahl Einzelteile:	60
Anzahl Normteile:	35
Verbleibende Teile:	25

Anzahl Kisten:	47
Kisten für Normteile:	26
Verbleibende Kisten:	21

Benötigte Zeit für Montage:  
(geübter, geschickter Arbeiter)  
12:50 min (ohne Verpackung)

Sonstiges:  
Keine Tasche, kein Trageband, Variationsmöglichkeiten gering, Schaumstoffgriffe schwarz, bereits ziemlich groß, jedoch am Besten zum Fahren

+++++

Abbildung 54: Hudora Bold Wheel Cushion 230 im Eignungstest

In Tabelle 15 sind die Ergebnisse aus den Eignungstests aller vier Tretroller gegenübergestellt. Da im Test jeweils ein teures und ein kostengünstigeres Produkt desselben Herstellers auf seine Eignung in der Lernfabrik überprüft wird, ist dem

Produkt des jeweiligen Herstellers zur einfacheren Differenzierung der Zusatz „billig“ oder „teuer“ hinzugefügt. In den Kategorien mit Bewertungsskalen (Qualität, Einfache Montage und Sonstiges) sind maximal fünf Punkte in Form von verschiedenen Symbolen zu erreichen.

	<b>Hepros billig</b>	<b>Hepros teuer</b>	<b>Hudora billig</b>	<b>Hudora teuer</b>
Nettopreis [in €]	<b>€ 16,76</b>	<b>€ 41,55</b>	<b>€ 36,43</b>	<b>€ 57,83</b>
Qualität	★	★★★	★★★	★★★★
Einfache Montage	😊😊	😊😊😊	😊😊😊	😊😊😊
Montagezeit [min]	<b>14:50</b>	<b>13:45</b>	<b>12:15</b>	<b>12:50</b>
Sonstiges	++	+++	++	+++
Teileanzahl	73	73	58	60
Normteile	46	41	32	35
Kisten für Normteile	30	31	26	26
Kisten für Materialregale	22	27	22	20

Tabelle 15: Vergleich der Tretroller im Eignungstest

Die billige Variante von Hepros ist zwar der preisgünstigste Tretroller im Test, kann aber ohne Zweifel in punkto Qualität und Montagebedingungen nicht mit den drei Konkurrenten mithalten. Die preiswerte Variante von Hudora ist nur fünf Euro billiger als die teure Hepros-Variante, hinkt aber trotz guter Qualität und Verarbeitung den Extras und dem Fahrkomfort der beiden teuren Varianten hinterher. Hepros kann mit seiner teuren Variante besonders durch die Luftbereifung in den Extras einige Pluspunkte sammeln, schafft es aber nicht an die qualitative Verarbeitung von Hudora heran. Eindeutiger Testsieger ist die teure Variante von Hudora, der Hudora Bold Wheel Cushion 230 Scooter.

Der Bold Wheel Cushion 230 von Hudora wird in das vorliegende Gesamtkonzept aufgenommen. Mit einem Nettopreis von 57,83 Euro weist er eine hervorragende Qualität auf und ist, bis auf wenige Ausnahmen, relativ einfach und handlich zu montieren. Die gesamte Montagezeit für alle Baugruppen des Bold Wheel Cushion 230 beträgt 12 Minuten und 50 Sekunden. In den Extras punktet der Tretroller mit perfektem Fahrkomfort, Lenkstangenfederung und ausgeklügeltem, einfachem Klappmechanismus. Unter den insgesamt 60 Einzelteilen befinden sich 35 Normteile mit geringem Volumen. Die Normteile können in 26 kleinen Kisten untergebracht werden. Für die verbleibenden volumenmäßig größeren Einzelteile werden 20 Kisten

benötigt. Diese Kistenanzahl muss für ein 2-Behälter-Kanban-System und die Lagerung mindestens mit dem Faktor drei multipliziert werden.

Der Hudora Bold Wheel Cushion 230 ist standardmäßig in den Farben magenta und grün erhältlich. Die Einzelteile des Hudora Bold Wheel 230 (ohne Federung) sind mit dem Bold Wheel Cushion 230 kompatibel, sodass dessen Einzelteile in den Farben schwarz und silber problemlos auch im Bold Wheel Cushion 230 verbaut werden können. Um den Standardroller in den TUG-Tretroller zu verwandeln, müssen alle Aufkleber und das Griptape, welches mit seiner rauhen Oberfläche den Halt am Trittbrett gewährleistet, vom Standardroller entfernt werden. Räder mit schwarzer Felge und grünen Reifen werden anstelle der Standardräder montiert. Alle grünen Verbindungsschellen am Roller werden durch schwarze Schellen ersetzt. Die optischen Highlights des TUG-Tretrollers sind geprägt durch die neuen Aufkleber und das neue Griptape. An der Lenkstange wird der Schriftzug „Mobility & Production“ und ein Logo der Lernfabrik angebracht. Das schwarze Griptape auf dem Trittbrett erhält das Logo der TU Graz in Farbe aufgedruckt. Die abgespeckte Umgestaltungsvariante zum TUG-Tretroller sieht lediglich vor, den Standardroller in der Farbe grün mit den neuen Aufklebern und dem neuen Griptape zu versehen. Ein erster Prototyp des Tretrollers im TUG-Design ist in Abbildung 55 ersichtlich.



Abbildung 55: Hudora Bold Wheel Cushion 230 im TUG-Design

### **Einzelteile des Produkts**

Damit im nächsten Abschnitt dieses Kapitels die Montageschritte am Produkt erklärt werden können, wird in Tabelle 16 ein kurzer, vollständiger Überblick über die Einzelteile des Hudora Bold Wheel Cushion 230 gegeben. Die erste Spalte enthält die Anzahl der benötigten Kisten (K), die zweite Spalte die Teileanzahl (T).

K	T	Bezeichnung	Bild	K	T	Bezeichnung	Bild
1x	2x	Lenkerstoppel		4x	4x	Klemmhebel für Lenkstangenverbindung mit Lenkrohr	
1x	1x	Elastische Lenkerschnur (für Griffe)		2x	3x	Klemmenverbindung für gesamten Lenker mit Unterbau	
1x	2x	Lenkergriffe		5x	6x	Lenkerverbindungsstück LVS (große Muttern, Lager etc.)	
1x	1x	T-Stange (Lenker)		8x	9x	Klappmechanismus	
2x	2x	Griffhalter (Kunststoff; schwarz; zum Befestigen mit Schraube)		3x	7x	Klappmechanismus (Befestigung am Trittbrett)	
0x	1x	Lenkrohr (mit Standard-Aufkleber „Hudora“)		4x	4x	Bremse	
6x	6x	Verbindung Lenker-T-Stange mit Lenkrohr		4x	5x	Hinterrad inkl. Verbindungsteile	
2x	3x	Kotflügel vorne		2x	3x	Vorderrad inkl. Verbindungsteile	
0x	1x	Trittbrett				Variantenbildung	Ständer, Klingel, Licht, Kantenschutz, Customizing-Schild

Tabelle 16: Einzelteile des Hudora Bold Wheel Cushion 230



## Montageschritte am Produkt

Die einzelnen Montageschritte am Hudora Bold Wheel Cushion 230, sowie der gesamte Arbeitsablauf werden im Folgenden detailliert beschrieben. Die Tabellen 17 und 18 enthalten jeweils die Benennung der Baugruppe, die Positionsnummer des Arbeitsschrittes, die Montagedauer der Baugruppe in Minuten, die Beschreibung der Vorgehensweise bei der Montage und die zugehörigen Montagebilder.


<b>T-Stangen-Montage</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Griffhalter (Kunststoff schwarz) auf T-Stück aufschieben und mit Schraube befestigen - Kunststoffendstück auf T-Stange aufziehen – Führungsbuchse aus schwarzen Kunststoff auf T-Stange aufziehen – schwarzen Kunststoffstoppel aufsetzen und mit Bolzen verbinden – Führungsbuchse in Federknopf einrasten lassen	
Arbeitsschritt 1		
1:10 min		
<b>Lenkrohr-montage</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Schelle über T-Stange ziehen – Lenkrohr aufsetzen – Schelle über Lenkrohr ziehen – Wurmsschraube in Schelle ansetzen und festziehen	
Arbeitsschritt 2		
0:45 min		
<b>Verbindung Lenkrohr und T-Stange</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Spannschraube durch Schelle stecken – Einschraubgewindebolzen in Klemmhebel einführen – Gummipuffer auf Schraube stecken – Klemmhebel mit Einschraubgewindebolzen auf Schraube aufdrehen	
Arbeitsschritt 3		
0:25 min		
<b>Griffmontage</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Elastische Lenkerschnur durch ersten Stoppel fädeln und mit Knoten sichern – Lenkerschnur durch ersten Griff, T-Stange (fehlt auf Bild), zweiten Griff und zweiten Stoppel fädeln und wieder mit Knoten sichern	
Arbeitsschritt 4		
1:15 min		
<b>Bremsen-montage</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Bremsen in Trittbrett einsetzen – Feder in die Mitte der Bremse setzen – Schraube durch Trittbrett, Bremse und Feder stecken (extrem schwer, da starke Feder – alleine nicht machbar – unbedingt Vorrichtungsbau erforderlich) und mit Mutter Verbindung anziehen	
Arbeitsschritt 5		
1:45 min		
<b>LVS-Montage</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Gabel nehmen und erstes Lager aufsetzen – Kniestück, zweites Lager, Mutter und Kontermutter aufsetzen und mit zwei 36er Schlüssel Mutter und Kontermutter anziehen	
Arbeitsschritt 6		
1:00 min		

Tabelle 17: Montageschritte am Produkt – Teil 1











<b>Klappmechanismusbau</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Feder in Betätigungszyylinder stecken und in Kniestück einführen – Gummipuffer auf Einrastvorrichtung schrauben und dann gesamte Vorrichtung in Kniestück einführen und mit Schraube, Beilagscheiben und Mutter befestigen	
Arbeitsschritt 7		
1:15 min		
<b>Ständerbau</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Ständer auf Trittbrett aufsetzen und mit Hilfe der zwei Schrauben und Muttern befestigen	
Arbeitsschritt 8		
1:00 min		
<b>Verbindung LVS mit Trittbrett</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Sprengringe auf Schrauben aufsetzen und Schrauben mit Sprengringen durch Montageplatte und Trittbrett stecken – auf anderer Seite des Trittbretts in Einrastvorrichtung des Klappmechanismus im LVS einschrauben	
Arbeitsschritt 9		
1:15 min		
<b>„Hochzeit“ = Lenker mit Trittbrett verbinden</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Schelle auf Lenkrohr aufziehen – Lenkrohr auf Lenkerverbindungsstück aufsetzen – Schrauben in Schelle einsetzen und festziehen (Ausrichtung des Lenkers mittels einer Vorrichtung notwendig)	
Arbeitsschritt 10		
0:45 min		
<b>Kotflügelbau</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Kotflügel auf Gabel setzen und mit zwei kleinen Schrauben von unten in die Gabel des LVS einschrauben	
Arbeitsschritt 11		
0:30 min		
<b>Vorderradbau</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Rad in Gabel einsetzen und langen Schraubenteil (mit Einschraubgewinde) durch Gabel und Rad stecken und mit der Gegenschraube die Verbindung anziehen	
Arbeitsschritt 12		
0:45 min		
<b>Hinterradbau</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Distanzscheiben und Rad in hintere Öffnung des Trittbretts einführen – Schraube durch Trittbrett, Distanzhülsen und Rad fädeln – Schraubenverbindung von Gegenseite anziehen	
Arbeitsschritt 13		
1:00 min		
<b>Verpackung</b>	<u>Vorgehensweise:</u> Scooter mittels Klappmechanismus zusammenklappen – T-Stange komplett einfahren - Griffe aus T-Stange ziehen und in Griffhalter einklippen – gesamten Tretroller in Karton verpacken	
Arbeitsschritt 14		
1:00 min		

Tabelle 18: Montageschritte am Produkt – Teil 2

Für die insgesamt 14 Arbeitsschritte wird eine Gesamtmontagezeit von 12 Minuten und 50 Sekunden benötigt. An der Verpackungsstation muss zusätzlich noch circa 2 Minuten Zeit für qualitätssichernde Maßnahmen berücksichtigt werden. Die Arbeitsschritte werden auf die einzelnen Arbeitsstationen so aufgeteilt, dass jede Station ungefähr den gleichen Arbeitsinhalt aufweist und die vorgegebene Taktzeit eingehalten werden kann. Bei fünf Arbeitsstationen ergebe dies eine aufgerundete Taktzeit von drei Minuten.

Somit ist für das Konzept das Produkt fixiert und die zugehörigen Arbeitsinhalte sind bekannt. Im nächsten Schritt werden die Ausstattung und das Equipment der Lernfabrik an das Produkt angepasst und definiert.

### 5.1.3 Ausstattung und Equipment

Neben der Wahl eines geeigneten Produkts in der Lernfabrik ist es äußerst wichtig die Ausstattung der Lernfabrik universell, modular, mobil, kompatibel, skalierbar und somit wandlungsfähig zu gestalten.<sup>351</sup>

Durch die wandlungsfähige Gestaltung ist es möglich die Aus- und Weiterbildung in der Lernfabrik anhand von zwei verschiedenen Zuständen durchzuführen. Im Ausgangszustand (current state) finden die Teilnehmer eine chaotische, unorganisierte Produktion mit langen Transportwegen und ohne geregelte Steuerung vor. Im Zukunftszustand (future state), welcher zum Teil gemeinsam mit den Kursteilnehmern Schritt für Schritt erarbeitet wird, wird durch schnellen Umbau (kürzer als eine Stunde) ein Produktionszustand mit den neuesten erfolgreichen Erkenntnissen aus der Produktion und ohne Verschwendung erreicht. Durch die Erfahrungen und Erlebnisse im Ausgangszustand und im nachfolgenden Zukunftszustand sind bei den Kursteilnehmern eine Vielzahl von „Aha-Effekten“ zu erwarten, welche einen hohen Lernerfolg versprechen.

Zum besseren Verständnis wird für das Konzept die gesamte Ausstattung mit sämtlichem Equipment im Ausgangs- und Zukunftszustand in einem 3D-Konstruktionsprogramm skizziert. Abbildung 56 zeigt die beiden Zustände aus der Vogelperspektive bzw. im Grundriss. Konstruiert wird im Programm SketchUp. Zusätzlich dienen die Konstruktionen der besseren Leistungsbeschreibung aller speziellen Einrichtungsgegenstände in der späteren Ausschreibungsphase.

Der Ausgangszustand weist keine klare Struktur auf. Im geordneten Zukunftszustand hingegen entstehen ein Shopfloor-Management-Bereich, ein Lagerbereich, eine Montagezelle, eine Transportstraße, ein Kundenbereich und ein PPS-Bereich. Um

---

<sup>351</sup> Vgl. Steffen/Frye/Deuse (2013b), S. 235f.

den „future state“ zu erreichen, werden ausgehend vom „current state“ einige Ausstattungsgegenstände entfernt, getauscht oder ergänzt. Im Zukunftszustand scheidet unter anderem das Förderband aus, Druckluftschrauber werden durch elektrische Schrauber ersetzt und zusätzliche Transport- und Lagereinrichtungen erleichtern die Logistik.

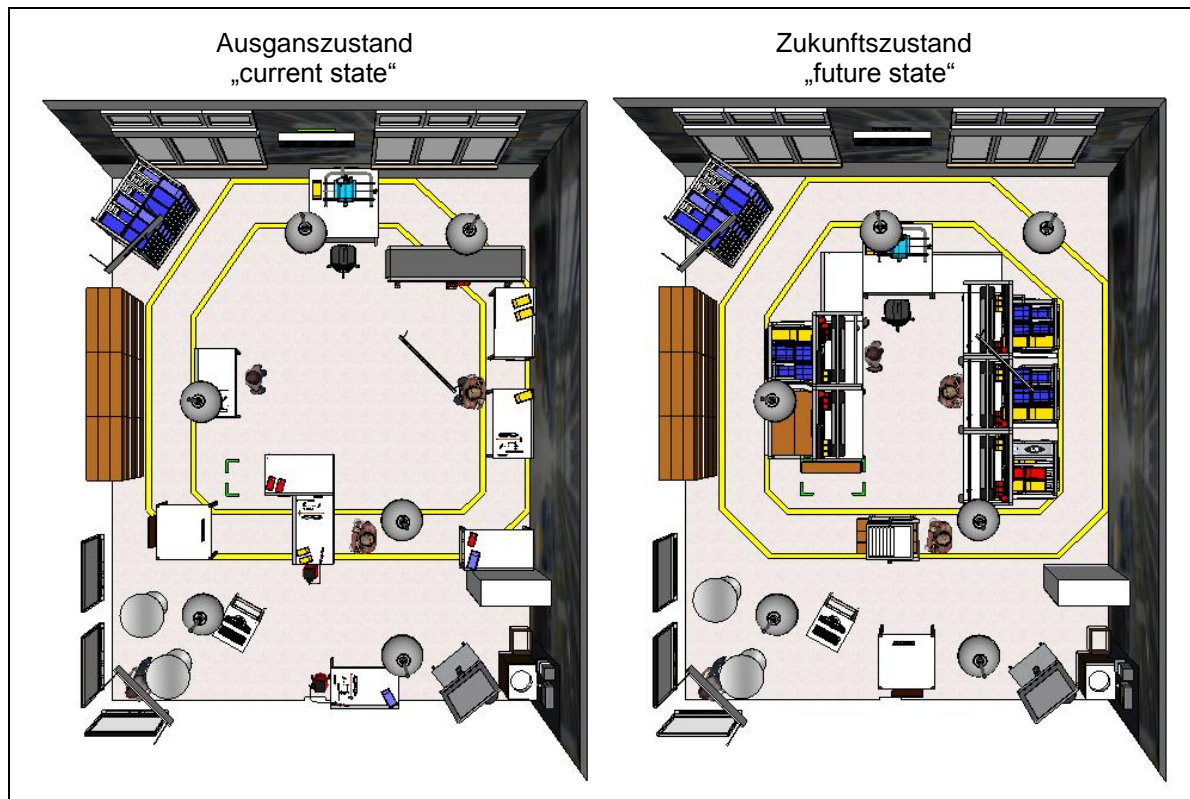


Abbildung 56: Ausstattung im Ausgangs- und Zukunftszustand

In den nachfolgenden Tabellen wird die benötigte Gesamtausstattung definiert, welche ein leeres „Klassenzimmer“ mit einer Fläche von 51,1 Quadratmetern optisch zur IBL-Lernfabrik werden lässt. Zur Abschätzung der Investitionssumme werden zugleich auch die Bruttopreise der einzelnen Positionen angegeben. Die Preise basieren auf den Angeboten der jeweiligen Hersteller bzw. auf Auspreisungen der Anbieter in Katalogen oder Webauftritten.

Die benötigte Ausstattung und das Equipment werden zur besseren Übersicht einer der folgenden sechs Kategorien zugewiesen:

- Mobiliar
- Energieverbraucher
- Visualisierungsinstrumente und Optik
- Messgeräte
- Sonstige Werkzeuge und Hilfsmittel
- Produkt und Zubehör

Für jede Kategorie wird eine eigene Tabelle erstellt, welche jeweils die Benennung des Ausstattungsgegenstandes, zugehörige Detailbeschreibungen, einen möglichen Anbieter und den Bruttopreis der Position enthält.

Tabelle 19 umfasst die erste Kategorie „Mobiliar“ mit sämtlichen größeren Einrichtungsgegenständen. Darunter fallen alle Arbeitsstationen, Regale, Transporteinrichtungen und sonstige bauliche Veränderungsmaßnahmen. Speziell zu fertigende Positionen werden im Anhang A.3 genauer spezifiziert. Das Mobiliar verursacht Kosten von insgesamt 30.090,33 Euro.

Benennung	Details	Möglicher Anbieter	Bruttopreis
4 Montagestationen hoch	auf Rollen mit Aufbau inkl. Federzug und Werkzeughalterungen [Anhang A.3 – Position 1]	Longhi GmbH.&Co.	8.132,80 €
1 Verpackungsstation	Montagestation auf Rollen mit Aufbau ohne Federzug und Werkzeughalterungen [Anhang A.3 – Position 2]	Longhi GmbH.&Co.	1.739,74 €
2 Montagestationen tief	auf Rollen für U-Zellenformation ohne oberen Aufbau (1000x600mm), [Anhang A.3 – Position 3]	Longhi GmbH.&Co.	1.512,71 €
1 Montagestation tief und breit	Auf Rollen ohne oberen Aufbau (1000x1000mm), Höhenverstellung möglich [Anhang A.3 – Position 6]	Longhi GmbH.&Co.	2.470,86 €
5 Materialbereitstellungsregale	Auf Rollen für liniennahe Supermärkte im „future state“ [Anhang A.3 – Position 7,8,9,10]	Longhi GmbH.&Co.	10.322,08 €
1 Zentrallager	Regal auf Rollen für ein Zentrallager; auch mit Kanban-Steuerung möglich; [Anhang A.3 – Position 11]	Longhi GmbH.&Co.	2.073,22 €
1 Transportwagen	Materialbereitstellungswagen für Milk-Run [Anhang A.3 – Position 13]	Longhi GmbH.&Co.	1.886,36 €
1 Unterwagen	Unterwagen für PC-Arbeitsstation [Anhang A.3 – Position 14]	Longhi GmbH.&Co.	845,09 €
1 Arbeitsdrehstuhl	Typenbezeichnung: Dynamik PU High	Bosch Rexroth	338,88 €
6 Industrielampen	von der Decke hängende Industrielampen mit großem Schirm – IKEA Hektar Hängeleuchte Ø 47cm	IKEA Möbelvertrieb OHG	299,94 €
3 Stehtische	Typenbezeichnung: Miadomodo BST02 Bistrotisch Aluminium höhenverstellbar	Amazon EU S.a.r.l.	59,85 €
Industrieboden	PVC-Bodenbelag in Industrieoptik für 51,1m <sup>2</sup>	Baumarkt	408,80 €
1 Tisch + 1 Stuhl	Arbeitsplatz für den Kunden	Bereits vorhanden	0,00 €
1 Schrank	Schrank zum Verstauen von Messgeräten, nicht benötigtem Werkzeug, etc. (abschließbar)	Bereits vorhanden	0,00 €
<b>Zwischensumme Mobiliar:</b>			<b>30.090,33 €</b>

Tabelle 19: Ausstattung Lernfabrik – Mobiliar

Da einer der drei Schwerpunkte der IBL-Lernfabrik den Bereich Energieeffizienz abdeckt, sind unterschiedliche Energieverbraucher in der Lernfabrik unerlässlich. Zusätzlich zur Beleuchtung und sonstiger kleiner Energieverbraucher sind die in Tabelle 20 aufgelisteten energetischen Verbraucher für den Lehrbetrieb erforderlich. Damit werden die Energieformen Wärme, Kälte, Strom und Druckluft abgedeckt. Endenergieträger, wie z.B. Gas oder Dampf, können aufgrund technischer, wirtschaftlicher und sicherheitsrelevanter Bedenken nicht eingesetzt werden. In einer

zusätzlichen Simulation können diese und weitere Energieträger jedoch problemlos in das Konzept eingebunden werden.

Benennung	Details	Möglicher Anbieter	Bruttopreis
4 elektrische Geradschrauber	Elektroschrauber in gerader Ausführung inklusive Netzteil	Proxxon GmbH	392,80 €
2 Druckluft-Geradschrauber	Drehschrauber mit Druckluft betrieben	DF Druckluft-Fachhandel GmbH	200,00 €
1 oder 2 Kompressoren	2 Stück mit 25 Liter Kessel oder 1 bis 2 Stück mit 50 Liter Kessel (größere Kessel von Vorteil)	Baumarkt	178,00 €
1 Personal Computer PC	Liegendes Gehäuse erforderlich, max. Monitorbreite 50cm, Keyboard, Maus, USB-Ports, Card-Reader	EDV Abteilung der TU Graz	500,00 €
1 Raumklimagerät	Monoblockgerät, z.B. Suntec Progress 12.0 plus (mobiles Klimagerät für 120m <sup>3</sup> )	Elektrofachgeschäft	370,00 €
1 Wärmeofen	Standard-Backofen bis 250 bzw. 300°C, Isolierung von Schlosserei separat anfertigen lassen	Elektrofachgeschäft	200,00 €
1 Förderband	2 Meter lang, ca. 0,5m breit; elektrisch mit Steuerung und Frequenzumrichter [Anhang A.3 – Position 12]	Syskomp GmbH	1.960,00 €
1 Projektor / Beamer	Um Literatur für Lehrinhalte projizieren zu können	Bereits vorhanden	0,00 €
1 Graviermaschine	Anwendung für Customizing-Zwecke	Bereits vorhanden	0,00 €
<b>Zwischensumme Energieverbraucher:</b>			<b>3.800,80 €</b>

Tabelle 20: Ausstattung Lernfabrik – Energieverbraucher

Die angeführten Energieverbraucher in Tabelle 20 ergeben einen Kostenanteil von 3.800,80 Euro. Zukünftig können, sofern eine Integration in das Konzept möglich ist, weitere Energieverbraucher, wie z.B. Kühlgeräte, Gebläse, Lüftungen, Ventilatoren, Pumpen, Pressen oder 3D-Drucker, eingesetzt werden.

Benennung	Details	Möglicher Anbieter	Bruttopreis
4 Drehmomentschlüssel	Für ein Anzugsdrehmoment zwischen 2-25Nm (M4 bis M8 Schrauben)	Amazon EU S.a.r.l.	151,40 €
5 Stoppuhren	Standard-Stoppuhr für Zeitmessungen	Conrad Electronic GmbH & Co KG	30,00 €
5 Schrittzähler	Standard-Schrittzähler zur Messung der Wege	Amazon EU S.a.r.l.	30,00 €
1 Multifunktions-messgerät	Testo 435-1 Messgerät inkl. Spezialsonde (Raumluftqualität, CO <sub>2</sub> , Feuchte, Temperatur, Druck)	Testo GmbH	1.335,00 €
1 Beleuchtungs-messgerät	Testo 540 Lux-Meter, Helligkeitsbereich 0-99999 lx	Conrad Electronic GmbH & Co KG	134,95 €
1 Wärmebildkamera	Flir i3, -20 bis +250 °C, 60 x 60 Pixel Bolometermatrix	Conrad Electronic GmbH & Co KG	889,00 €
1 Infrarot-Thermometer	Voltcraft IR 500-10S, Optik 10:1, -50 bis +500°C	Conrad Electronic GmbH & Co KG	49,95 €
1 Leckagesuchgerät	Leckagesuchgerät LD 300, Ultraschalldetektor zur Erkennung kleinster Luftdruckleckagen	DF Druckluft-Fachhandel GmbH	1.245,81 €
8 Energiemessgeräte	Voltcraft Energy Logger 4000 – Energiekosten-Messgerät Datenlogger mit SD-Karten-Slot	Conrad Electronic GmbH & Co KG	439,60 €
1 Schallpegel-Messgerät	Messung Schalleistung/Schalldruckpegel	Bereits vorhanden	0,00 €
<b>Zwischensumme Messgeräte:</b>			<b>4.305,71 €</b>

Tabelle 21: Ausstattung Lernfabrik – Messgeräte

Um physikalische Größen erfassen und bewerten zu können, sind in der Lernfabrik eine Vielzahl von Messgeräten nötig. Tabelle 21 beinhaltet alle Gerätschaften, die erforderlich sind, um Energien, Zeiten, Wege und qualitative Eigenschaften messen und beurteilen zu können. Die mit 4.305,71 Euro teuren Messgeräte finden in der Forschung und in zukünftigen Bachelor- und Masterarbeiten ihren sekundären Verwendungszweck.

Visuelle Hilfsmittel unterstützen die teilnehmenden Personen im Lernprozess. Optische Highlights verleihen der Lernfabrik ein industrielles Flair. Welche Hilfsmittel und welche Highlights das vorliegende Konzept beinhaltet, zeigt Tabelle 22 in der Kategorie „Visualisierungsinstrumente und Optik“. Jene Boards, welche den Vermerk „Selbst anfertigen“ tragen, könnten zwar für teures Geld als Fertigprodukt gekauft werden, sind jedoch angesichts der einfachen Gestaltung um einige hundert Euro günstiger selbst (bzw. durch Vergabe) individuell zu fertigen. Der Gesamtpreis für alle Positionen in dieser Kategorie beläuft sich auf 2.318,70 Euro.

Benennung	Details	Möglicher Anbieter	Bruttopreis
1 Kanban-Board	Lieferanten-Kanban-Board für Logistik	Selbst anfertigen	150,00 €
Kanbans	Kärtchen für Kanban-Steuerung	Selbst anfertigen	50,00 €
1 Heijunka-Board	Board für 3 Produktvarianten; Karten in Hochformat	Selbst anfertigen	100,00 €
1 Flip-Chart	Flipchart Vario II – stufenlos höhenverstellbar	P-System GmbH	100,00 €
2 White-Boards	Whiteboard MAUL 2000 – 900x600mm	SSI Schäfer Shop GmbH	150,00 €
25 Clipboards	20 Clipboards A4 und 5 Clipboards A3	SSI Schäfer Shop GmbH	40,00 €
Kennzeichnungsschilder	3 mal 1200x300mm; A4 Schilder für Arbeitsplätze	Sell2You GmbH	141,00 €
3 Bodenmarkierungsbänder	2 Bänder in gelb (Transportwege), 1 Band grün (Abstellflächen)	SSI Schäfer Shop GmbH	62,70 €
6 Andon-Lichter	ECO Modul 40 bzw. 70mm, rotes Blinklicht – grünes Dauerlicht	M.Schurrer & Co GmbH	545,00 €
Schrittmacher	LED-Counter zur optischen Anzeige der Taktzeit	Praeniteo GmbH	400,00 €
Wandgestaltung	Tapezierung der Wand mit Fabriksbild	GunstigeFototapete.de	580,00 €
Information-Boards	Zur Beschreibung aller Infos rund um die Module	Bereits vorhanden	0,00 €
6 Arbeitsplatzbeschreibungen	Alle Arbeitsinhalte ausführlich und verständlich erklärt (wenn möglich auf zwei A4-Seiten)	Selbst anfertigen	0,00 €
<b>Zwischensumme Visualisierungsinstrumente und Optik:</b>			<b>2.318,70 €</b>

Tabelle 22: Ausstattung Lernfabrik – Visualisierungsinstrumente und Optik

Jene erforderliche Ausstattung bzw. jenes Equipment, welches nicht einer der zuvor beschriebenen Kategorien beigelegt werden kann, findet sich in der Kategorie „Sonstige Werkzeuge und Hilfsmittel“ wieder. Tabelle 23 listet die Positionen dieser Kategorie auf, die mit 939,20 Euro den geringsten Kostenanteil verursacht, jedoch mit den Behältern, Handwerkzeugen, Zubehörteilen und der Software wesentliche Bestandteile der Lernfabrik enthält.

Benennung	Details	Möglicher Anbieter	Bruttopreis
Behälter und Kästen	60 bis 70 Behälter (Eurokästen, Lager-Fix-Kästen) unterschiedlicher Größen	SSI Schäfer Shop GmbH	500,00 €
Handwerkzeuge	Schraubenzieher und -schlüssel, Imbusschlüssel, Gummihammer, Zangen, Durchschlag (auch zuviel Werkzeug zum Aussortieren)	Baumarkt	200,00 €
Druckluftzubehör	Schläuche, Kupplungen, 2 Pistolen	Baumarkt	200,00 €
Elektroanschlüsse	Neue Anschlusskabel und Steckdosen	Baumarkt	39,20 €
Software: Plant Simulation	Software für die Layout-Planungen	Vertreter der Software	0,00 €
<b>Zwischensumme Sonstige Werkzeuge und Hilfsmittel:</b>			<b>939,20 €</b>

Tabelle 23: Ausstattung Lernfabrik – Sonstige Werkzeuge und Hilfsmittel

Das zu montierende Produkt zählt auch zum benötigten Equipment und erhält durch die vielen Änderungsmaßnahmen bei der Umgestaltung zum TUG-Tretroller eine eigene Kategorie „Produkt und Zubehör“. Circa 50 Stück werden in der Lernfabrik für die Montage der Tretroller benötigt. Mit den zusätzlichen 75 Stück für den geplanten internen Verkauf ergibt sich eine Gesamtstückzahl von 125 Tretrollern. Die Designänderungen am Originalprodukt (Tretroller) wurden bereits im vorangegangenen Kapitel ausführlich erläutert. An der Verpackungsstation werden zu Beginn die Originalverpackungen verwendet. Bei Verschleißerscheinungen müssen in weiterer Folge Kartons mit den Maßen der Originalverpackung nachgeordert werden (Richtpreis 1 Euro pro Karton). Der Preis für die Produkte samt allen Designänderungen beträgt 10.739,80 Euro. Die genaue Auflistung aller Positionen dieser Kategorie zeigt Tabelle 24.

Benennung	Details	Möglicher Anbieter	Bruttopreis
125 Produkte	Hudora Bold Wheel Cushion (grün), ca. 50 Stück für die Lernfabrik und 75 Stück für den Verkauf	Hudora GmbH	8.674,50 €
125 „Strippen“	Entfernung der Aufkleber durch den Hersteller	Hudora GmbH	750,00 €
125 Paar Räder	Wechsel der Räder (anderes Design) - Sonderpreis	Hudora GmbH	525,00 €
125 Griptape	Rutschfestes Griptape mit „TU Graz“ Aufdruck	Havoc Distribution GmbH	591,30 €
150 Aufkleber	Aufkleber „Mobility&Production“ und „Logo Lernfabrik“	Care Public Relations GmbH	199,00 €
125 Verpackungen	Verwendung der Originalverpackung (Karton)	Hudora GmbH	0,00 €
<b>Zwischensumme Produkt und Zubehör:</b>			<b>10.739,80 €</b>

Tabelle 24: Ausstattung Lernfabrik – Produkt und Zubehör

Tabelle 25 enthält eine Auflistung aller Zwischensummen aus den einzelnen Kategorien. Für die gesamte erforderliche Ausstattung und das Equipment wird eine Investitionssumme von 52.194,54 Euro benötigt. Das Mobiliar und das zu montierende Produkt inklusivem Zubehör stellen mit mehr als drei Viertel der gesamten Investitionssumme die beiden kostenintensivsten Kategorien dar. Die



Anschaffung der teuren Messgeräte wird durch ihren sekundären Verwendungszweck gerechtfertigt. Die komplette Finanzierung erfolgt durch das IBL-Institut und speziell für die Lernfabrik zugesagte Förderungen.

	Benennung	Bruttopreis
	Zwischensumme Mobiliar	30.090,33 €
	Zwischensumme Energieverbraucher	3.800,80 €
	Zwischensumme Messgeräte	4.305,71 €
	Zwischensumme Visualisierungsinstrumente und Optik	2.318,70 €
	Zwischensumme Sonstige Werkzeuge und Hilfsmittel	939,20 €
	Zwischensumme Produkt und Zubehör	10.739,80 €
	<b>Gesamte Investitionssumme:</b>	<b>52.194,54 €</b>

Tabelle 25: Investitionssumme IBL Lernfabrik

Abbildung 57 zeigt die gesamte Ausstattung im Ausgangszustand in dreidimensionaler Darstellung. In der Abbildung ist im vorderen linken Bereich der Shopfloor-Management-Bereich, in der hinteren linken Ecke der Lagerbereich und im restlichen Raum verstreut der nicht optimierte Montagebereich ersichtlich. Die Arbeitsstationen besitzen keinen funktionalen Aufbau, es fehlen geordnete logistische Abläufe, es wird zu viel oder unnötige Energie verbraucht und ein Visual Management ist nicht vorhanden. Die passenden Werkzeuge und Bauteile müssen von den teilnehmenden Personen erst gesucht und aussortiert werden.

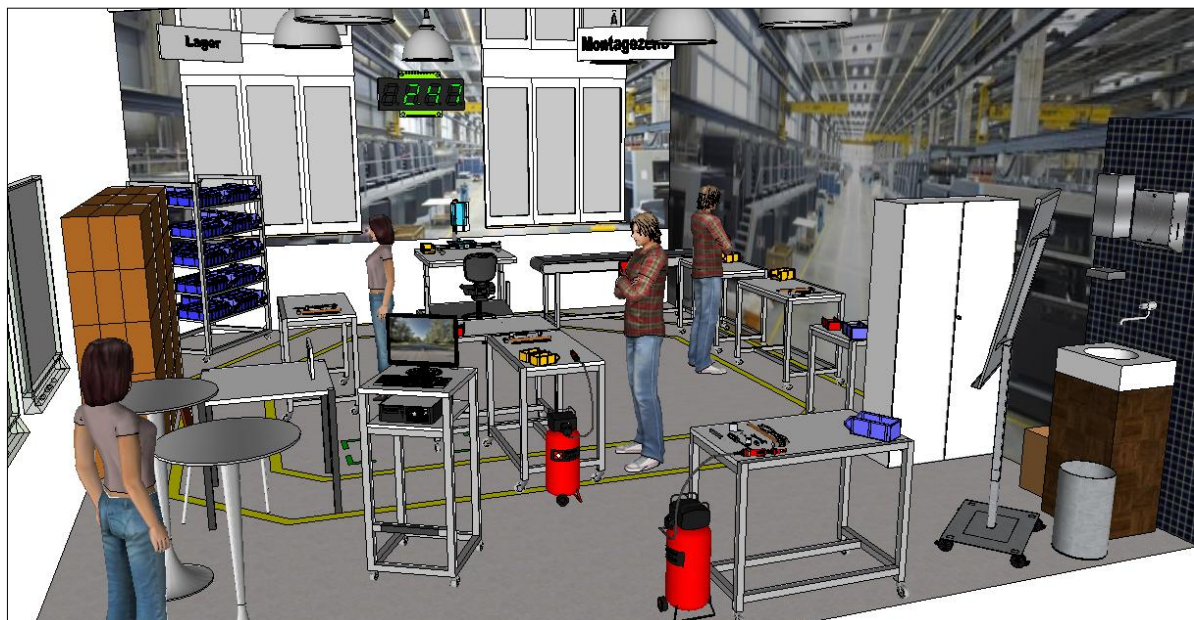


Abbildung 57: 3D-Darstellung der Ausstattung im Ausgangszustand

Genau das Gegenteil findet sich im Zukunftszustand wieder, der in Abbildung 58 zum Vergleich auch in dreidimensionaler Darstellung abgebildet ist. Ein Aufbau über den Arbeitsplätzen sorgt für eine Stromversorgung, eine Unterbringung von visuellen



Hilfsmitteln (Andon-Lichter, Arbeitsplatzbeschreibungen, Kennzeichnungen) und eine Aufnahme von diversen aussortierten Werkzeugen. Materialbereitstellungsregale hinter den Arbeitsplätzen ermöglichen eine optimale Bereitstellung der Bauteile. Alle Transporttätigkeiten erfolgen mit Hilfe eines eigens entwickelten Materialwagens.

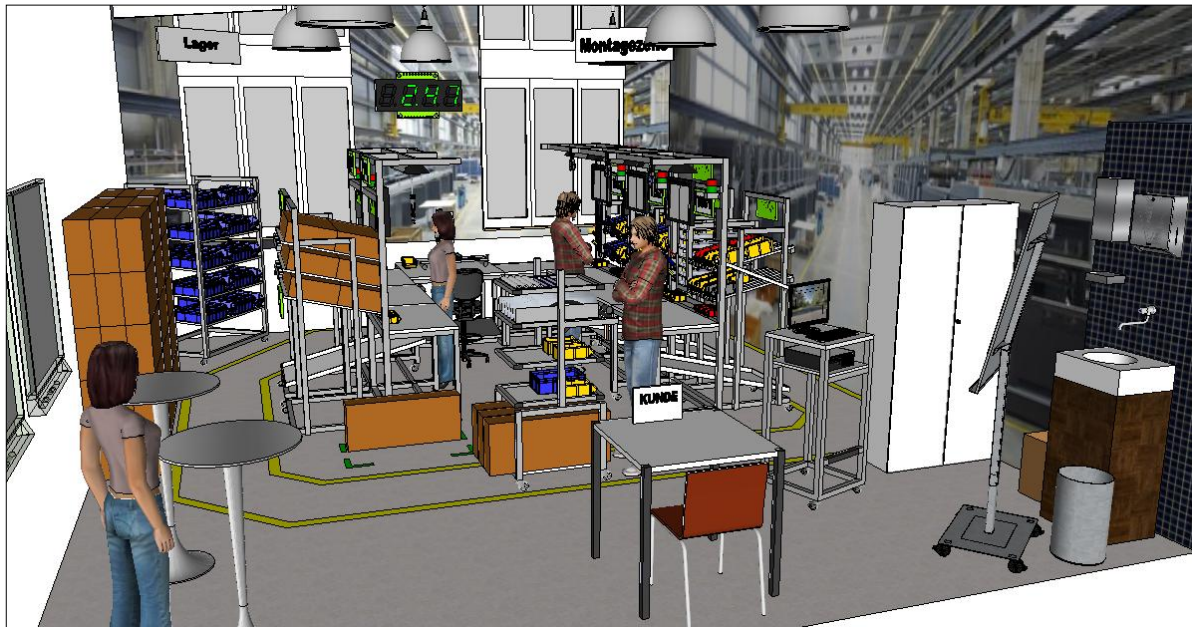


Abbildung 58: 3D-Darstellung der Ausstattung im Zukunftszustand

#### 5.1.4 Didaktisches Konzept und methodische Vorgehensweise

Ein Gesamtkonzept soll auch eine Antwort darauf liefern, wie der Lehr-/Lernprozess in der Lernfabrik gestaltet ist. Neben den Schwerpunkten wurden in Kapitel 5.1.1 bereits die einzelnen Lehrinhalte in Module aufgeteilt. In diesem Unterkapitel werden das didaktische Konzept und die methodische Vorgehensweise in den einzelnen Modulen erläutert. Die Inhalte und Aufgabenstellungen der Module bauen teilweise aufeinander auf. Sollten die Module einzeln durchgemacht werden, ohne Wissen aus dem Vorgängermodul, müssen die Ergebnisse aus dem Vorgängermodul den teilnehmenden Personen zur Verfügung gestellt werden. Bei den Erläuterungen werden folgende Abkürzungen verwendet:

- Teilnehmende Personen (TN)
- Teilnehmer-Kleingruppe mit ca. vier Personen (TNKG)
- Kursleitende Person (KL)

In jedem Modul werden die einzelnen Inhalte samt Lernziel, die zugehörige Methodik und die verwendeten Medien beschrieben. Zu Beginn jedes Moduls werden die TN in kurzen theoretischen Einheiten mit der Thematik vertraut gemacht, indem die KL wichtige Inhalte mit audio-visueller Unterstützung frontal vorträgt. Aufgrund der

engen Platzverhältnisse können je Kurs maximal 16 TN in der Lernfabrik an der Aus- bzw. Weiterbildung teilnehmen.

Es liegt im Ermessen der KL, ob die Montage der Tretrroller in der Lernfabrik durch eine TNKG oder durch ein Hilfspersonal erfolgt. In kürzeren Einheiten empfiehlt sich die Montage durch gelernte Hilfskräfte, bei längeren Einheiten kann immer jeweils eine TNKG die Montage durchführen.

In einigen Modulen ist es allerdings für den Lernerfolg äußerst wichtig, dass die TN selbst die Montagetätigkeiten übernehmen. Dabei ist zu beachten, dass die TN vor der selbstständigen Montage zunächst eine Einschulung und eine Sicherheitsunterweisung durch die KL erhalten müssen.

### **Modul 1: Ergonomie und Umwelteinflüsse auf Arbeitsplätze**

Zusammen mit einer 30-minütigen Theorieeinheit zu Beginn nimmt dieses Modul insgesamt 120 Minuten an Zeit in Anspruch. Das Modul ist in zwei Teile aufgeteilt. Der erste Teil behandelt in 45 Minuten die ergonomische Gestaltung eines Arbeitsplatzes mit dem Ziel, dass die TN einen Arbeitsplatz analysieren und ergonomisch optimal neu gestalten können. Dazu bezieht jede TNKG einen Arbeitsplatz und in einer gemeinsamen Diskussion wird der Arbeitsplatz zunächst hinsichtlich ergonomischer Gestaltung analysiert. Nach zehn Minuten unterstützt die KL die TNKG mit einer Prüfliste. Diese soll den TN helfen den Arbeitsplatz noch genauer zu analysieren. Dabei sollen die Teilnehmer auf anthropometrische (Körpermaße, Reichweiten), arbeitsphysiologische (Kräfte), bewegungstechnische, informationstechnische als auch sicherheitstechnische Gesichtspunkte eingehen. Im Anschluss daran definiert jede TNKG den Soll-Arbeitsplatz.

Im zweiten Teil dieses Moduls werden in einer 45-minütigen Einheit die Umwelteinflüsse auf Arbeitsplätze untersucht. Das Lernziel für die TN besteht darin, die störenden Einflussfaktoren der Umwelt auf den Arbeitsplatz zu erkennen und Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Die TNKG analysiert in diesem zweiten Teil gemeinsam die physikalischen und chemischen Einflüsse aus der Umgebung des zuvor zugewiesenen Arbeitsplatzes. Da in der Lernfabrik nicht alle verschiedenen Arten an Umgebungseinflüssen vorzufinden sind, wird dieser Lerninhalt zusätzlich mit Fallbeispielen unterstützt. Die KL teilt nach 15-minütiger Analyse des Arbeitsplatzes hinsichtlich Umgebungseinflüsse in der Lernfabrik der TNKG ergänzendes Fallmaterial aus. Die TNKG ergänzt ihre Analyse um Erkenntnisse aus dem Fallbeispiel und präsentiert anschließend ihre Ergebnisse zusammen mit den Ergebnissen aus dem Teil "Ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes" kurz in einer 5-minütigen Präsentation vor allen Teilnehmern.

## **Modul 2: Bestimmung von Prozess- und Zeitdaten**

Modul 2 ist eine Lehreinheit über geplante 245 Minuten (40 Minuten Theorie), gesplittet in fünf Aufgabenstellungen für die TN. Die erste Aufgabenstellung befasst sich in einer 45-minütigen Einheit mit der Analyse des Bewegungsablaufs (Therbligs) und der Ablauf- bzw. Zeitarten. Die TN können nach Erfüllung der Aufgabenstellung Prozesse hinsichtlich des Bewegungsablaufs analysieren und Ablaufarten/Zeitarten unterscheiden. Die TNKG bekommt von der KL einen Arbeitsplatz zugewiesen. Die TN können mittels einer Arbeitsplatzbeschreibung den Arbeitsablauf nachvollziehen, ausführen und in Ablaufabschnitte gliedern. In einem weiteren Schritt analysieren und erfassen die TN schriftlich die einzelnen Bewegungsabläufe (17 Therbligs, 6 Wesentliche) und ordnen diesen die Ablaufarten (Zeitarten) bezogen auf Mensch, Betriebsmittel oder Arbeitsgegenstand zu. Anschließend erfolgt unter den TN ein Austausch untereinander in der TNKG.

Im zweiten Aufgabenteil beschäftigen sich die TN in einer halbstündigen Einheit mit dem MTM- und MOST-Verfahren aus der Reihe „Systeme vorbestimmter Zeiten“. Im Anschluss an diese Einheit sind die TN in der Lage die gängigsten Verfahren zur Bestimmung von Soll-Zeiten aus dem Bereich „System vorbestimmter Zeiten“ anzuwenden. Die TN erhalten von der KL sogenannte Bewegungszeittabellen des MTM-Grundverfahrens ausgehändigt und ermitteln mit diesen die Normzeitwerte in TMUs. Dabei hat jede teilnehmende Person in der TNKG einen unterschiedlichen Ablaufabschnitt (mit mehreren Bewegungsabläufen) am zugewiesenen Arbeitsplatz zu untersuchen. Für aufwendigere Ablaufabschnitte können die TN auch das MOST-Verfahren anwenden.

In der dritten Aufgabenstellung des zweiten Moduls haben die TN 20 Minuten Zeit, sich mit Vorgabezeiten, Auftragszeiten und Belegungszeiten auseinanderzusetzen. Im Anschluss an diese kurze Einheit sollen die TN in der Lage sein, selbstständig die Vorgabezeiten für bestimmte Arbeitsaufgaben zu bestimmen. Aufbauend auf die Analyse des Bewegungsablaufes und die Ermittlung der Soll-Zeiten mittels MTM-Verfahren bestimmen die TN die Vorgabezeit (Auftragszeit und Belegungszeit) ihrer zuvor untersuchten Ablaufabschnitte. Zuschläge für Erholungs- und Verteilzeiten werden von der KL vorgegeben. Im Anschluss daran fügt die TNKG ihre Ergebnisse zusammen und erhält als neues Ergebnis die Vorgabezeit für den gesamten Arbeitsplatz.

Der vierte Teil der Aufgabenstellung widmet sich 80 Minuten lang der Zeitaufnahme und der Leistungsgradbeurteilung. Die TN sollen nach den 80 Minuten ohne fremde Hilfe eine Zeitaufnahme durchführen und eine Leistungsgradbeurteilung abgeben können. Eine Stoppuhr und ein Zeitaufnahmebogen (Eigener oder von REFA Z2)

werden von der KL zur Verfügung gestellt. Die TNKG bestimmt aus ihrer Gruppe zunächst eine ausführende Person (Monteur) und der Rest der TNKG positioniert sich so um den Arbeitsplatz, dass jeder einen guten Blick auf alle Montagetätigkeiten hat. Geeignete Ablaufabschnitte und passende Messpunkte werden von allen TN der TNKG definiert. Eine teilnehmende Person aus der TNKG ist die ausführende Person (Monteur), eine andere teilnehmende Person ist der Beobachter und misst die Ist-Zeiten der einzelnen Ablaufabschnitte für mehrere Zyklen mit Hilfe der Stoppuhr (z.B. 15 Zyklen). Danach wechseln die TN eine Position weiter, damit jede Person der TNKG einmal die Position des Monteurs und einmal die Position des Beobachters einnimmt. Schlussendlich müssen alle TN einen von ihnen selbst ausgefüllten Zeitaufnahmebogen vor sich haben. Die beobachtende Person nimmt während der Zeitaufnahme auch zugleich eine Leistungsgradbeurteilung vor. Die TN vergleichen ihre Ergebnisse untereinander und besprechen diese mit der KL.

Der dritte Aufgabenteil befasst sich mit der Ermittlung der Vorgabezeit aus den Soll-Zeiten. In der fünften und somit letzten Aufgabenstellung dieses Moduls erlernen die TN in einer halbstündigen Einheit, wie sie die zuvor erhobenen Zeitaufnahmen statistisch mit dem Streuzahlverfahren und dem Variationszahlverfahren auswerten und die Vorgabezeit aus den Ist-Zeiten ermitteln können. Die KL stellt den TN eine Leitertafel für das Streuzahlverfahren und das Variationszahlverfahren zur Verfügung. Die TN sollen auf Basis ihrer Zeitaufnahmebögen überprüfen, ob der erreichte Vertrauensbereich der Zeitaufnahme "Epsilon" kleiner als das erforderliche Streumaß von 5 Prozent ist. Danach ist von den TN über die Grundzeit plus Zuschläge (Verteilzeit, Erholungszeit, etc. werden von der KL wieder vorgegeben), die Vorgabezeit zu ermitteln. Diese soll mit den Ergebnissen aus den „Systemen vorbestimmter Zeiten“ aus Aufgabenteil 3 verglichen werden. Bei größeren Abweichungen sind von der TNKG mögliche Ursachen für die Unterschiede zu erforschen.

### **Modul 3: Fehlervermeidung und Visuelles Management**

In diesem Modul lernen die TN in einer halben Stunde Theorie und zwei Stunden Praxis die Fehlervermeidung in Systemen und das Visuelle Management kennen. Das Ziel der ersten 60-minütigen praktischen Einheit ist es, dass die TN eine Fehleranalyse durchführen und mittels Poka Yoke ein Fehlervermeidungs- bzw. Fehlerentdeckungssystem anwenden können. Die TNKG analysiert mit Hilfe der FMEA ausgewählte Bauteile und ausgewählte Prozesse in der Lernfabrik (FMEA hier im Nachhinein angewendet). Die Analyse der Fehler und deren Ursachenfindung erfolgt mittels der 5W, des Ishikawa-Diagramms oder vergleichbaren Verfahren. Um die Fehlermöglichkeiten auszuschließen, bedienen sich die TN des Poka-Yoke-

Systems und suchen Gestaltungsansätze (z.B. mittels Kreativitätstechniken), um die Risikoprioritätszahl gegen Null laufen zu lassen.

Die zweite Praxisstunde in Modul 3 beschäftigt sich mit dem Visuellen Management, im Speziellen mit der 5S-Methode. Die TN eignen sich Kenntnisse der 5S-Methode an und können dadurch einen Arbeitsplatz effizienter gestalten und organisieren. Am Anfang finden die TN in der TNKG einen von der KL zugewiesenen verschmutzten, unaufgeräumten und überfüllten Arbeitsplatz vor. Mit dieser Ausgangssituation startet die TNKG in die 1. Runde des Montageprozesses und montiert die einzelnen Bauteile laut Arbeitsplatzbeschreibung. Eine teilnehmende Person misst dabei mit einer Stoppuhr die von einer anderen teilnehmenden Person benötigte Durchlaufzeit für die Montage und notiert diese. Jede Person der TNKG fungiert einmal als Zeitnehmer und einmal als Monteur. Anschließend wird die 5S-Methode angewendet. Es wird alles gereinigt und nicht benötigtes Werkzeug aussortiert. Werkzeug-Schablonen aus buntem Papier werden angefertigt und je nach Häufigkeit griffbereit plaziert. Danach wird eine 2. Runde im Montageprozess durchlaufen und die Ergebnisse mit jenen aus der 1. Runde verglichen.

#### **Modul 4: Lean Denken – Lean Handeln**

Das Thema „Lean Manufacturing“ wird für die TN in sieben Einheiten aufgeteilt und dauert insgesamt fast sieben Stunden. Es besteht des Weiteren die Möglichkeit das Modul um eine zweistündige Einheit zu verlängern. Nach einer 45-minütigen Theorieeinheit zu Beginn lernen die TN in der ersten 20-minütigen Praxiseinheit die wesentlichen Hemmfaktoren (Muda, Muri, Mura) in einem Produktionsprozess kennen. Zunächst diskutieren alle TN gemeinsam über mögliche Hemmnisse in technischen Systemen. Moderiert wird die Diskussion durch die KL, die die richtig genannten Faktoren auf einem Flip-Chart notiert und diese kurz mit den TN bespricht. Grundsätzlich wird jedoch zu jedem genannten Faktor, egal ob richtig oder falsch, eine Diskussion durch die KL eingeleitet. Nach gemeinsamer Erarbeitung der 3M und der 7 bzw. 10 Verschwendungsarten beendet die KL die Diskussion und es erfolgt eine Reflexion der Ergebnisse.

In der zweiten 90-minütigen Einheit werden die TN mit der Wertstromanalyse konfrontiert. Das Lernziel dieser Einheit besteht darin, dass die TN die Prozesse über die gesamte Wertschöpfungskette betrachten, den Wertstrom immer über die gesamte Leistungskette analysieren und nicht nur vereinzelte Bereiche betrachten. Die TN finden in der Lernfabrik einen Herstellprozess vor, der bereits die gesamte interne Wertschöpfungskette vom Lieferanten bis zum Kunden abbildet, jedoch von Verschwendung (weite Transportwege, überflüssige Bewegungen, lange Wartezeiten, hohe Bestände, etc.), Unzweckmäßigkeit und Ungleichmäßigkeit gekenn-

zeichnet ist. Jede TNKG besetzt eine Station (Montagearbeitsplätze, interne Logistik, Produktionssteuerung, Kunde und Lieferant) und es wird in der 1. Runde versucht, so viele Tretroller wie möglich innerhalb eines Zeitrahmens von 30 Minuten herzustellen. Eine teilnehmende Person oder die KL nimmt dabei eine Zeitmessung vor. Anschließend nimmt jede TNKG, in Zusammenarbeit und durch Unterstützung der KL, den Wertstrom in der Lernfabrik auf und analysiert diesen in Bezug auf seine Schwachstellen.

Vor der dritten Einheit in diesem Modul hält die KL erneut eine 20-minütige Theorieeinheit zu bewährten Gestaltungsmaßnahmen (Flussprinzip, Kanban-Steuerung, 5S, etc.) ab, welche den TN bei der Entwicklung eines neuen Soll-Wertstroms helfen soll. In der dritten Einheit ist das Lernziel für die TN, dass sie aufbauend auf die Wertstromanalyse einen neuen verbesserten Soll-Wertstrom selbst designen können. Basierend auf den Ergebnissen der Wertstromanalyse aus der zweiten Einheit und den möglichen Gestaltungsmaßnahmen entwickelt jede TNKG in 60 Minuten einen Soll-Wertstrom und präsentiert diesen anschließend vor allen TN.

In Einheit 4 des Lean-Moduls sollen die TN in einer halbstündigen Einheit erlernen, wie sie einen kontinuierlichen Fluss in einer Produktion umsetzen können. Gleichzeitig soll den TN die Bedeutung einer Nivellierung und Austaktung von Produktionslinien bewusst werden. Die TN verketteten gemeinsam die einzelnen Arbeitsplätze und bekommen von der KL Einblicke in die Nivellierung und Austaktung von Prozessen mit Hilfe des Heijunka-Boards. Ziel der Einheit ist es, einen ausbalancierten, kontinuierlichen Fluss zu erhalten, damit auch ein Ein-Stück-Fluss in einer U-Zelle realisiert werden kann.

In der 5. Einheit werden von der KL verschiedene Materialbereitstellungsprinzipien vorgestellt. Die TN sollen im Anschluss an diese 80-minütige Einheit in der Lage sein, eine Materialbereitstellung nach dem Push- und Pull-Prinzip unterscheiden zu können und Logistiksysteme mittels Kanban-Steuerung auszulegen. Die TN führen nach der Verkettung der Arbeitsplätze in der vorangegangenen Einheit eine Kanban-Steuerung ein. Alle dazu benötigten zusätzlichen Materialbereitstellungsregale werden aufgebaut und die Produktionssteuerung somit nach dem Pull-Prinzip entlastet. Jede TNKG besetzt wieder jeweils eine Station und es wird erneut eine halbe Stunde lang versucht so viele Tretroller wie möglich herzustellen. Eine teilnehmende Person bzw. die KL nimmt wiederum die Zeitmessung vor.

Die 6. Einheit vergleicht die Ergebnisse aus der 2. Einheit mit den Ergebnissen aus der 5. Einheit mit Hilfe von Schlüsselkennzahlen (KPI). Die TN sollen nach Absolvierung dieser 20-minütigen Einheit im Stande sein, geeignete Kennzahlen zum

Vergleich von Systemen und Prozessen heranzuziehen. Die Daten, die vor der Wertstromanalyse aufgenommen wurden und die Daten, die sich nach dem neuen Soll-Wertstrom (Einführung des Fluss- und Pull-Prinzips) ergeben, werden in der TNKG verglichen, in Kennzahlen ausgedrückt und besprochen. Geeignete Schlüsselkennzahlen werden zuvor gemeinsam mit allen TN diskutiert und definiert.

In der letzten Einheit des Moduls 4 wird Perfektion angestrebt und ein KVP erarbeitet. Allen TN soll die Wichtigkeit eines KVP bewusst werden. Der gesamte Ablauf dieses Moduls von der Wertstromanalyse bis zu den Kennzahlen kann nochmals in einem Schnelldurchlauf von den TN durchgespielt werden (Fluss-Prinzip und Kanban-Steuerung ist jetzt bereits eingeführt). Es genügt jedoch wenn die TN eine Verschwendung in diesem neuen System aufdecken können und sie somit den KVP anregen.

Die erweiterte zweistündige Variante sieht vor, dass nach jeder Verbesserungsmaßnahme (Fluss-Prinzip, Kanban-Steuerung, etc.) ein halbstündiger Produktionsprozess gestartet wird, um die Effekte jeder einzelnen Maßnahme separat mit Kennzahlen beurteilen zu können.

### **Modul 5: Nivellierung, Glättung und Austaktung**

Modul 5 wird in einem Zeitrahmen von 155 Minuten (30 Minuten Theorie zu Beginn) abgehalten und besteht aus zwei praktischen Aufgabenteilen. Im ersten Aufgabenteil wiederholen die TN zunächst die Inhalte der Zeitaufnahme und Leistungsgradbeurteilung und sind nach der 45-minütigen Einheit im Stande, eine Montagelinie gemäß ihren Stationen auszutakten. Dazu werden die Ergebnisse jeder TNKG aus der Zeitaufnahme und Leistungsgradbeurteilung (Modul 2) zusammengefügt, um den TN ein Gesamtzeitbild über alle Stationen zu verschaffen. Wurde Modul 2 zuvor nicht durchgeführt, erhalten die TN die Ergebnisse von der KL. Unter Beachtung der Vorrang- und Nebenbeziehungen soll jede TNKG die gesamte Montagelinie möglichst optimal austakten (Taktzeiten und Arbeitsstationszeiten ermitteln) und mögliche Veränderungen vornehmen.

Der zweite Aufgabenteil widmet sich 80 Minuten lang dem One-Piece-Flow und der Nivellierung von Produktionsprogrammen. Die TN sollen nach absolvierter Einheit fähig sein, Arbeitsstationen gemäß ihrem Arbeitsablauf in einem Fluss zu gestalten und auf Kundenwünsche durch Nivellierung des Herstellprozesses reagieren zu können. Einzelne Arbeitsstationen werden nach der Austaktung von den TN in ein fließendes Arbeitssystem übergeführt (z.B. U-Zelle). Nach der Austaktung ist auch ein One-Piece-Flow (Ein-Stück-Fluss) möglich und umsetzbar. Die Vorteile des One-Piece-Flow werden von der KL aufgezeigt und mit der Losgrößenfertigung verglichen. In einem kurzen Experiment werden die Unterschiede verdeutlicht. Dabei

wird von jeder teilnehmenden Person ein einfacher vierstufiger Produktionsprozess (ca. 10 Zyklen) einmal mittels Ein-Stück-Fluss und einmal mittels Losgrößenproduktion durchgeführt. Bei beiden Produktionsprozessen werden die Durchlaufzeiten gestoppt und anschließend gegenübergestellt. Mittels eines Heijunka-Boards erlernen die TN, wie man bei unregelmäßiger und heterogener Auftragsstruktur (Kundenschwankungen) das Herstellungsprogramm gestalten kann und wenden das Erlernte in einem Szenario direkt in der Lernfabrik an, um die Auswirkungen auf Zeiten und Bestände selbst zu erleben.

### **Modul 6: Material- und Informationsflussgestaltung**

In Modul 6 wird die Material- und Informationsflussgestaltung in 155 Minuten (20-minütige Theorieeinheit zu Beginn) thematisiert. Das Modul enthält zwei unterschiedliche Ausbildungseinheiten. In der ersten Einheit erlernen die TN in einem 90-minütigen Workshop, wie Materialflüsse erhoben und in verschiedenen Darstellungen abgebildet werden können. Die TN sollen außerdem die Wichtigkeit von Informationsflüssen erkennen und den Umgang mit den gängigsten Informations- und Kommunikationstechniken erlernen. Zuerst führt jede TNKG eine Fallstudie zur Erhebung des Materialflusses im betriebsexternen Bereich durch (für die Standortplanung). Im Anschluss daran erhebt die TNKG die Flussbeziehungen zwischen den verschiedenen Abteilungen im Betrieb selbst. Für die Fallstudie werden von der KL die notwendigen betrieblichen Unterlagen zur Verfügung gestellt. Anschließend wird der Materialfluss einer einzelnen Abteilung (die Montageabteilung der Lernfabrik, Ausgangszustand nicht optimal) durch Beobachtung der TNKG aufgenommen. Ebenso sollen die TN auf die parallel laufenden Informationsflüsse achten. Nach den Aufzeichnungen bildet jede TNKG den Materialfluss im betriebsexternen, betriebsinternen und abteilungsinternen Bereich mit Hilfe verschiedener Darstellungsmethoden ab (Kreisdiagramme, Sankeydiagramme, etc.).

In der zweiten 45-minütigen Ausbildungseinheit werden die aufgenommenen Materialflüsse von den TN analysiert und neue Strukturen geplant. Ziel dieser zweiten Einheit ist es, dass die TN die aufgenommenen Materialflüsse analysieren und in einer späteren Planungsphase optimieren können. Die TNKG analysiert ihre Diagramme aus der ersten Einheit, identifiziert Schwachstellen und ermittelt zugleich Verbesserungspotentiale. Daraufhin plant jede TNKG die neuen optimierten Materialflüsse und stellt diese in Diagrammform dar. Die KL hat darauf zu achten, dass die TNKG in der Optimierungsphase die Hilfswerkzeuge, wie zum Beispiel den Schmigalla-Algorithmus oder das Entscheidungsmodell nach Schmigalla, verwendet.



## **Modul 7: Betriebsstätten- und Layoutplanung**

Modul 7 befasst sich in einem annähernd vierstündigen Workshop mit der Fabrik- und Layoutplanung. Spezielle Themenbereiche werden auch in diesem Modul in einer jeweils eigenen Praxiseinheit behandelt. Insgesamt enthält das Modul vier praktische Einheiten und eine 45-minütige Theorieeinheit zu Beginn. In der ersten 50-minütigen Praxiseinheit lernen die TN, welche Kriterien bei der Standortwahl eines Betriebes relevant sind und wie sie einen geeigneten Standort finden können. Die TN sollen nach dieser Einheit fähig sein, eine Standortbewertung für einen Betrieb durchführen und einen geeigneten Standort auswählen zu können. Aufbauend auf den Ergebnissen der Fallstudie aus Modul 6 für den betriebsexternen Bereich und zusätzlicher Informationen aus der Fallstudien-Unterlage (diese enthält zusätzliche Informationen zu den Standorten), führt jede TNKG mittels einer Nutzwertanalyse eine Standortbewertung durch und wählt den Standort mit dem höchsten Nutzwert aus. Mit Hilfe des Materialflusses aus Modul 6 bestimmen die TN auch den "idealen" Standort nach Thompson, indem sie die "idealen" Koordinaten des Standorts errechnen. Nachfolgend sucht jede TNKG mit Hilfe der Koordinaten den Standort im Internet und präsentiert ihre Ergebnisse vor allen TN. Zusammen mit der KL erfolgt eine abschließende Reflexion der Ergebnisse.

In der 2. Einheit sind die TN dazu angehalten, den Bedarf an Ressourcen für einen Betrieb (bzw. die Lernfabrik) zu ermitteln. Die TN sollen es nach der 45-minütigen Praxiseinheit verstehen, Ressourcen gemäß einem Absatzprogramm zu planen. Jede TNKG ist dazu aufgefordert den Bedarf an Personal, Maschinen, Raumfläche, Energie und Transportmittel anhand der zur Verfügung gestellten Absatzdaten zu ermitteln und anschließend ihre Ergebnisse kurz zu präsentieren.

Nachdem in der ersten Praxiseinheit dieses Moduls der Standort bestimmt wurde, ist es in der dritten 40-minütigen praktischen Einheit gemäß der Vorgehensweise „vom Groben zum Detail“ an der Zeit, das Groblayout des Betriebs zu definieren. Das Lernziel für die TN besteht darin, dass sie auf Basis von Material- und Informationsflussanalysen ein Groblayout eines Betriebgebäudes mit einzelnen Abteilungen entwerfen können. Alle TN errechnen sich zunächst in ihrer TNKG den Flächenbedarf der einzelnen Abteilungen, um die richtigen Größenverhältnisse zu erhalten. Anschließend entwerfen sie aus den Ergebnissen der Material- und Informationsflussplanung aus Modul 6 ein Groblayout für den Betrieb und vergleichen ihr Ergebnis mit jeder anderen TNKG. Für diese Einheit sind zumindest drei weitere Computerarbeitsplätze oder alternativ vier moderne Tabletcomputer erforderlich.

Die vierte Praxiseinheit ähnelt der vorangegangenen Einheit und besitzt eine Zeitlänge von 50 Minuten. Ziel der Einheit ist es, dass die TN auf der Basis von

Material- und Informationsflussanalysen ein Feinlayout in den einzelnen Abteilungen entwerfen können. In der Feinlayoutgestaltung betrachtet jede TNKG die einzelnen Abteilungen. Die Lernfabrik stellt so eine Abteilung dar, nämlich die Montage eines Betriebs. In der TNKG skizzieren die TN kurz zwei bis drei mögliche Layoutvarianten auf Basis der Erhebungen aus Modul 6 und entscheiden sich im Anschluss daran für ein "Ideallayout". Jede TNKG baut nacheinander die Lernfabrik nach ihrem „idealen“ Layout um und erklärt dabei den anderen TN und der KL ihre Gedankengänge zur Umgestaltung.

### **Modul 8: Materialbereitstellung**

Das Modul 8 widmet sich in einer 165-minütigen, zweigeteilten Aufgabenstellung (30 Minuten Theorie zu Beginn) den Prinzipien der Materialbereitstellung. Im ersten 45-minütigen Aufgabenteil werden die ABC- und RSU- Analyse durchgenommen. Den TN soll es nach Erfüllung der Aufgabe möglich sein, selbstständig eine ABC- und RSU-Analyse durchführen zu können. Weiters sollen die TN in der Lage sein, diverse Bauteile bzw. Produkte bestimmen zu können, die sich für eine JIT bzw. Kanban-Steuerung eignen. Jede TNKG unterzieht dazu die einzelnen Bauteile des Montageprozesses in der Lernfabrik einer ABC-Analyse und fertigt daraus ein Pareto-diagramm an. Anschließend führen die TN in der TNKG eine RSU-Analyse durch und ordnen die einzelnen Teile in eine ABC/RSU-Matrix ein. Abschließend findet eine Diskussion mit allen TN und der KL statt, um zu klären, welche Teile sich nun für welche Materialbereitstellungsprinzipien eignen.

Der zweite 90-minütige Aufgabenteil hat die Kanban-Steuerung und die zyklische Materialversorgung (Milk-Run) zum Thema. Die TN lernen die Unterschiede des Push- und Pull-Prinzips kennen und sind nach erfolgreicher Absolvierung der Einheit im Stande, einen Kanban-Regelkreis auszulegen und einzuführen. Jede TNKG legt zunächst die Kanban-Regelkreise aus und führt diese anschließend in der Lernfabrik ein. Zur Erfüllung der Aufgabe benötigen die TN verschiedene Kanban-Karten, zusätzliche Regale (Supermarktregale) und zusätzliche Behälter. Die Kanban-Karten können in einem ersten Schritt auch von den TN selbst entworfen werden. Ein erster Kanban-Regelkreis soll von jeder TNKG im Montageprozess mit einem Supermarktregal für die jeweiligen Einzelteile eingeführt werden (Zwei-Behälter-Kanban). Die Teile werden aus einem zentralen Ausgangslager bezogen. Die Verteilung der Einzelteile erfolgt über ein Milk-Run-System. Ein zweiter Regelkreis kann durch die Einbindung der/des Lieferanten eingeführt und mit Hilfe eines Kanban-Boards gesteuert werden. Zum Abschluss erfolgt wiederum eine Diskussion über die Veränderungen und deren Auswirkungen mit allen TN. Dabei soll speziell auf die Unterschiede des Pull- und Push-Prinzips eingegangen werden.

### **Modul 9: Supply Chain**

Die 135-minütige Einheit in Modul 9 besteht aus einem 45-minütigen theoretischen Eingangsteil und einem 90-minütigen praktischen Übungsteil. Der Fokus wird in diesem Modul auf die Lieferkette (Supply Chain) und den Bullwhip-Effekt gelegt. Den TN soll am Ende dieser Einheit das Aufschaukeln von Bestellungen in einer Lieferkette als Phänomen bekannt sein und sie sollen Methoden zur Dämpfung des Effekts beherrschen. In einem Rollenspiel nimmt jede TNKG eine unterschiedliche Position in der Supply Chain ein. Die KL übernimmt die Funktion des Kunden und ist somit auch die Spielleitung. Die einzelnen Kleingruppen besetzen die Rollen des Herstellers, Distributors, Großhändlers und Einzelhändlers. Das Rollenspiel ist auch bekannt unter dem Namen "beergame" oder "beer distribution game", da als Verkaufsprodukt meist Bierkisten verwendet werden. In der Lernfabrik bezieht man sich jedoch auf das hergestellte Produkt (Tretroller), um das Umfeld besser auszunützen. Ansonsten erfolgt der Spielverlauf gleich dem "beergame". Durchlaufen werden in diesem Modul mehrere Spielrunden (1 Runde simuliert 52 Wochen, jede Woche wird bestellt). Nach jeder Spielrunde erfolgt gemeinsam mit allen TN eine Reflexion und Diskussion. Durch Beachtung der nach jeder Runde gewonnenen Erkenntnisse und neuen Regeln sollte der Bullwhip-Effekt in der letzten Runde deutlich geringer ausfallen.

### **Modul 10: Energiewertstrom**

Im Modul 10 wird in einer zweistündigen Einheit die Energiewertstrommethode zum Lehrinhalt. Der aufgenommene Wertstrom aus Modul 4 wird hier um energetische Aspekte des Herstellungsprozesses erweitert. Die TN erlernen den Umgang mit unterschiedlichen Messgeräten und können „Energiefresser“ und Verschwendungen im Energiebereich aufdecken. Die Basis bildet der aufgenommene Wertstrom aus dem Modul 4. Sollte das Modul 4 zuvor nicht durchgenommen worden sein, hat die KL den Wertstrom den TN zur Verfügung zu stellen. Die TN können den Wertstrom aus Modul 4 auch erst in diesem Modul aufnehmen, dann verlängert sich die Einheit jedoch um eine weitere Stunde. Jede TNKG bekommt von der KL ein Messgerät ausgehändigt und vermisst mit diesem Gerät die jeweiligen Energieverbraucher. Die aufgenommenen Werte tragen die TN in das Wertstrombild ein. Alle 15 Minuten werden die Messgeräte unter den Kleingruppen getauscht, bis jede TNKG mit jedem Messgerät alle Energieverbraucher im Prozess vermessen und alle Werte im Wertstrombild eingetragen hat. Um alle Energieformen abzudecken, kann die Energiewertstromanalyse um eine Simulation/Fallstudie (mit Dampf, Gas, Öl, Holz, etc.) erweitert werden. Die TNKG überlegt sich Optimierungen im energetischen Bereich, fügt diese in das Wertstrombild ein und designt einen neuen

Energiewertstrom. Zukünftige Entwicklungen im Energiesektor (Energiepreise, Ressourcen, etc.) sollen dabei von den TN berücksichtigt werden. Die Verbesserungsmaßnahmen werden Schritt für Schritt in der Lernfabrik umgesetzt und abschließend der gesamte Herstellungsprozess erneut energetisch vermessen. Die Unterschiede werden von jeder TNKG protokolliert und vor allen TN präsentiert.

### **Modul 11: Energieverschwendung und Energieeinsparpotentiale**

Unabhängig von Modul 10 werden in Modul 11 in einem dreistündigen Workshop alle Energieverbraucher der Lernfabrik mit geeigneten Messgeräten untersucht. Dazu zählen auch jene energieverbrauchenden Geräte, welche nicht direkt am Herstellungsprozess beteiligt sind (wie z.B. Raumheiz-, Raumklima-, Beleuchtungsgeräte, Computer, etc.). Wenn zuvor bereits Modul 10 durchgeführt worden ist, kann die Vermessung der am Herstellungsprozess beteiligten Energieverbraucher entfallen. Zu Beginn des Workshops findet eine 45-minütige theoretische Einheit zum Thema Energie und Energieeffizienz statt. Ziel der dreistündigen Lehreinheit ist es, dass die TN nach Absolvierung fähig sind, sämtliche Energieverschwendungen in einem Betrieb aufzudecken und zu eliminieren, sofern das Energiesparpotential groß genug ist. Die TN nehmen in einer TNKG die Energiedaten aller Verbraucher auf und entwerfen daraus ein Energieflussdiagramm. In diesem Diagramm sollen sämtliche Energieformen, Umwandlungsprozesse und Verluste als Prozentangaben ersichtlich sein. Nicht vorhandene Energieformen können durch Fallstudienmaterial oder Simulationen ergänzt werden. Anschließend überlegen sich die TN, in welchen Bereichen ein Energiesparpotential vorhanden ist und erstellen einen Maßnahmenkatalog, mit dem dieses Potential ausgeschöpft werden kann. Die Lernfabriksausstattung und der Herstellungsprozess wird von jeder TNKG gemäß ihrem Maßnahmenkatalog verändert und nach einer erneuten Vermessung ein aktuelles Energieflussdiagramm skizziert. Die beiden Diagramme werden gegenübergestellt und die Ergebnisse von jeder TNKG vor allen TN und der KL präsentiert.

### **Modul 12: 3-Tages-Lehrveranstaltung „Best of“**

Modul 12 ist als Sondermodul zu betrachten. Es ist eigentlich kein eigenständiges Modul, sondern stellt ein „Best of“ aus den elf zuvor beschriebenen Modulen dar. Für die akademische Ausbildung bestimmt die KL den Lehrinhalt aus den elf Modulen. Unternehmen, die ihre Mitarbeiter in der Lernfabrik weiterbilden möchten, können den Lehrinhalt aus den elf Modulen individuell auswählen. Das Modul „Best of“ wird als dreitägige Lehrveranstaltung (bzw. für Unternehmen als dreitägiger Workshop) angeboten. Die Lernziele entsprechen den Zielen der jeweiligen ausgewählten Module. Es finden abwechselnd immer theoretische und praktische Einheiten statt.

### 5.1.5 Einordnung der IBL-Lernfabrik in bestehende Morphologien

Es wurden bereits mehrere Publikationen mit Morphologien veröffentlicht, die eine Hilfestellung bei der Neukonzipierung oder Umgestaltung einer Lernfabrik bieten. Durch die Einordnung einer Lernfabrik in die entwickelten Morphologien kann diese charakterisiert werden.<sup>352</sup>

Im Folgenden wird die IBL-Lernfabrik in zwei Morphologien nach Steffen/Frye/Deuse eingeordnet. Grün hinterlegte Ausprägungsfelder charakterisieren dabei die IBL-Lernfabrik. Tabelle 26 zeigt die Einordnung in die erste Morphologie mit Merkmalausprägungen im Bereich der Didaktik und Methodik.

Morphologie „Lernfabrik“ – Didaktik und Methodik													
	Merkmal	Ausprägung											
Ziele	Kompetenzklassen	Fach- und Methodenkompetenz			Sozial-kommunikative Kompetenz				Personale Kompetenz			Aktivitäts- und Handlungskompetenz	
	Lernziel-dimensionen	kognitiv				affektiv				psychomotorisch			
Inhalte	Fachbezogene Inhalte	physische Arbeitssystem-gestaltung	Ergonomie	Inner-betriebliche Logistik	Wirtschaftlichkeits-betrachtung	Wand-lungs-fähigkeit	Qualitäts-management	Zeitwirt-schaft	Lean Metho-den	Arbeits-organ-isation	Shop-floor-management	Change-management	Betrieb-liche Arbeits-bezieh-ungen
	Arbeitssystem-ebenen	Mikro-Arbeitssystem (einzelner Arbeitsplatz)			Meso-Arbeitssystem (verkettete Arbeitsplätze)			Makro-Arbeitssystem (Wertstrom)			Unternehmensnetzwerk		
	Phasen im Produktentstehungsprozess	Produktplanung		Produktionsprozess-/ Arbeitssystem-gestaltung			Arbeitssystem-realisation		Produktionshochlauf		Produktionsprozess nach Start of Production		
	Fertigungsform	Baustellen-fertigung		Werkbank-fertigung		Werkstattfertigung		Reihenfertigung		Fließfertigung		Insel-/ Zellenfertigung	
Gestaltung	Handlungs-regulation	Information		Planung		Entscheidung		Durchführung		Kontrolle		Auswertung/ Reflexion	
	Lehr-Lern-Strategien	Unterweisung		Lernen am Modell (Demonstration)		Cognitive Apprenticeship		Wechsel von Instruktion und Konstruktion		Problemlösungs-orientiertes Lernen		forschendes Lernen	
	Autonomiegrad des Lernenden	instruiert		selbstgesteuert		selbstreguliert		selbstbestimmt		selbstorganisiert			
	Rolle des Lehrenden	Instruktor		Wissens-vermittler		Organisator		Moderator/ Krisenmanager		Coach		Feedbackgeber / Bewertender	
Organisatorische Rahmenbedingungen	Veranstaltungs-format	Lehrvortrag	(begleitende) Übung	(Labor-) Praktikum	Seminar		Workshop		Lehrgang		Fallstudie		Projektarbeit
	Zeitraumen	≤ halber Tag		halber Tag bis Tag		1 bis 2 Tage		2 bis 5 Tage		mehrere Wochen		Semester (mehrere Monate)	
	Unterbrechung	keine Unterbrechung, d.h. im Block		mehrfach, Unterbrechung < Tag		mehrfach, Unterbrechung 1-6 Tage		mehrfach, Unterbrechung > 6 Tage		mehrfach, Unterbrechung unregelmäßig			
	Sozialform	Frontalunterricht			Einzelarbeit			Partnerarbeit			Gruppenarbeit		
	Fachtheoretischer Input	als vorhanden vorausgesetzt			vorherig			sequenziell			bedarfsorientiert		
	Erfolgskontrolle	Beurteilung durch den Lernenden selbst		Beurteilung durch die Gruppe		Beurteilung durch den Lehrenden		Performanz-beobachtung		Portfolio		Keine	
	Leistungs-beurteilung	schriftliche Prüfung		mündliche Prüfung		schriftlicher Report		mündliche Präsentation		praktische Prüfung		Portfolio	

Tabelle 26: Einordnung der IBL-LF in die 1. Morphologie n. Steffen/Frye/Deuse<sup>353</sup>

<sup>352</sup> Vgl. Steffen/Frye/Deuse (2013b), S. 238 und Abel et al. (2013), S. 244

<sup>353</sup> Vgl. Steffen/Frye/Deuse (2013a), S. 119ff.

Tabelle 27 zeigt die Einordnung in die zweite Morphologie mit Charakterisierung des Betreibermodells, der Zielgruppen, der Kennzahlen und der Ausstattung.

Morphologie „Lernfabrik“ - Allgemein													
Betreibermodell	Betreiber	akademische Bildungseinrichtung			nichtakademische Bildungseinrichtung, Verband oder Verein			profitorientierter Betreiber					
	Betreuende	Professor/ wissenschaftlicher Angestellter		Studentische/ wissenschaftliche Hilfskraft		Techniker/ technischer Mitarbeiter		Berater/ Fachexperte/ Praktiker		Pädagoge			
	Entwicklung	Eigenentwicklung			Fremd unterstützte Entwicklung			Fremdentwicklung					
	Finanzierung	Öffentliche Mittel (Haushaltsmittel)		Mittel aus Forschungsprojekten (Drittmittel)		Sponsoring/ Spenden		Teilnahmegebühren		Partnerschaftsmodelle		Unternehmensmittel	
	Primärzweck	Ausbildung					Weiterbildung						
	Sekundärzweck	fachbezogene Forschung				didaktikbezogene Forschung			reale Produktion				
Zielgruppe und Kennzahlen	Zielgruppen	Studierende		Auszubildende		Angestellte		Gewerbliche Mitarbeiter		Selbstständige		Erwerbslose	gemischte Gruppen
	Gruppengröße	1-5 Teilnehmende		6-10 Teilnehmende		11-20 Teilnehmende		21-40 Teilnehmende		41-100 Teilnehmende		> 100 Teilnehmende	
	Veranstaltungsanzahl	1 Veranstaltung		2-4 Veranstaltungen		5-10 Veranstaltungen		> 10 Veranstaltungen		flexibel, bedarfsorientiert			
	Teilnehmende pro Jahr	< 50 Teilnehmende		50-200 Teilnehmende		201-500 Teilnehmende		501-1000 Teilnehmende		> 1000 Teilnehmende			
	Auslastung	< 10 %		10-20 %		21-50 %		51-75 %		76-100 %			
Ausstattung	Unternehmensbereiche	Montage	Fertigung	Qualitätsmanagement	Innerbetriebliche Logistik	Werkzeug - /Vorrichtungsba	Konstruktion	SCM	Vertrieb	Einkauf	Personalabteilung	Finanzen & Controlling	
	Produktanzahl	1 Produkt		2 Produkte		3-4 Produkte		> 4 Produkte		flexibel, von Teilnehmenden zu entwickeln		Annahme von Realaufträgen	
	Produktvarianten	1 Variante		2-4 Varianten		5-10 Varianten		> 10 Varianten		flexibel, von Teilnehmenden zu bestimmen		durch Realaufträge bestimmt	
	Produktcharakter	Didaktisch aufbereitetes Produkt					Reales, einsatzfähiges Produkt						
	Produktnutzung	Wiederverwendung		Verbleib bei Teilnehmenden		Muster/ Anschauungsobjekt		Verkauf		Entsorgung			
	Arbeitsplätze	Montagearbeitsplatz		Montagelinie		Handarbeitsplatz		Maschinenarbeitsplatz		Büroarbeitsplatz			
	Betriebsmittel	Fertigungsmaschinen		Handhabungstechnik			Werkzeuge			Vorrichtungsba			
	wandlungsfähige Gestaltung	Mobilität		Modularität		Kompatibilität		Skalierbarkeit		Universalität			
	Automatisierungsgrad	manuell				teilautomatisiert			Vollautomatisiert				
	Prozesstyp	Typ 1 (Massenfertigung)				Typ 2 (Serienfertigung)				Typ 3 (Einzelfertigung)			
	IT-Einsatz	kein IT-Einsatz		Office-Anwendungen		IT in Planungsphase vor Start of Production (u.a. CAD, CAM, Simulation)		IT in Planungsphase nach Start of Production (u.a. PPS/ERP, MES)		produktentstehungsprozessübergreifender IT-Einsatz (u.a. PLM)			
	Abstraktionsgrad	hoch (abstrakte Simulation des Großteils der Prozesse und Betriebsmittel)				mittel (vereinzelte Simulation von Prozessen oder Betriebsmittel)			gering (geringe bis keine Simulation von Prozessen oder Betriebsmitteln)				
	Immersionsgrad	gering				mittel				Hoch			
zusätzliches Personal	Nachstellen von Betriebssituationen/ Besetzung von Unternehmensbereichen			Ausführen von Produktionsprozessen			Unterstützung beim physischen Arbeitssystemauf-/ umbau			Unterstützung bei der Anfertigung von Vorrichtungen			

Tabelle 27: Einordnung der IBL-LF in die 2. Morphologie n. Steffen/Frye/Deuse<sup>354</sup>

<sup>354</sup> Vgl. Steffen/Frye/Deuse (2013b), S. 238

## 5.2 Empfehlung für eine eigene Lehrveranstaltung in der IBL-Lernfabrik

Die ersten elf Module können bedarfsgerecht in bereits bestehende Lehrveranstaltungen eingebunden und idealerweise in einem Block abgehalten werden. Neben dem Modul 12 „Best of“, welches bereits als eigene Lehrveranstaltung durchgeführt wird, soll in diesem Unterkapitel eine weitere Empfehlung für eine eigene Lehrveranstaltung in der IBL-Lernfabrik abgegeben werden.

Die eigene Lehrveranstaltung in der IBL-Lernfabrik soll sich der Produktentwicklung widmen, um den Aus- und Weiterzubildenden auch Inhalte aus dem Bereich des Innovationsmanagements näher zu bringen. Die drei- bis fünftägige LV ergäbe eine perfekte Ergänzung zum bereits fest am Institut installierten „Product Innovation Projekt“. Die Lernenden erhalten in der LV das Basiswissen zur Produktinnovation.

Eine Produktentwicklung in der Lernfabrik stellt allerdings andere Anforderungen an die Produktion bzw. Ausstattung und das Produkt selbst muss eine andere Charakteristik als jenes in der Serienproduktion aufweisen.

### 5.2.1 Produkt für eine Produktentwicklung in der Lernfabrik

Wird ein neues Produkt entwickelt, so müssen die kursteilnehmenden Personen in der Lernfabrik ihre Kreativität einsetzen und ihre Ideen umsetzen können. Dazu ist es erforderlich, dass ihnen Equipment, Ausstattungsgegenstände und Materialien zur Verfügung stehen, die es erlauben, individuelle Produktideen zu einem realen Produkt werden zu lassen. Aufgrund der Individualität der Produkte werden flexible Fertigungsmaschinen und -materialien benötigt. Klassische Fertigungsmaschinen (wie z.B. Fräs- und Drehmaschinen) mit spanender Bearbeitung sollen dabei aber nicht verwendet werden.

Beispiele für flexible „Fertigungsmaschinen“, die eine Vielfalt an unterschiedlichen Geometrien erzeugen können, sind:

- 3D-Drucker
- Laserschneid- und Graviermaschinen

Ein flexibles Material ist in der vorliegenden Arbeit dadurch gekennzeichnet, dass ohne eine fertigungstechnische Bearbeitung, individuelle Konstruktionen erzeugt werden können. Diese Materialien können zu unterschiedlichen Gebilden zusammengesetzt oder verschraubt werden. Dazu zählen unter anderem:

- LEGO<sup>®</sup>-Bauteile
- Lochbleche mit unterschiedlichen Abmaßen

### **Anforderungen an das Produkt**

Das Produkt, welches in der Lernfabrik in einer Produktentwicklung produziert werden soll, muss eine andere Charakteristik als jenes in der Serienproduktion aufweisen. Folgende Anforderungen werden an das Produkt und den Produktionsprozess gestellt:

- Fertigungsprozesse sind erforderlich
- Rohstoffe/Materialien sollen billig sein
- Das Produkt soll das Interesse der teilnehmenden Personen wecken
- Arbeitsplätze mit Computern und CAD-Programmen werden benötigt
- Fertiges Produkt muss mit ausgewählten Kriterien bewertet werden können
- Das Produkt soll einfach und unkompliziert zu handhaben bzw. zu bedienen sein
- Das Produkt kann nicht nur aus Standardteilen bestehen (sonst sind die Produktlösungen zu identisch)
- Das/Die Produkt(e) muss/müssen im Anschluss an die LV verkauft, verschenkt oder entsorgt werden (lediglich flexible Materialien und eventuelle Standardteile können wiederverwendet werden)

Der Tretroller aus der Serienproduktion eignet sich nur schlecht bis gar nicht für eine Produktentwicklung in der IBL-Lernfabrik. In der vorliegenden Arbeit wird ein Tischventilator als Produkt vorgeschlagen. Die Teilnehmenden Personen können die Fußplatte und den Standfuss mit flexiblen Materialien individuell gestalten. Als Antrieb kann einer von fünf zur Auswahl stehenden Elektromotoren in das Produkt integriert werden. Die Rotorblätter und der Spinner können zum Beispiel individuell mit einem 3D-Drucker hergestellt werden. Die teilnehmenden Personen erhalten lediglich den Auftrag einen Tischventilator mit den in der Lernfabrik zur Verfügung stehenden Mitteln zu fertigen. Wie dieser aussieht, funktioniert und hergestellt wird, bleibt den Aus- und Weiterzubildenden selbst überlassen.

#### **5.2.2 Didaktisches Konzept und methodische Vorgehensweise**

Die Lehrveranstaltung hat das Format einer Projektarbeit. In einer 5-tägigen Blockveranstaltung wenden die TN in einer TNKG selbstständig diverse Methoden aus verschiedenen Managementbereichen (Projekt-, Produktions-, Logistik- und Innovationsmanagement) an, um von einem Ausgangsproblem zu einem selbstdefinierten Ziel zu gelangen.

Die KL hält zunächst einen dreistündigen Frontalvortrag, damit allen TN die Aufgabenstellung klar wird und sie mit den wichtigsten Methoden theoretisch vertraut



werden. Die TN werden in Gruppen zu jeweils 4 bis 5 Personen zusammengelöst. Jede TNKG hat fünf Tage Zeit ihr Produkt zu entwickeln, zu planen und fünf bis zehn Prototypen zu fertigen. Weiters sollen sie sich ein geeignetes Produktionssystem zu ihrem Produkt überlegen. Am Nachmittag des dritten Tages erfolgt die Fertigung jener Teile, die am 3D-Drucker hergestellt werden müssen. Zum Abschluss des Projekts wird das Produkt vor allen TN und der KL präsentiert und anschließend ein Wettkampf zwischen den einzelnen Kleingruppen durchgeführt. Ein Punktesystem entscheidet über den Sieger. Ob die Bewertungskriterien und Gewichtung der Punkte bereits bei der Aufgabenstellung den TN bekannt gegeben werden, obliegt der KL. Folgende Kriterien können in einem Punktesystem bewertet werden:

- Bestes Design
- Geringster Rohmaterialeinsatz
- Billigstes Produkt
- Größter Produktnutzen
- Bester Fertigungsprozess/ Bestes Produktionssystem
- Höchste Qualität
- Energiesparendster Herstellungsprozess
- etc.

### **5.3 Grobkonzept IFT-Lernfabrik**

Im Rahmen des Kooperationsprojektes wird in dieser Arbeit auch ein Grobkonzept für eine IFT-Lernfabrik entwickelt. Dieses grobe Konzept hat bei Weitem nicht den Umfang des Konzepts der IBL-Lernfabrik und soll lediglich einen ersten Entwurf darstellen. In die IFT-Lernfabrik soll das erarbeitete Messkonzept aus dem Projekt A (Masterarbeit am IFT-Institut) des Kooperationsprojekts einfließen. Die angedachte IFT-Lernfabrik fokussiert somit den Bereich der Energie- und Ressourceneffizienz.

Diesem Schwerpunkt haben sich bereits einige bestehende Lernfabriken angenommen (Vergleich Kapitel 4.1). Eine Analyse der Lernfabriken folgender vier Betreiber soll die Entwicklung des Grobkonzepts erleichtern und unterstützen:

- TU München (Schwerpunkt: Energieproduktivität)
- TU Braunschweig (Schwerpunkt: Energie- und Ressourceneffizienz)
- Ruhr Universität Bochum (Schwerpunkt: Ressourceneffizienz)
- Hochschule Ostfalia (Schwerpunkt: Ressourceneffizienz)

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften an der TU München betreibt zusammen mit der Unternehmensberatung McKinsey & Company eine Lernfabrik mit Schwerpunkt Energieproduktivität. Zu den Ausbildungsinhalten

zählen die Energiewertstrommethode, der Umgang mit Ressourcen, die Visualisierung des Energieverbrauchs und verschiedene Energiemesssysteme. Auf rund 200 Quadratmetern werden eine Drehbank, zwei Wärmeöfen, ein Roboterarm, eine Montagestation, ein Dampfreiniger und eine Druckluftanlage energetisch vermessen. Das Produkt, eine Zahnrad-Wellen-Kombination, durchläuft alle Stationen. Dadurch wird der gesamte Produktionsprozess der Baugruppe abgebildet. Die Zielgruppe besteht aus Studenten und Studentinnen, die sich in einer zweiwöchigen Lehrveranstaltung mit der Energieproduktivität auseinandersetzen. In ein- bis dreitägigen Workshops können auch Mitarbeiter von Industrieunternehmen an einem Kurs teilnehmen.<sup>355</sup>

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik an der TU Braunschweig hat ebenfalls eine Lernfabrik mit circa 200 Quadratmetern installiert. Der Schwerpunkt liegt im Bereich der Energie- und Ressourceneffizienz. Parallel dazu wird auch das Umweltmanagement fokussiert. In praktischen Einheiten arbeiten die Kursteilnehmer mit ausgewählten Methoden, Werkzeugen und Technologien aus den zuvor genannten Bereichen. Die Inhalte werden durch das „Stationenlernen“ vermittelt.<sup>356</sup>

Die Lernfabrik an der TU Braunschweig besteht aus insgesamt 9 Stationen:<sup>357</sup>

- Mineralölfreie Produktion
- Energietransparente Maschine
- Energieleitstand
- Effiziente Druckluft
- Späneentölung
- Erneuerbare Energien
- Grünes Büro
- Energieeffizienz lernen
- Elektromobilität

Beim Stationenlernen in der Lernfabrik der TU Braunschweig wird an jeder Station ein eigenes abgeschlossenes Thema behandelt. Es existiert kein Produkt, welches über alle Stationen hinweg bearbeitet wird, da die Methoden, Werkzeuge und Technologien im Vordergrund stehen. Es wird vielmehr eine energetische Betrachtung der Produktionsprozesse, der technischen Gebäudeausrüstung und der Gebäudehülle vorgenommen. Die Zielgruppe besteht aus Studenten, so wie aus Fach- und Führungspersonen produzierender Unternehmen.<sup>358</sup>

---

<sup>355</sup> Vgl. LEP (2013), Zugriffsdatum 11.07.2013 und Abele et al. (2013), S. 17

<sup>356</sup> Vgl. TU Braunschweig (2013), Zugriffsdatum: 12.07.2013

<sup>357</sup> TU Braunschweig (2013), Zugriffsdatum: 12.07.2013

<sup>358</sup> Vgl. TU Braunschweig (2013), Zugriffsdatum: 12.07.2013

Die Lernfabrik an der Ruhr Universität in Bochum hat den Schwerpunkt in den Bereich der Ressourceneffizienz gelegt. Die Kursteilnehmer beschäftigen sich mit Energie- und Materialeinsparungen in der Fertigung. Nach einer allgemeinen Unterweisung nehmen die Aus- und Weiterzubildenden sämtliche Messwerte in der Lernfabrik auf, werten diese aus und interpretieren die Ergebnisse. Diese Vorgehensweise wiederholt sich in mehreren Durchgängen, wobei jedes Mal eine Lastganganalyse mit anschließendem KVP durchgeführt wird. Die Lernfabrik besteht aus mehreren modernen Energieerfassungssystemen und einigen Bearbeitungsmaschinen, die über entsprechende Sensorik an ein Monitoring-System angeschlossen sind. Neben den energetischen Betrachtungen wird bei der Produktion des Produkts (Stempelgehäuse), ausgehend vom Rohmaterial bis hin zur Verpackung, auch auf logistische und wirtschaftliche Gesichtspunkte eingegangen. Studierende und Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen aller Unternehmensebenen können an einer zweitägigen Schulung teilnehmen.<sup>359</sup>

Die vierte und somit letzte Lernfabrik, die als Referenz für das Grobkonzept der IFT-Lernfabrik analysiert wird, ist die Niedersächsische Lernfabrik für Ressourceneffizienz (NiFaR) an der Hochschule Ostfalia, betrieben durch das Institut für Produktionstechnik. Die Weiterbildung beinhaltet eine Einführung in die Thematik der Energieeffizienz, die Drucklufteffizienz, die Montage- und Schraubertechnik, effiziente Antriebe, eine Effizienzbetrachtung bei Werkzeugmaschinen, Untersuchungen von Prozesswärme und Beleuchtungen, sowie die Energiedatenerfassung. In einem anschaulichen Fertigungsprozess, mit sämtlichen in der Realität vorkommenden Bearbeitungsarten (Sägen, Fräsen, Drehen, Sandstrahlen, Montieren, Beschichten), wird das Produkt (ein Modell des Logos der Hochschule) gefertigt. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die transparente Darstellung der Energieströme gelegt. Das Schulungsangebot, welches speziell die Mitarbeiter und Energiebeauftragten von Unternehmen ansprechen soll, umfasst die Energieeffizienz in der Produktion, die Prozessoptimierung, die Energiewertstrommethode, das Energiemanagement und die energieeffiziente Fabrikplanung. In der Regel werden die Schulungsteilnehmer in ein- bis zweitägigen Veranstaltungen unterrichtet.<sup>360</sup>

Das Grobkonzept für eine IFT-Lernfabrik orientiert sich an den vorgestellten Lernfabriken, da die Schwerpunkte im selben Themengebiet liegen. Der Hauptzweck der IFT-Lernfabrik dient der Ausbildung der Studenten und Studentinnen der TU Graz. In weiterer Folge kann die Lernfabrik auch für die Weiterbildung und zu eigenen Forschungszwecken genutzt werden.

<sup>359</sup> Vgl. Ruhr Universität Bochum (2013a), Zugriffsdatum: 12.07.2013 und Ruhr Universität Bochum (2013b), Zugriffsdatum: 12.07.2013

<sup>360</sup> Vgl. NiFaR (2013a), Zugriffsdatum 14.11.2013, NiFaR (2013b), Zugriffsdatum 14.11.2013 und NiFaR (2013c), Zugriffsdatum 14.11.2013

Der Fokus der Lernfabrik lässt ein breites Spektrum an Lehrinhalten zu. Für das erste Grobkonzept werden speziell die energetischen Flüsse in Fertigungsmaschinen betrachtet. Durch den modularen Aufbau der Lehrinhalte kann die IFT-Lernfabrik ihre Ausbildungsinhalte jederzeit anpassen.

Der Erstentwurf der Lehrinhalte besteht aus drei Modulen (Abbildung 59). Das erste Modul widmet sich der Energietransparenz von Fertigungsmaschinen. Im zweiten Modul lernen die Kursteilnehmer die dualen Energiesignaturen kennen, wie man zu ihnen gelangt und wozu sie verwendet werden können. Auch oder gerade bei Fertigungsmaschinen kann Energie gespart werden. Welches Energieeinsparpotential bei unterschiedlichen Bearbeitungsmaschinen vorhanden ist, dass erfahren und erleben die Kursteilnehmer im dritten Modul.

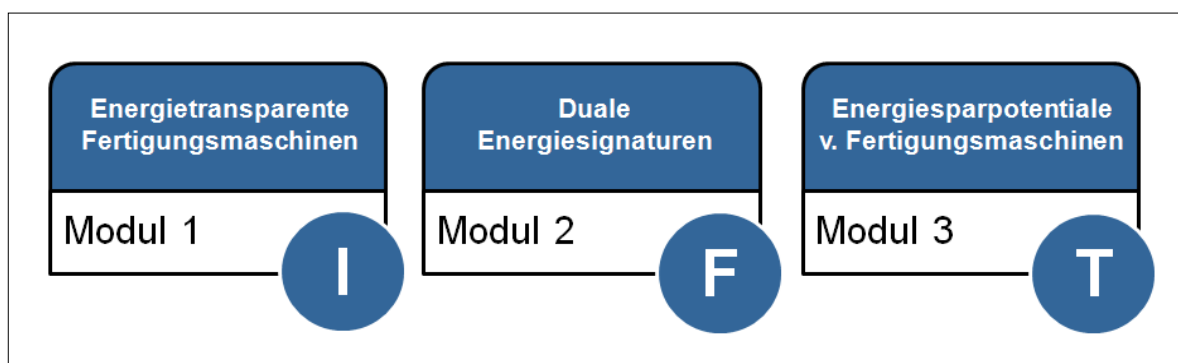


Abbildung 59: Ausbildungsinhalte der IFT-Lernfabrik

Die Herstellung eines speziellen Produkts ist für dieses Konzept eigentlich nicht erforderlich, da es bei der Bearbeitung der Materialien unerheblich ist, welche Endform das Material annimmt. Bei der spanenden Bearbeitung des Materials sind viel mehr Parameter wie Werkzeugdimensionen, Anzahl und Art der Hilfsantriebe, Schnitttiefen, Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten von Bedeutung. Anhand dieser und ähnlicher Parameter soll das Verhalten der einzelnen Maschinen analysiert werden. Dazu kann ein didaktisch aufbereitetes Produkt für die IFT-Lernfabrik entwickelt werden, damit sich die didaktische und methodische Vorgehensweise in den Modulen nicht von einem Kurs zum nächsten verändert. Gleichzeitig ermöglicht ein einheitliches Produkt den Vergleich zwischen zwei Fertigungsmaschinen gleicher Bearbeitungsart (z.B. zwischen zwei CNC-Fräsen). Das Produkt kann ein einfaches Werkstück sein, welches durch diverse Bearbeitungsprozesse (Sägen, Drehen, Fräsen, Bohren, etc.) hergestellt wird. Jeder Bearbeitungsprozess soll am Werkstück mindestens zwei Mal mit unterschiedlichen Parametern durchgeführt werden. Das Produkt (Werkstück) weist demnach zum Beispiel eine Bohrung mit 3 mm Durchmesser und eine Bohrung mit 16 mm Durchmesser auf, welche mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Drehzahlen

gefertigt werden. Dadurch wird der Einfluss der einzelnen Parameter nach den Messungen ersichtlich. Die Entwicklung dieses didaktisch aufbereiteten Produkts ist nicht Bestandteil des vorliegenden Grobkonzepts.

Mit diesem Konzept benötigt die IFT-Lernfabrik nur wenig bis keine neuen Ausstattungsgegenstände. Die vorhandene Infrastruktur der Werkstätten, samt allen Fertigungsmaschinen und sonstigen Energieverbrauchern, kann für die Lernfabrik genutzt werden. Zentraler Ausstattungsgegenstand ist das am IFT-Institut vorhandene mobile Leistungsmessgerät. Zusätzlich können weitere kleine Energiemessgeräte angeschafft werden (für Kleingeräte und konventionelle Maschinen). Kleine Energiemessgeräte erhält man in einer Preisspanne von 50 bis 2000 Euro.

### **5.3.1 Didaktik und Methodik in der IFT-Lernfabrik**

Das didaktische Konzept und die methodische Vorgehensweise für die drei Module werden im Folgenden kurz erläutert. Jedes Modul wird in einer eintägigen Schulungseinheit durchgeführt. Auch für die Lernfabrik am IFT-Institut ist eine Teilnehmerzahl von mehr als 16 Personen nicht empfehlenswert.

#### **Modul 1: Energietransparente Fertigungsmaschinen**

In Modul 1 wird die Energietransparenz von Fertigungsmaschinen thematisiert. Die TN erlernen mit unterschiedlichen Messgeräten verschiedene Fertigungsmaschinen zu vermessen. Nach Abschluss des Moduls sind die TN im Stande, den Energiebedarf jeder Maschine transparent darzustellen. Nach einem theoretischen zweistündigen Einführungsvortrag durch die KL werden die TN in TNKG zusammengelöst. Jede TNKG erhält zu Beginn des praktischen Teils ein Messgerät und vermisst die Fertigungsmaschinen während der Bearbeitung des didaktisch aufbereiteten Produkts. Nach der Vermessung aller am Fertigungsprozess beteiligten Maschinen (ein Produkt ist nun fertiggestellt), wechseln die TNKG ihre Messgeräte und das Produkt wird erneut hergestellt. Es werden so viele Produkte produziert, bis jede TNKG mit jedem Messgerät jede Fertigungsmaschine vermessen hat. Folgende Messgeräte können eingesetzt werden:

- Mobiles Leistungsmessgerät
- Wärmebildkamera
- Leckagesuchgerät
- Weitere Energiemessgeräte

Abschließend präsentiert jede TNKG vor allen TN und der KL ihre Messergebnisse in Form von Energieflussbildern jeder untersuchten Fertigungsmaschine.

## **Modul 2: Duale Energiesignaturen**

Das Modul 2 behandelt die Thematik der dualen Energiesignaturen. In dieser Einheit untersuchen die TN die Fertigungsmaschinen und ihre Bearbeitungsprozesse in einer detaillierteren Form und lernen dabei, welche energieverbrauchenden Prozesse einen Beitrag zur Wertschöpfung liefern.

Die TN werden wiederum in TNKG eingeteilt. Die erste TNKG vermisst mit dem mobilen Leistungsmessgerät und etwaigen sonstigen Messgeräten die erste Fertigungsmaschine im Produktionsprozess. Die anderen TNKG beobachten, analysieren und kritisieren währenddessen die Vorgehensweise der ersten TNKG und nehmen gleichzeitig auch alle Messdaten mit auf. Die Maschine wird einmal im Luftschnitt (ohne Werkstück) und einmal während der Bearbeitung des Werkstücks vermessen. Beim Wechsel auf die nächste Fertigungsmaschine agiert jedes Mal eine andere TNKG als Vermessungsteam. Am Ende der Einheit legen die TN die Messdaten aus dem Luftschnitt und der spannenden Bearbeitung übereinander und identifizieren die wertschöpfenden Zeiten und Energien.

## **Modul 3: Energiesparpotentiale von Fertigungsmaschinen**

In Modul 1 werden die Fertigungsmaschinen vermessen und ihre Energieflüsse transparent dargestellt. Modul 3 baut auf dieses Modul auf. Sollte bei der Absolvierung des Moduls 3 zuvor das Modul 1 nicht durchgemacht worden sein, muss die KL die Ergebnisse und Messdaten aus dem Modul 1 den TN zur Verfügung stellen. Die TN erlernen in dieser Einheit, welche Energieeinsparpotentiale in Fertigungsmaschinen versteckt sind und wie diese Potentiale genutzt werden können.

Die TNKG überlegt sich zu den Daten aus Modul 1, welche Maßnahmen und Möglichkeiten es gibt, die Bearbeitungsprozesse an den Fertigungsmaschinen energieeffizienter zu gestalten und schätzen das Einsparungspotential ab. Die Maßnahmen werden der KL und den restlichen TN vorgestellt. Alle TN und die KL bestimmen, welche Maßnahmen realistisch sind und plausibel erscheinen. Diese werden dann von jeder TNKG an der jeweiligen Maschine umgesetzt und anschließend alle Maschinen neu vermessen. Die neu aufgenommenen Messdaten werden mit jenen aus Modul 1 verglichen und das tatsächliche Einsparungspotential jeder Maßnahme ermittelt. Die Ergebnisse werden zum Abschluss kurz mit allen TN diskutiert.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Lernfabriken haben sich in den letzten Jahren vor allem im deutschsprachigen Raum als geeignetes praxisorientiertes Lehrkonzept etabliert<sup>361</sup>. Aus diesem Grund planen auch das Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung und das Institut für Fertigungstechnik eine Umsetzung einer Lernfabrik in den eigenen Räumlichkeiten, wofür zunächst ein Konzept benötigt wird.

Vor der Konzepterstellung werden in der vorliegenden Arbeit zusätzlich zu einer Analyse bestehender Lernfabriken, eine Erfassung integrationsfähiger Lehrinhalte und eine Erhebung des Weiterbildungsbedarfs durchgeführt.

In einer ersten Recherche werden 51 physische Lernfabriken im europäischen Raum identifiziert und davon 25 einer genaueren Analyse unterzogen. Der größte Teil dieser Lernfabriken wird durch akademische Bildungseinrichtungen (zumindest in Mitbeteiligung) betrieben. In einem ausgewogenen Verhältnis werden Studierende in der Ausbildung und Anwender in der Weiterbildung angesprochen. Die Aus- und Weiterbildungskurse finden überwiegend in Gruppengrößen von 10 bis 20 Personen mit einem geringen bis mittleren Abstraktionsgrad statt. Über drei Viertel der analysierten Lernfabriken produzieren in ihrem Herstellungsprozess ein reales, einsatzfähiges Produkt. Der beliebteste Schwerpunkt im Aus- und Weiterbildungsangebot der Betreiber ist das Lean-Prinzip inklusive aller Lean Methoden, gefolgt von der Energie- und Ressourceneffizienz. Die Unternehmensbereiche Montage, Fertigung, innerbetriebliche Logistik und Qualitätsmanagement werden in nahezu jeder betrachteten Lernfabrik abgebildet. Dadurch ist die Ausstattung dieser Lernfabriken geprägt durch Montage-, Maschinen- und Handarbeitsplätze mit Montagelinien, Fertigungsmaschinen und diversem Werkzeug.

Von den 191 erfassten Lehrinhalten am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung können 75 Prozent problemlos in das Aus- und Weiterbildungsangebot einer Lernfabrik integriert werden. Die restlichen 25 Prozent müssen bei Bedarf erst spezifisch auf ihre handlungsorientierte Integrationsfähigkeit überprüft werden.

Knapp 87 Prozent der österreichischen Unternehmen geben an, dass ihre Mitarbeiter sich in irgendeiner Form weiterbilden. Externe Weiterbildungskurse auf Fachmessen, Tagungen, Konferenzen und Workshops erfreuen sich immer größer werdender

---

<sup>361</sup> Vgl. Abele (2013), S. 10

Beliebtheit. Jede Person, die an einem Weiterbildungskurs teilnimmt, bildet sich im Durchschnitt jährlich 30 Stunden weiter, zu einem durchschnittlichen Kursbeitrag von 39 Euro je Stunde. Um den Herausforderungen der Produktion gerecht zu werden, sehen mehr als die Hälfte der Unternehmen den Erwerb von technischen, aufgabenspezifischen und praktischen Fähigkeiten als wichtigsten Weiterbildungskursinhalt an.<sup>362</sup>

Das umsetzungsfähige Konzept der IBL-Lernfabrik sieht als primären Einsatzzweck der Lernfabrik die Ausbildung der Studierenden vor. Darüber hinaus kann die Lernfabrik für Weiterbildungs- und Forschungszwecke genutzt werden. Das Ziel dieses praxisorientierten Lehrkonzepts ist es, der Zielgruppe, welche aus Studierenden und Mitarbeitern aus der Industrie besteht, Kompetenzen im Bereich des industriellen Managements zu vermitteln. Die drei inhaltlichen Aus- und Weiterbildungsschwerpunkte erstrecken sich über die Themengebiete Logistikmanagement, Industrial Engineering und Energieeffizienz. Sämtliche Lehrinhalte aus den drei Schwerpunktbereichen werden in 12 Module aufgeteilt. Das Konzept sieht fünf Module im Bereich Industrial Engineering, vier Module im Bereich Logistikmanagement und zwei Module im Bereich Energieeffizienz vor. Das zwölfte Modul stellt ein „Best of“ aller anderen elf Module dar. Das Produkt, welches in der IBL-Lernfabrik komplett montiert und verpackt wird, ist ein Tretroller aus dem Hause Hudora (Hudora Bold Wheel Cushion 230) im TUG-Design. Er besteht aus 60 Einzelteilen, die in 14 Arbeitsschritten in 12 Minuten und 50 Sekunden zusammengebaut werden. Die Ausstattung bzw. das Equipment der Lernfabrik ist universell und flexibel gestaltet, wodurch unterschiedliche Produktionszustände realisiert werden können. Die Ausstattung umfasst das gesamte Mobiliar, sämtliche Energieverbraucher, Visualisierungsinstrumente, optische Highlights, Messgeräte, Werkzeuge, sonstige Hilfsmittel und die Produkte inklusive Zubehör. Für die Realisierung der Lernfabrik am IBL-Institut ist mit einer Investitionssumme von circa 52.200 Euro zu rechnen. Die Erstellung eines didaktischen Konzepts samt methodischer Vorgehensweise in den einzelnen Modulen rundet das vorliegende Gesamtkonzept ab.

Für eine eigene Lehrveranstaltung in der IBL-Lernfabrik wird eine Laborübung mit Schwerpunkt „Produktentwicklung“ empfohlen, um den Aus- und Weiterzubildenden auch Inhalte aus dem Bereich des Innovationsmanagements näher zu bringen. Diese LV würde die bereits existierende Lehrveranstaltung „Product Innovation Project“ perfekt ergänzen.

---

<sup>362</sup> Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2013f), Zugriffsdatum: 17.12.2013 und STATcube (2013), Zugriffsdatum: 17.12.2013



Das Grobkonzept für eine Lernfabrik am IFT-Institut fokussiert die Energie- und Ressourceneffizienz und orientiert sich an den analysierten Lernfabriken mit demselben Aus- und Weiterbildungsschwerpunkt. Die Ausbildungsinhalte werden in 3 Module aufgeteilt. Modul 1 widmet sich den energietransparenten Fertigungsmaschinen, Modul 2 den dualen Energiesignaturen und Modul 3 den Energiesparpotentialen von Fertigungsmaschinen. Ein didaktisch aufbereitetes Produkt (Referenzwerkstück) muss für die geplante IFT-Lernfabrik erst in weiteren Arbeiten entwickelt werden. Der Großteil der vorhandenen Werkstättenausstattung kann für die institutseigene Lernfabrik genutzt werden.

Da die Veränderung der Ausstattung und des Equipments der Lernfabriken integraler Bestandteil sämtlicher Aufgabenstellungen in den Modulen ist und die Aus- und Weiterzubildenden immer dazu aufgefordert sind selbst über mögliche Lösungen und Verbesserungsvorschläge nachzudenken, werden sich im Laufe der Zeit im Sinne eines KVP neue Ideen und Lösungsansätze zur Gestaltung der Lernfabrik ergeben, welche bis dato noch nicht berücksichtigt wurden. Sprich der/die Aus- bzw. Weiterzubildende wird im eigenständigen Denkprozess nicht nur „eingebaute Fehler“ in der Lernfabrik erkennen, sondern auch auf zuvor noch nicht beachtete Umstände aufmerksam machen. Dazu sollen die Studierenden und sonstigen teilnehmenden Personen nach jeder Einheit in der Lernfabrik ein Feedback abgeben. Umsetzbare und als geeignet erachtete Verbesserungsvorschläge können dann in Zukunft in die Gestaltung der Lernfabrik einfließen.

Folgende weitere Aufgaben sind unter anderem vor bzw. während der Realisierung der IBL-Lernfabrik zu erfüllen:

- Austakten der Montagelinie
- Nivellieren und Glätten des Produktionsprogramms
- Dokumentation der Bewegungsabläufe (Thebligs) aller Arbeitsstationen
- Auslegung des Kanban-Systems
- Bestimmung von Kennzahlen und Kennzahlensystemen
- Bestimmung des Soll-Wertstroms in der Lernfabrik (Wertstromdiagramm)
- Ausarbeitung von Arbeitsunterlagen für Theorie- und Praxiseinheiten
- Erstellen der Arbeitsplatzbeschreibungen
- Anfertigen von Montagevorrichtungen für den „future state“

## Literaturverzeichnis

**Abel, M.; Czajkowski, S.; Faatz, L.; Metternich, J.; Tenberg, R.:** Kompetenzorientiertes Curriculum für Lernfabriken. Ein didaktisch hinterlegtes Konzept für Lernfabriken, in: wt Werkstattstechnik online Jahrgang 103 (2013) H. 3, S. 240-245.

**Abele, E.:** Introduction of the Initiative on Learning Factories, in: Reinhart, G. (Hrsg.): 3rd Conference on Learning Factories, München 2013, S. 10.

**Abele, E.; Metternich, J.; Tisch, M.; Cachay, J.:** Welcoming speech and presentation of the Initiative on European Learning Factories, in: Reinhart, G. et al. (Hrsg.): 3rd Conference on Learning Factories, München 2013, S. 11-19.

**Abele, E.; Reinhart, G.:** Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen, München 2011.

**Albers, H.:** Modelle und didaktische Konzepte in der Berufsbildung, in: Bonz, B. (Hrsg.): Didaktik der beruflichen Bildung, Baltmannsweiler 2001, S. 31-49.

**Becker, H.:** Phänomen Toyota. Erfolgsfaktor Ethik, Berlin/Heidelberg 2006.

**Becker, T.:** Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren, Berlin/Heidelberg 2005.

**Becks, C.:** MTM – Werkzeug zur Gestaltung und Quantifizierung von Montageprozessen, in: Milberg, J.; Reinhart, G. (Hrsg.): Moderne Methoden zur Montageplanung. Schlüssel für eine effiziente Produktion, München 1998, S. 2-1-2-24.

**Bonz, B.:** Methoden in der schulischen Berufsbildung, in: Bonz, B. (Hrsg.): Didaktik der beruflichen Bildung, Baltmannsweiler 2001, S. 90-114.

**Brüggemann, H.; Bremer, P.:** Grundlagen Qualitätsmanagement. Von den Werkzeugen über Methoden zum TQM, Wiesbaden 2012.

**Brunner, F. J.:** Japanische Erfolgskonzepte, München/Wien 2008.

**Buer, L.:** Supply Chain Management im deutschen Mittelstand. Grundlagen und empirische Analyse, Hamburg 2003.

**Cachay, J.; Wennemer, J.; Abele, E.; Tenberg, R.:** Study on action-oriented learning with a Learning Factory approach, in: Procedia – Social and Behavioral Sciences 55 (2012), Darmstadt 2012, S. 1144-1153.

- Danksagmüller, K.; Frank, R.:** Planung und Umsetzung von Materialflusssystemen, in: Lutz, U.; Galenza, K. (Hrsg.): Industrielles Facility Management, Berlin/Heidelberg 2004, S. 129-144.
- Daum, A; Greife, W.; Przywara, R.:** BWL für Ingenieure und Ingenieurinnen. Was man über Betriebswirtschaft wissen sollte, Wiesbaden 2010.
- Dickmann, P.:** Schlanker Materialfluss. mit Lean Production, Kanban und Innovationen, Berlin/Heidelberg 2007.
- Drew, J.; McCallum, B.; Roggenhofer, S.:** Unternehmen Lean. Schritte zu einer neuen Organisation, Frankfurt/Main 2005.
- Dul, J.; Weerdmeester, B.:** Ergonomics for Beginners. A Quick Reference Guide, 3<sup>rd</sup> Edition, Boca Raton 2008.
- Erlach, K.:** Energiewertstrom-Methode, in: Erlach, K.; Westkämper, E. (Hrsg.): Energiewertstrom. Der Weg zur energieeffizienten Fabrik, Stuttgart 2009, S. 17-22.
- Erlach, K.; Weskamp, M.:** Energiewertstromanalyse, in: Erlach, K.; Westkämper, E. (Hrsg.): Energiewertstrom. Der Weg zur energieeffizienten Fabrik, Stuttgart 2009, S. 23-50.
- Erlach, K.; Weskamp, M.; Rogge, K.:** Energiewertstromdesign, in: Erlach, K.; Westkämper, E. (Hrsg.): Energiewertstrom. Der Weg zur energieeffizienten Fabrik, Stuttgart 2009, S. 51-84.
- Fortmann, K-M.; Kallweit, A.:** Logistik, 2. Aktual. Auflage, Stuttgart 2007.
- Gienke, H.; Kämpf, R.:** Handbuch Produktion. Innovatives Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling, München 2007.
- Günther, H-O.; Tempelmeier, H.:** Produktionsmanagement. Einführung mit Übungsaufgaben, 2. vollst. überarb. und erw. Auflage, Berlin et al. 1995.
- Hartel, D. H.:** Consulting und Projektmanagement in Industrieunternehmen. Praxisleitfaden mit Fallstudien, München 2009.
- Jank, W.; Meyer, H.:** Didaktische Modelle, Frankfurt am Main 1991.
- Joseph, B. S.; Kliduff, H. R.; Bloswick, D.S.:** Manufacturing Ergonomics, in: Zandin, K. B. (Hrsg.): Maynard's Industrial Engineering Handbook, 5<sup>th</sup> Edition, New York et al. 2001, S. 6.55-6.77.
- Kaiser, J.:** Bewertung multimedialer Darstellungsformen unter didaktischen Gesichtspunkten, Diplomarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 1999.

- Kaltschmitt, M.; Streicher, W.; Wiese, A.:** Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 4. Auflage, Berlin/Heidelberg 2006.
- Koch, S.:** Einführung in das Management von Geschäftsprozessen. Six Sigma, Kaizen und TQM, Berlin 2011.
- Kubitscheck, S.; Kirchner, J-H.:** Kleines Handbuch der praktischen Arbeitsgestaltung. Grundsätzliches – Gestaltungshinweise – Gesetze, Vorschriften und Regelwerke – Weiterführende Literatur, München/Wien 2005.
- Laurig, W.:** Grundzüge der Ergonomie. Erkenntnisse und Prinzipien, 4. Auflage, Berlin 1992.
- Lödding, H.:** Verfahren der Fertigungssteuerung. Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration, 2. erw. Auflage, Berlin/Heidelberg 2008.
- Lunau, S. (Hrsg.); Roenpage, O.; Staudter, C.; Meran, R.; John, A.; Beernaert, C.:** Six Sigma + Lean Toolset, 2. Auflage, Berlin/Heidelberg 2006/2007.
- Markowitsch, J.; Messerer, K.; Prokopp, M.:** Handbuch praxisorientierter Hochschulbildung, Wien 2004.
- Martin, H.:** Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 8. überarb. und erw. Auflage, Wiesbaden 2011.
- Martin-Vega, L. A.:** The Purpose and Evolution of Industrial Engineering, in: Zandin, K. B. (Hrsg.): Maynard's Industrial Engineering Handbook, 5<sup>th</sup> Edition, New York et al. 2001, S. 1.3-1.19.
- Matyas, K.:** Potential of Learning Factories as education and innovation centres for universities and the production industry, in: Sihn, W. (Hrsg.): 2nd Conference on Learning Factories, Wien 2012, S. 14-25.
- Metternich, J.; Abele, E.; Tisch, M.:** Current activities and future challenges of the Process Learning Factory CiP, in: Reinhart, G. (Hrsg.): 3rd conference on learning factories, München 2013, S. 94-107.
- Müller, E.; Engelmann, J.; Löffler, T.; Strauch, J.:** Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben, Berlin/Heidelberg 2009.
- Müller, E.; Plorin, D.; Ackermann, J.:** Fachkompetenzentwicklung in der advanced Learning Factory (aLF) als Antwort auf den demographischen Wandel, in: Müller, E. (Hrsg.): Demographischer Wandel – Herausforderung für die Arbeits- und Betriebsorganisation der Zukunft, Berlin 2012, S. 3-28.
- Nickolaus, R.:** Didaktik – Modelle und Konzepte beruflicher Bildung. Orientierungshilfen für die Praxis, 3. korr. und erw. Auflage, Baltmannsweiler 2008.

- North, K.:** Wissensorientierte Unternehmensführung. Wertschöpfung durch Wissen, 3. aktual. und erw. Auflage, Wiesbaden 2002.
- Nyhuis, P.; Wiendahl, H-P.; Fiege, T.; Mühlenbruch, H.:** Materialbereitstellung in der Montage, in: Lotter, B.; Wiendahl, H-P. (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis, Berlin/Heidelberg 2006, S. 323-351.
- Ohno, T.:** Toyota Production System. Beyond Large-Scale Production, New York 1988.
- Ott, B.:** Grundlagen des beruflichen Lernens und Lehrens. Ganzheitliches Lernen in der beruflichen Bildung, 3. überarb. und erw. Auflage, Berlin 2007.
- Peterßen, W. H.:** Kleines-Methoden-Lexikon, 2. aktual. Auflage, München 2001.
- Pfeiffer, W.; Weiss, E.:** Lean Management. Grundlagen der Führung und Organisation lernender Unternehmen, 2. überarb. und erw. Auflage, Berlin 1994.
- Pfohl, H-C.:** Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen, 8. neu bearb. u. aktual. Auflage, Berlin/Heidelberg 2010.
- Posluschny, P.:** Die wichtigsten Kennzahlen, Heidelberg 2007.
- REFA Bundesverband e.V.:** REFA Handbook: Work System & Process Design (Part 1), Darmstadt 2004a.
- REFA Bundesverband e.V.:** REFA Handbook: Work System & Process Design (Part 2), Darmstadt 2004b.
- REFA:** Methodenlehre der Betriebsorganisation - Arbeitsgestaltung in der Produktion, 2. Auflage, Darmstadt 1993.
- REFA:** Methodenlehre der Betriebsorganisation - Datenermittlung, Darmstadt 1997.
- REFA:** Methodenlehre der Planung und Steuerung. Teil 5, München 1985.
- Reinhardt, U.:** Edutainment – Bildung macht Spaß, 2. Auflage, Münster 2007.
- Riedl, A.:** Didaktik der beruflichen Bildung, 2. komplett überarb. und erheblich erw. Auflage, Stuttgart 2011.
- Riedl, A.:** Grundlagen der Didaktik, Stuttgart 2004.
- Roth, H.:** Welche Maßnahmen zur Optimierung des Energieeinsatzes in Unternehmen gibt es?, in: EUROFORUM Deutschland GmbH (Hrsg.): EUROFORUM Konferenz „Energie-Einsparungs-Strategien“, München 1996, S. 1-10.
- Rother, M.; Shook, J.:** Learning to See. value-stream mapping to create value and eliminate muda, Cambridge 2003.

- Schlick, C.; Bruder, R.; Luczak, H.:** Arbeitswissenschaft, 3. vollständig überarb. und erw. Auflage, Heidelberg et al. 2010.
- Schmigalla, H.:** Fabrikplanung. Begriffe und Zusammenhänge, München/Wien 1995.
- Schmigalla, H.:** Methoden zur optimalen Maschinenanordnung, Berlin 1970.
- Schulte, G.:** Material- und Logistikmanagement, 2. wesentl. erw. und verb. Auflage, München/Wien 2001.
- Schwaiger, R.:** Sprachen und Standards für IST- und SOLL-Prozessbeschreibungen im betrieblichen Umfeld, Norderstedt 2008.
- Sommitsch, C.; Kolleck, R.:** Smart Production Graz, in: TU Graz research 2012-2 Nr. 8, S. 14-17.
- Steffen, M.; Frye, S.; Deuse, J.:** „The only Source of Knowledge is Experience“. Didaktische Konzeption und methodische Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen in Lernfabriken zur Aus- und Weiterbildung im Industrial Engineering, in: TeachING-LearnING.EU discussions. Innovationen für die Zukunft der Lehre in den Ingenieurwissenschaften (2013a), S. 117-129.
- Steffen, M.; Frye, S.; Deuse, J.:** Vielfalt Lernfabrik. Morphologie zu Betreibern, Zielgruppen und Ausstattungen von Lernfabriken im Industrial Engineering, in: wt Werkstattstechnik online Jahrgang 103 (2013b) H. 3, S. 233-239.
- Syska, A.:** Produktionsmanagement. Das A-Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute, Wiesbaden 2006.
- Takeda, H.:** Das synchrone Produktionssystem. Just-in-time für das ganze Unternehmen, 7. Auflage, München 2013.
- Tietjen, T.; Müller, D. H.:** FMEA-Praxis. Das Komplettpaket für Training und Anwendung, 2. überarb. Auflage, München/Wien 2003.
- Vahrenkamp, R.:** Logistik. Management und Strategien, 6. überarb. und erw. Auflage, München 2007.
- Vahrenkamp, R.:** Produktionsmanagement, 6. Auflage, München 2008.
- Vollmer, L.:** Schnelle und wirkungsvolle Verbesserungen des gesamten Wertschöpfungsprozesses mit Wertstromdesign, in: Töpfer, A. (Hrsg.): Lean Six Sigma. Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma, Berlin/Heidelberg 2009, S. 137-158.
- Wagner, C.; Heinen, T.; Regber, H.; Nyhuis, P.:** Fit for Change – Der Mensch als Wandlungsbefähiger. Anforderungen an eine Lernfabrik zur Qualifizierung von Mitarbeitern, in: wt Werkstattstechnik online Jahrgang 100 (2010) H. 9, S. 722-727.

- Wagner, U.; AlGeddawy, T.; ElMaraghy, H.; Müller, E.:** The State-of-the-Art and Prospects of Learning Factories, in: Procedia CIRP 3 (2012), Chemnitz/Windsor 2012, S. 109-114.
- Werdich, M.:** FMEA – Einführung und Moderation, 2. Auflage, Wiesbaden 2011/2012.
- Wilson, L.:** How to Implement Lean Manufacturing, New York et al. 2010.
- Witt, J.; Witt, T.:** Werkzeuge des Qualitätsmanagements in der KVP-Praxis, Düsseldorf 2007.
- Wohinz, J. W.:** Industrielles Management. Das Grazer Modell, Wien/Graz 2003.
- Wohinz, J. W.; Moor, M.:** Betriebliches Energiemanagement. Aktuelle Investition in die Zukunft, Wien 1989.
- Womack, J. P.; Jones, D. T.:** Lean Thinking: Ballast abwerfen, Unternehmensgewinn steigern, 3. aktual. und erw. Auflage, Frankfurt am Main 2013.
- Zangemeister, C.:** Nutzwertanalyse in der Systemtechnik – Eine Methode zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen, 4. Auflage, München 1976.
- Zäpfel, G.:** Taktisches Produktions-Management, 2. unw. veränd. Auflage, München 2000.

## Internetquellenverzeichnis

**Allgemeine Unfallversicherungsanstalt:** Merkblatt M 021. Ergonomie, Wien 2012, [http://www.auva.at/mediaDB/MMDB118471\\_M021.pdf](http://www.auva.at/mediaDB/MMDB118471_M021.pdf), Zugriffsdatum 03.09.2013.

**BG ETEM:** Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse - Ergonomie in der Druckindustrie und Papier verarbeitenden Industrie, Köln 2011, [http://www.bgdp.de/pages/service/download/medien/210\\_DP.pdf](http://www.bgdp.de/pages/service/download/medien/210_DP.pdf), Zugriffsdatum 02.09.2013.

**Bundesministerium für LFUW:** Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Das Kyoto-Protokoll, Wien 2013, <https://www.help.gv.at/Portal.Node/hlpd/public/content/100/Seite.1000320.html>, Zugriffsdatum 08.11.2013.

**E-CONTROL:** Grünbuch Energieeffizienz. Maßnahmenvorschläge zur Steigerung der Energieeffizienz, Wien 2008, [http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/dokumente/pdfs/Gruenbuch%20Energieeffizienz%202008\\_0.pdf](http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/dokumente/pdfs/Gruenbuch%20Energieeffizienz%202008_0.pdf), Zugriffsdatum 08.11.2013.

**Häck, S.:** Poka Yoke, Baden-Württemberg 2013, [http://www.call-a-consultant.de/downloads/Methoden/Poka\\_Yoke.pdf](http://www.call-a-consultant.de/downloads/Methoden/Poka_Yoke.pdf), Zugriffsdatum 17.09.2013.

**Humpl, S.; Jonach, M.; Mayrhofer, M.; Rath, D:** Qualifikationsstruktur und Weiterbildungsbedarf Salzburg 2010 unter besonderer Berücksichtigung der Produktionswirtschaft, Wien 2006, [http://3s.co.at/sites/default/files/uploaded-documents/3s\\_SFS\\_Produktionswirtschaft\\_SBG1.pdf](http://3s.co.at/sites/default/files/uploaded-documents/3s_SFS_Produktionswirtschaft_SBG1.pdf), Zugriffsdatum 13.01.2014.

**IBL-Institut:** Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung an der Technischen Universität Graz, Graz 2013, [www.ibl.tugraz.at/](http://www.ibl.tugraz.at/), Zugriffsdatum 17.07.2013.

**IFT-Institut:** Institut für Fertigungstechnik an der Technischen Universität Graz, Graz 2014, [www.ift.tugraz.at/](http://www.ift.tugraz.at/), Zugriffsdatum 07.02.2014.

**Jochem, P.:** Stichwort: Energieintensität, in: Springer Gabler Verlag (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexikon, Wiesbaden 2013, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/127659/energieintensitaet-v6.html>, Zugriffsdatum: 05.11.2013.

**LEP:** Lernfabrik für Energieproduktivität, TU München – Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Garching 2013, [http://www.energielernfabrik.de/de/1\\_lep.html](http://www.energielernfabrik.de/de/1_lep.html), Zugriffsdatum 11.07.2013.



**Ministerium für UKE BW:** Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Verbrauch in Industrie und Handwerk, Stuttgart 2013a, <http://www.umweltschutz-bw.de/?lvl=5999>, Zugriffsdatum 10.11.2013.

**Ministerium für UKE BW:** Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Energieeffizienz in der Metallbearbeitung, Stuttgart 2013b, <http://www.umweltschutz-bw.de/?timme=&lvl=6109>, Zugriffsdatum 11.11.2013.

**NiFaR:** Flyer mit Beschreibung, Wolfenbüttel 2013a, [http://141.41.42.28/nifar/pdfs/\\_flyer-nifar.pdf](http://141.41.42.28/nifar/pdfs/_flyer-nifar.pdf), Zugriffsdatum: 14.11.2013.

**NiFaR:** Niedersächsische Lernfabrik für Ressourceneffizienz e.V., Wolfenbüttel 2013c, <http://www.nifar.de>, Zugriffsdatum: 14.11.2013.

**NiFaR:** Schulungsangebot, Wolfenbüttel 2013b, <http://141.41.42.28/nifar/pdfs/fl-nifar-schulungsangebot.pdf>, Zugriffsdatum: 14.11.2013.

**Prozesslernfabrik CiP:** Center für industrielle Produktivität, TU Darmstadt – Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen, Darmstadt 2013, <http://www.prozesslernfabrik.de>, Zugriffsdatum 11.07.2013.

**Ramsauer, C.; Wohinz, J. W.; Premm, G.; Plankenauer, E.; Obermoser, S.; Schnöll, H. P.; Manninger, V.:** IBL-Wissensbilanz 2011, Graz 2011, [http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/I3710/files/IBL\\_Wissensbilanz\\_2011\\_Final.pdf](http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/I3710/files/IBL_Wissensbilanz_2011_Final.pdf), Zugriffsdatum: 17.07.2013.

**Ruhr Universität Bochum:** Die Lernfabrik, Verbundprojekt REBOP, Lehrstuhl für Produktionssysteme Ruhr-Universität Bochum, Bochum 2013a, <http://www.lps.ruhr-uni-bochum.de/rebop/iak/>, Zugriffsdatum: 12.07.2013.

**Ruhr Universität Bochum:** LPS Lernfabrik an der Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Produktionssysteme Ruhr-Universität Bochum, Bochum 2013b, <http://www.lre.rub.de/>, Zugriffsdatum: 12.07.2013.

**Schumacher, J.:** Forum Kennzahlen in der Produktion. Kennzahlen in der Produktion, Würzburg 2010, <http://files.vogel.de/vogelonline/vogelonline/files/3085.pdf>, Zugriffsdatum 30.09.2013.

**Siemens AG Nürnberg:** Die Göttin der Weisheit, Kundenmagazin von Festo 2.2011, Esslingen 2011, [http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/151424/tia\\_2011\\_02.pdf](http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/151424/tia_2011_02.pdf), Zugriffsdatum 15.11.2013.

**Smart Production Graz:** Smart Production Graz - Forschungsschwerpunkte der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften, Graz 2013, [http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/dek3001/Files/SmartProductionGraz\\_en042013.pdf](http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/dek3001/Files/SmartProductionGraz_en042013.pdf), Zugriffsdatum 18.07.2013.

**Spieth, H.:** Förderung von Ressourceneffizienz in Baden-Württemberg, Böblingen 2013, [http://www.vdma.org/documents/106090/1538518/neu%20Umwelttechnik%20BW%202013-06-27\\_VDMA\\_Denkendorf\\_13-07-02.pdf](http://www.vdma.org/documents/106090/1538518/neu%20Umwelttechnik%20BW%202013-06-27_VDMA_Denkendorf_13-07-02.pdf), Zugriffsdatum 25.09.2013.

**STATcube:** Statistische Datenbank von Statistik Austria, Wien 2013, <http://statcube.at/superwebguest/login.do?guest=guest&db=debetril>, Zugriffsdatum 17.12.2013.

**STATISTIK AUSTRIA:** Betriebliche Weiterbildung, Wien 2013f, [http://www.statistik.at/dynamic/wcmsprod/idcplg?IdcService=GET\\_NATIVE\\_FILE&dID=139582&dDocName=070433](http://www.statistik.at/dynamic/wcmsprod/idcplg?IdcService=GET_NATIVE_FILE&dID=139582&dDocName=070433), Zugriffsdatum 17.12.2013.

**STATISTIK AUSTRIA:** Energiebilanzen, Wien 2013e, [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_und\\_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html), Zugriffsdatum 07.11.2013.

**STATISTIK AUSTRIA:** Energieeffizienzindikatoren, Wien 2013c, [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_und\\_umwelt/energie/energieeffizienzindikatoren/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeffizienzindikatoren/index.html), Zugriffsdatum 06.11.2013.

**STATISTIK AUSTRIA:** Nutzenergieanalyse (NEA), Wien 2013a, [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_und\\_umwelt/energie/nutzenergieanalyse/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/nutzenergieanalyse/index.html), Zugriffsdatum 02.11.2013.

**STATISTIK AUSTRIA:** Preise, Steuern, Wien 2013d, [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_und\\_umwelt/energie/preise\\_steuern/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/preise_steuern/index.html), Zugriffsdatum 06.11.2013.

**STATISTIK AUSTRIA:** Pressemitteilung 10.390-243/12, Energiebilanzen 2011, Wien 2013b, [http://www.statistik.at/web\\_de/dynamic/statistiken/energie\\_und\\_umwelt/energie/068625](http://www.statistik.at/web_de/dynamic/statistiken/energie_und_umwelt/energie/068625), Zugriffsdatum 06.11.2013.

**Steinhilper, R.:** Medienmitteilung Universität Bayreuth. Freistaat Bayern fördert Green Factory Bavaria am Standort Bayreuth mit drei Millionen Euro, Bayreuth 2013, [http://www.uni-bayreuth.de/presse/Aktuelle-Infos/2013/090-GreenFactoryBayreuth-UebergabeFoerderbescheid\\_29042013.pdf](http://www.uni-bayreuth.de/presse/Aktuelle-Infos/2013/090-GreenFactoryBayreuth-UebergabeFoerderbescheid_29042013.pdf), Zugriffsdatum 08.11.2013.

**TU Braunschweig:** Die Lernfabrik, Technische Universität Braunschweig – Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, Braunschweig 2013, <https://www.tu-braunschweig.de/iwf/die-lernfabrik>, Zugriffsdatum: 12.07.2013.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektskizze .....	4
Abbildung 2: Aufgabenstellung .....	6
Abbildung 3: Unterschiedliche Sichtweisen der Didaktik .....	9
Abbildung 4: Didaktische Modelle und ihre Weiterentwicklungen.....	10
Abbildung 5: Berliner Modell.....	12
Abbildung 6: Wissenstreppe nach North .....	14
Abbildung 7: Kompetenzfacetten.....	15
Abbildung 8: Formelle und informelle Lernprozesse in der Lernfabrik.....	17
Abbildung 9: Wissensaufnahme und Beibehaltung .....	18
Abbildung 10: Lernzyklus nach Kolb .....	20
Abbildung 11: Leittextmethode .....	28
Abbildung 12: Struktur und Aufbau der Studie von Cachay et al.....	29
Abbildung 13: Gliederung von Ablaufabschnitten .....	36
Abbildung 14: Ablaufarten bezogen auf den Menschen .....	38
Abbildung 15: Bewegungszeittabelle des MTM-Grundverfahrens fürs Fügen.....	39
Abbildung 16: Zeitgliederung für die Vorgabezeit.....	40
Abbildung 17: Vorgehensweise und Leitertafel nach dem Streuzahlverfahren .....	43
Abbildung 18: Poka-Yoke System .....	44
Abbildung 19: FMEA-Formblatt nach VDA .....	47
Abbildung 20: Beispiel eines Wertstromdiagramms .....	53
Abbildung 21: One-Piece-Flow Montagesystem.....	54
Abbildung 22: Leistungsabstimmung bzw. Taktabstimmung .....	57
Abbildung 23: Von-Nach-Matrix und Sankey-Diagramm .....	60
Abbildung 24: Planungsphasen der Betriebsstättenplanung .....	62
Abbildung 25: Technisch-wirtschaftliche Konzeption „vom Groben zum Feinen“ .....	63
Abbildung 26: Pull- und Push-Prinzip .....	65
Abbildung 27: ABC-Analyse und geeignete Teile für das JiT-Konzept.....	65
Abbildung 28: Prinzip Kanban-Steuerung .....	66

---

Abbildung 29: Energieumwandlungskette vom Dargebot zum Bedarf.....	71
Abbildung 30: Sektoraler Endenergieverbrauch Österreichs von 1993 bis 2011.....	72
Abbildung 31: Energieintensität in der Sachgüterproduktion Österreichs.....	73
Abbildung 32: Entwicklung der Jahresdurchschnittspreise wichtiger Energieträger ..	73
Abbildung 33: Lernkurve verringert Energieeinsatz.....	77
Abbildung 34: Handlungsansätze zur Energieeffizientsteigerung.....	78
Abbildung 35: Vorgehen bei Anwendung der Energiewertstrom-Methode.....	82
Abbildung 36: Geographische Lage der identifizierten Lernfabriken .....	83
Abbildung 37: Bilder CiP an der TU Darmstadt .....	85
Abbildung 38: Bilder der hybriden Lernfabrik bei Siemens Nürnberg .....	86
Abbildung 39: Betreiberstruktur und Zielgruppen .....	87
Abbildung 40: Größe der Gruppen, Produktcharakter und Abstraktionsgrad .....	88
Abbildung 41: Schwerpunkte und Lehr-/Lerninhalte.....	90
Abbildung 42: Word Cloud zu den analysierten Schwerpunkten und Lehrinhalten ...	91
Abbildung 43: Unternehmensbereiche, Arbeitsplätze und Betriebsmittel .....	92
Abbildung 44: Innere Struktur der IBL-Lehrinhalte samt vertiefender LVs.....	95
Abbildung 45: Äußere Struktur der IBL-Lehrinhalte samt vertiefender LVs .....	96
Abbildung 46: Wichtigster Kursinhalt in Weiterbildungskursen.....	102
Abbildung 47: Megatrends, Zielgrößen und Hebel der zukünftigen Produktion.....	103
Abbildung 48: Paradigmenwandel in der zukünftigen Produktion.....	104
Abbildung 49: Zwei Wege bei der Einführung einer Lernfabrik .....	106
Abbildung 50: Schwerpunkte der IBL-Lernfabrik .....	108
Abbildung 51: Aufteilung der Lehrinhalte in 12 Module .....	109
Abbildung 52: Anforderungsprofil für das Produkt in der IBL-Lernfabrik.....	112
Abbildung 53: Produktvarianten mit Bezug zur TU Graz .....	114
Abbildung 54: Hudora Bold Wheel Cushion 230 im Eignungstest .....	116
Abbildung 55: Hudora Bold Wheel Cushion 230 im TUG-Design.....	118
Abbildung 56: Ausstattung im Ausgangs- und Zukunftszustand .....	123
Abbildung 57: 3D-Darstellung der Ausstattung im Ausgangszustand .....	128
Abbildung 58: 3D-Darstellung der Ausstattung im Zukunftszustand.....	129
Abbildung 59: Ausbildungsinhalte der IFT-Lernfabrik.....	148

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse der Studie von Cachay et al. ....	30
Tabelle 2: Therbligs und zugehörige Symbole .....	37
Tabelle 3: Symbole im Wertstromdiagramm und deren Bedeutung .....	53
Tabelle 4: Produktionsorientierte Kennzahlen .....	55
Tabelle 5: 7 Voraussetzungen und 8 Regeln für ein Kanban-System .....	67
Tabelle 6: Statistiken zum Energieverbrauch in Österreich und der Steiermark.....	75
Tabelle 7: Einsparpotentiale ausgewählter Technologien .....	81
Tabelle 8: Betreiber von Lernfabriken .....	84
Tabelle 9: Weiterbildungsaktive Unternehmen .....	99
Tabelle 10: Genutzte Formen der Weiterbildung.....	100
Tabelle 11: Teilnahmequote, Art und Dauer der Weiterbildungskurse .....	100
Tabelle 12: Kosten für Weiterbildungsaktivitäten.....	101
Tabelle 13: Denkweisen von Morgen in den einzelnen Aktionsfeldern – Teil 1 .....	104
Tabelle 14: Denkweisen von Morgen in den einzelnen Aktionsfeldern – Teil 2.....	105
Tabelle 15: Vergleich der Tretroller im Eignungstest.....	117
Tabelle 16: Einzelteile des Hudora Bold Wheel Cushion 230.....	119
Tabelle 17: Montageschritte am Produkt – Teil 1 .....	120
Tabelle 18: Montageschritte am Produkt – Teil 2 .....	121
Tabelle 19: Ausstattung Lernfabrik – Mobiliar .....	124
Tabelle 20: Ausstattung Lernfabrik – Energieverbraucher .....	125
Tabelle 21: Ausstattung Lernfabrik – Messgeräte .....	125
Tabelle 22: Ausstattung Lernfabrik – Visualisierungsinstrumente und Optik.....	126
Tabelle 23: Ausstattung Lernfabrik – Sonstige Werkzeuge und Hilfsmittel .....	127
Tabelle 24: Ausstattung Lernfabrik – Produkt und Zubehör .....	127
Tabelle 25: Investitionssumme IBL Lernfabrik.....	128
Tabelle 26: Einordnung der IBL-LF in die 1. Morphologie n. Steffen/Frye/Deuse ...	141
Tabelle 27: Einordnung der IBL-LF in die 2. Morphologie n. Steffen/Frye/Deuse ...	142

## Formelverzeichnis

Formel 1: Leistungsgrad.....	42
Formel 2: Varianz, Standardabweichung und Variationszahl .....	43
Formel 3: Taktzeit bzw. Kundentakt .....	56
Formel 4: Theoretische Minimalzahl an Arbeitsstationen .....	56
Formel 5: Anzahl Kanbans .....	66
Formel 6: Energieeffizienz.....	76
Formel 7: Energieeinsatzproduktivität, Spez. Energieeinsatz und Wirkungsgrad.....	77

## Abkürzungsverzeichnis

BIP	Bruttoinlandsprodukt
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa (ungefähr)
CCOE	Center for Operations Excellence
CiP	Center für industrielle Produktivität
CVTS	Continuing vocational training survey (Weiterbildungserhebung)
DLZ	Durchlaufzeit
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EU	Europäische Union
FIFO	First In – First Out
FiS	Fabrik im Seminarraum
FMEA	Fehler-Möglichkeiten- und –Einflussanalyse
HLK	Heizung-Lüftung-Klima
IBL-Institut	Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung
IE	Industrial Engineering
IFT-Institut	Institut für Fertigungstechnik
IT	Informationstechnik
IUK	Information und Kommunikation
JiT	Just-in-Time
KFZ	Kraftfahrzeug
KL	Kursleitende Person
KPI	Key Performance Indicator
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LF	Lernfabrik
LPI	Lean Performance Index
LV	Lehrveranstaltung
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MBA	Master of Business Administration

MCC	McKinsey Capability Center
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MLF	Model Lean Factory
MOST	Maynard Operation Sequence Technique
MTM	Methods-Time Measurement
MTM	Methods-Time-Measurement
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Gesamtanlageneffektivität)
PA	Prozessanalyse
PJ	Petajoule
PPS	Produktionsplanung und –steuerung
PWG	Prozesswirkungsgrad
QM	Qualitätsmanagement
RPZ	Risikoprioritätszahl
SCM	Supply Chain Management
SMED	Single Minute Exchange of Die
SvZ	Systeme vorbestimmter Zeiten
TMU	Time-Measurement-Unit
TN	Teilnehmende Personen
TNKG	Teilnehmer-Kleingruppen
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TQC	Total Quality Control
TQM	Total Quality Management
TRK	Technische Richtkonzentration
TUG	Technische Universität Graz
WF	Work-Factor



## Anhang

### A.1 Erhebungsbögen

Betreiber	Festool Engineering GmbH
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean-Management (Lean-Production, Lean Administration)
Lernziele / Lerninhalte	Methodik: 12 Module, Planspiele, Workshop und Fallstudien Wertstromanalyse, Wertstromdesign, Lean-Methoden (5S, Kanban, Pull- und Push- Steuerung, Ein-Stück-Fluss und Umsetzung einer U-Linie), KVP, Austaktung, 7 Arten der Verschwendung, TPM, Transparenz von Prozessen, Zyklische Materialversorgung, schnelle Rüstprozesse, Material- und Informationsflussanalyse, Heijunka (Nivellieren und Glätten), Lean-Methoden im administrativen Bereich, Zielverfolgung mittels KPI, Shopfloor-Management, Shainin, Six Sigma, PDCA-Zyklus, Ursachenanalyse, Kaizen-Workshop, SCM
Zielgruppen	Kommende und derzeitige Anwender der Lerninhalte und Führungskräfte
Gruppengrößen	Ab 6 Personen, teilweise auf 12 Personen beschränkt
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, innerbetriebliche Logistik, Supply Chain Management, Disposition, Produktionssteuerung, Vertrieb, Händler, Buchhaltung, Kunde, Lieferant
Produkt(e)	Akku-Ladegeräte
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz, Werkzeuge, Shopfloor-Management-Board
Abstraktionsgrad	mittel (vereinzelte Simulation)
Quellen	Festool Engineering: Festool Engineering GmbH, Neidlingen 2013, <a href="http://www.festoolengineering.com/akademie/">http://www.festoolengineering.com/akademie/</a> , Zugriffsdatum 09.07.2013.

Betreiber	Hochschule Ostwestfalen-Lippe, IWT-Institut e.V. (Institut für wirtschaftliche und technologische Unternehmensführung e.V.) und REFA Nordwest e.V. Regionalverband Ostwestfalen-Lippe
Inhaltliche Schwerpunkte	Industrial Engineering
Lernziele / Lerninhalte	Methodik: 14 Module, Planspiele, Fallstudien und Workshops Push- und Pull Steuerung, Verschwendung sehen, REFA-Methodenlehre, MTM-Methode, Lean Management, Cardboard Engineering-Methode und Arbeitsplatzgestaltung, Visuelles Management, 5S, Poka Yoke, Kanban, Milk-Run, Materialbereitstellung, ABC-XYZ-Analyse, Austaktung, One Piece Flow, Materialfluss- und Layoutplanung, Nutzwertanalyse, Projektmanagement, Auftrags- und Reihenfolgeplanung, Wertstromanalyse, Wertstromdesign, SMED-Methode, effiziente Rüstwechsel, Stoffstromanalyse, Materialeffizienz, Mitarbeiterführung, Kennzahlensysteme (Balanced Scorecard), SWOT-Analyse, SMART-Methode, Austakten/Nivellieren
Zielgruppen	Studenten; Angestellte und Führungskräfte in Unternehmungen aus den Bereichen Technik, Produktion und Logistik
Gruppengrößen	auf 16 Personen beschränkt
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Vorrichtungsbau, Lieferant, Kunde
Produkt(e)	Rollwagen
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Werkzeuge, Vorrichtungsbau, Tablet-PCs
Abstraktionsgrad	mittel (vereinzelte Simulation)
Quellen	Pläster, I.; Pielemeier, L.: Die Lernfabrik für Industrial Engineering in Ostwestfalen-Lippe, Lemgo 2012, <a href="http://www.iel-owl.de/index_html_files/IEL-Broschuere.pdf">http://www.iel-owl.de/index_html_files/IEL-Broschuere.pdf</a> , Zugriffsdatum 10.07.2013.  IEL: Die Lernfabrik für Industrial Engineering, Institut für wirtschaftliche und technologische Unternehmensführung der Hochschule Ostwestfalen-Lippe e.V., Detmold 2013, <a href="http://www.iel-owl.de/index.htm">http://www.iel-owl.de/index.htm</a> , Zugriffsdatum 10.07.2013.

Betreiber	Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH , Werkzeugmaschinenlabor WZL RWTH Aachen, Fraunhofer- Instituts für Produktionstechnologie IPT
Inhaltliche Schwerpunkte	Werkzeugbau
Lernziele / Lerninhalte	Berufsbegleitender Masterstudiengang und Intensivkurs nicht genauer beleuchtet.  Lernziele und Lerninhalte beziehen sich auf die ein- bis zweitägigen Seminare: Wertstromorientierte Produktionssteuerung (Wertströme, Nivellierung, Push- und Pull- Verfahren, Rüstop Optimierung, 6S, Führungsgrundlagen und Industrialisierung in Werkzeugbaubetrieben, Fließfertigung, Teambildung, Effiziente Geschäftsprozesse, Schwachstellenanalyse, Produktionssysteme – Best Practice, Lean Production, Fertigungstechnologien und -strategien, Preis- bzw. Kostenanalyse im Einkauf und Finanzierung von Unternehmungen
Zielgruppen	In den Seminaren: Führungskräfte und Mitarbeiter von kleinen bis mittleren Unternehmungen unter anderem im Bereich Werkzeugbau
Gruppengrößen	keine Beschränkung angegeben
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Fertigung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Werkzeug-/ Vorrichtungsbau, Finanzen, PPS
Produkt(e)	Prototypen
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Maschinenarbeitsplatz, Fertigungsmaschinen, Handhabungs- technik, Werkzeuge, Vorrichtungsbau, Werkzeugbau
Abstraktionsgrad	Hoch (abstrakte Simulation des Großteils der Prozesse und Betriebsmittel) im Bereich des Seminarangebotes
Quellen	Werkzeugbau Akademie: Seminare 2013, WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH, Aachen 2013a, <a href="http://www.werkzeugbau-akademie.de/app/download/5785889387/Flyerfinal.pdf">http://www.werkzeugbau- akademie.de/app/download/5785889387/Flyerfinal.pdf</a> , Zugriffsdatum 10.07.2013.  Werkzeugbau Akademie: WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH, Aachen 2013b, <a href="http://www.werkzeugbau-akademie.de/">http://www.werkzeugbau- akademie.de/</a> , Zugriffsdatum 10.07.2013.

Betreiber	Schaeffler AG
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean Management (Lean Enterprise und Lean Office)
Lernziele / Lerninhalte	Lean-Methoden, Verschwendung vermeiden, Fehlerfreie Prozesse, Kundenorientierung, Qualitätssicherung, Kaizen, Wertstromanalyse, Wertstromdesign, Swimlane, Kanban, Flussorientierte Produktion, Milk-Run, TPM, 5S, SMED, Train-the-Trainer
Zielgruppen	Eigene Mitarbeiter vom Auszubildenden bis zu den Managern
Gruppengrößen	Keine Begrenzung angegeben
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Bezogen auf die Basis-Seminare (Lean Enterprise und Lean Office)  Montage, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Vorrichtungsbau, SCM, Vertrieb, Einkauf
Produkt(e)	Keine Angabe
Produktcharakter	Keine Angabe
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz, Werkzeuge  Zusätzlich in MOVE Leadership Workshops: Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Vorrichtungsbau
Abstraktionsgrad	mittel (vereinzelte Simulation)
Quellen	Beauvais, W.: Qualification as an effective tool to support the implementation of Lean, in: Reinhart, G. et al. (Hrsg.): 3rd CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES, München 2013, S. 109-117.

Betreiber	TU Darmstadt (Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen; kurz PTW) und unterstützt durch McKinsey & Company
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean Manufacturing
Lernziele / Lerninhalte	JIT- Produktion, Pull-Production (One-Piece-Flow, Kanban, FIFO, Kontinuierlicher Fluss, Chaku-Chaku bzw. U-Zelle), Kaizen und KVP, SMED, TPM, Heijunka – Nivellierung und Glättung, 5S – Standards, Null-Fehler und Poka Yoke, Jidoka, Automation, Visuelles Management (KPI, Andon), Wertstromanalyse, Wertstromdesign, Problemlösungstechniken (PDCA-Zyklus, Ishikawa-Diagramm), Ideenmanagement, Produktionsplanung, Transporte, Materialflüsse, Informationsflüsse, TPM Instandhaltung,
Zielgruppen	Studenten und Mitarbeiter von Unternehmen
Gruppengrößen	8 bis 20 Teilnehmer
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Auftragseingang, Wareneingang, Fertigung, Montage, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Werkzeug-/Vorrichtungsbau, Vertrieb, Kauf und Verkauf
Produkt(e)	Pneumatikzylinder und Elektro-Getriebemotor
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt (Pneumatikzylinder) und didaktisch aufbereitetes Produkt (Elektro-Getriebemotor)
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Lager  Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, Vorrichtungsbau, Transportmittel
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	CiP: Prozesslernfabrik CiP – Center für industrielle Produktivität, TU Darmstadt – Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen, Darmstadt 2013, <a href="http://www.prozesslernfabrik.de/">http://www.prozesslernfabrik.de/</a> , Zugriffsdatum 11.07.2013.

Betreiber	TU München, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) und McKinsey & Company
Inhaltliche Schwerpunkte	Energieproduktivität und Lean Production
Lernziele / Lerninhalte	In der LEP (Lernfabrik für Energieproduktivität): Energieverschwendung erkennen, Steigerung der Energieproduktivität, Visualisierung des Energieverbrauchs, Kennzahlen Energie, Aufnahme Energiewertstrom und Analyse, Energiewertstromdesign, Energieversorgung, Produktionsplanung und -steuerung, Technische Gebäudeausrüstung, Energiemanagementansatz  In der LSP (Lernfabrik für schlanke Produktion): Prinzipien, Methoden und Werkzeuge der schlanken Produktion (Lean Production), Prozessoptimierung, Transportsysteme, Lagerung
Zielgruppen	Studierende aber auch Ingenieure und Manager aus Unternehmungen
Gruppengrößen	teilweise auf 12 Teilnehmer beschränkt
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik
Produkt(e)	Zahnrad-Wellen-Kombination in der LEP, Stirnradgetriebe und Planetengetriebe in der LSP
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz  Fertigungsmaschinen, Wärmeofen, Druckluft- und Dampfnetzwerk, Handhabungstechnik, Werkzeuge
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	LEP: Lernfabrik für Energieproduktivität, TU München – Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Garching 2013, <a href="http://www.energielernfabrik.de/de/1_lep.html">http://www.energielernfabrik.de/de/1_lep.html</a> , Zugriffsdatum 11.07.2013.  Abele, E.: Welcoming speech and presentation of the Initiative on European Learning Factories, in: Reinhart, G. et al. (Hrsg.): 3rd CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES, München 2013, S. 17.

Betreiber	TU Wien (Institut für Managementwissenschaften Betriebstechnik und Systemplanung, Institut für Fertigungstechnik, Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik) in Kooperation mit Fraunhofer Austria
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean Management und Produktentwicklung (Lean Production, Lean Logistics, Lean Assembly)
Lernziele / Lerninhalte	Lean-Methoden in der Produktion und Logistik, Effizienter Ressourcenverbrauch, Durchlaufzeiten reduzieren, Materialflussplanung, Supermärkte und Durchlaufregale, Kanban, Verschwendung sehen und vermeiden, Produktionsplanung- und steuerung, Produktentwicklung mit Fokus auf „Design for assembly“ (bestehendes Produkt „Slotcar“ so modifizieren und optimieren, dass die Montage weniger Verschwendung aufweist und sich kürzere Durchlaufzeiten ergeben)
Zielgruppen	Studenten und Mitarbeiter von Unternehmen
Gruppengrößen	Beschränkt
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Konstruktion, Entwicklung, Vertrieb, Einkauf
Produkt(e)	Slotcar und LKW-Modell
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt (Optimierung Slotcar) und didaktisch aufbereitetes Produkt (LKW-Modell)
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz für Konstruktion Fertigungsmaschinen, Werkzeuge, 3D-Drucker
Abstraktionsgrad	mittel (vereinzelte Simulation)
Quellen	TU Wien: TU Wien – Institut für Managementwissenschaften Betriebstechnik und Systemplanung, Wien 2013, <a href="http://www.imw.tuwien.ac.at/bt/zusatzangebot/lernfabrik/EN/http://www.energielernfabrik.de/de/1_lep.html">http://www.imw.tuwien.ac.at/bt/zusatzangebot/lernfabrik/EN/http://www.energielernfabrik.de/de/1_lep.html</a> , Zugriffsdatum 11.07.2013.  Fraunhofer: Fraunhofer Austria Research GmbH, Wien 2013, <a href="http://www.fraunhofer.at/de/pl/schulung/lernfabrik.html">http://www.fraunhofer.at/de/pl/schulung/lernfabrik.html</a> , Zugriffsdatum 11.07.2013.  Besichtigung der Lernfabrik vor Ort und Führung durch die Lernfabriken (zwei verschiedene Gebäude und Räumlichkeiten) Kontakt: Herr Andreas Jäger.

Betreiber	HOCHSCHULE für angewandte Wissenschaften LANDSHUT, Kompetenzzentrum PuLL
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean Management (Lean Factory Design, Lean Production, Lean Logistics, Lean Best-Practice)
Lernziele / Lerninhalte	Fabrikplanung, Gestaltung Montage und Logistikprozesse, Produktionssteuerung, Lean-Methoden, Materialflussplanung, Layoutplanung, Visualisierung, Flächenbedarfe ermitteln, Transportwege, humane Arbeitsbedingungen, Engpässe beseitigen, Pull-Steuerung, Kennzahlen, JIT-Prozess (Kanban, Just-in-Sequence), Supermärkte und Bestände, ausgetaktete U-Zelle, optimal gestaltete Arbeitsplätze, Verschwendung aufdecken, Wertstrommethode, 3P Workshop, Transparenz
Zielgruppen	Studenten, Werker, Management, Logistik- und Produktionsplaner
Gruppengrößen	Keine Beschränkung angegeben
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Planung, SCM, Vertrieb, Wareneingang
Produkt(e)	Bodenroller und Spielzeug-Traktor
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt (Bodenroller) und didaktisch aufbereitetes Produkt (Spielzeug-Traktor)
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Fertigungsmaschinen, Werkzeuge, Heijunka-Board, Routenzug, Fabrikplanungssoftware am 42" Touchscreen Monitor, 3D Beamer mit Shuttertechnologie, Wärmebildkamera, Ultraschallmessgeräte, Strommesszangen
Abstraktionsgrad	mittel (vereinzelte Simulation)
Quellen	Schneider, M.; Ettl, M.; Thams, P.: Kompetenz erwerben in der Lean-Lernfabrik – Von der Fabrikplanung bis zum Shopfloor-Management, in: wt Werkstattstechnik online Jahrgang 102 (2012) 1/2, S. 68-72. HAW Landshut: HOCHSCHULE für angewandte Wissenschaften LANDSHUT, Landshut 2013a, <a href="https://www.haw-landshut.de/die-hochschule/kompetenzzentren/produktion-logistik/weiterbildung.html">https://www.haw-landshut.de/die-hochschule/kompetenzzentren/produktion-logistik/weiterbildung.html</a> , Zugriffsdatum: 12.07.2013. HAW Landshut: HOCHSCHULE für angewandte Wissenschaften LANDSHUT, Landshut 2013b, <a href="https://www.haw-landshut.de/die-hochschule/kompetenzzentren/produktion-logistik/wir-ueber-uns.html">https://www.haw-landshut.de/die-hochschule/kompetenzzentren/produktion-logistik/wir-ueber-uns.html</a> , Zugriffsdatum: 12.07.2013.



Betreiber	Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Produktionssysteme in Kooperation mit der Scheider Electric GmbH und weiteren Kooperationspartnern
Inhaltliche Schwerpunkte	Energie- und Ressourceneffizienz (Lernfabrik LRE) Weitere Lernfabriken mit anderen Schwerpunkten geplant
Lernziele / Lerninhalte	Verschwendung sehen und vermeiden, Abbildung von Material-, Informations- und Ressourcenflüsse, Energie- und Materialeinsparung in der Fertigung, Unterweisung zu Beginn, Messwerte aufnehmen, Auswertung und Deutung der Messwerte, Lastganganalysen, KVP, Implementierung der Verbesserungsvorschläge und Auswirkungen wahrnehmen, Sankey-Diagramme, Energiewertstromanalyse, duale Energiesignatur, Kennzahlen KPI, Energiemanagement, Energieeffizienz,
Zielgruppen	Vorwiegend Studenten (aber auch interessierte Mitarbeiter aus allen Unternehmensbereichen - vom oberen Management- bis zur Shopfloorebene)
Gruppengrößen	Keine Beschränkung angegeben
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung vom Rohmaterial bis zur Verpackung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Lager, Vertrieb, Wareneingang, Personalplanung
Produkt(e)	Stempelgehäuse, Flaschenverschluss
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, Transportsysteme, Energieerfassungssysteme
Abstraktionsgrad	mittel (vereinzelte Simulation)
Quellen	Ruhr-Universität Bochum: Die Lernfabrik, Verbundprojekt REBOP, Lehrstuhl für Produktionssysteme Ruhr-Universität Bochum, Bochum 2013a, <a href="http://www.lps.ruhr-uni-bochum.de/rebop/iak/">http://www.lps.ruhr-uni-bochum.de/rebop/iak/</a> , Zugriffsdatum: 12.07.2013. Ruhr-Universität Bochum: LPS Lernfabrik an der Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Produktionssysteme Ruhr-Universität Bochum, Bochum 2013b, <a href="http://www.lre.rub.de/">http://www.lre.rub.de/</a> , Zugriffsdatum: 12.07.2013.

Betreiber	TU Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF)
Inhaltliche Schwerpunkte	Energie- und Ressourceneffizienz
Lernziele / Lerninhalte	Energieeffizienz, Kontinuierliche Energie- und Hilfsstoffflusserfassung - Monitoring, Transparenz schaffen, Gesamtsystemeffizienz, Energietransparente Maschinen, Energiekennzahlen, KVP, Leistungsbedarf des wertschöpfenden Zerspanungsprozesses einer Maschine, erneuerbare Energien, Effizienz von Druckluftsystemen, Umgang mit Messgeräten, Energiebedarf von Bürogeräten und Alltagsgeräten, alternative Kühlschmierstoffe, Späneentölung, Energiewertstrom
Zielgruppen	Studenten, Auszubildende, Mitarbeiter aller Industriebranchen
Gruppengrößen	Auf 15 Teilnehmer beschränkt
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Unterschiedliche Lernstationen, Produktion (Einzelprozesse, Maschinen, Prozesskette), Energieverbraucher eines Unternehmens, Ganzheitliche Betrachtung von Maschine bis zur Gebäudehülle
Produkt(e)	Produkt nicht von Interesse, einzelne Stationen
Produktcharakter	-
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Maschinenarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz, Fertigungsmaschinen, Werkzeuge, Energiemessgeräte, technische Gebäudeausrüstung (Druckluft, Solarzellen, Windrad)
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	Herrmann, C.; Thiede, S.; Bogdanski, G.: Energie- und Ressourceneffizienz lernen, in: HOB Die Holzbearbeitung 4/2012, S. 43-45.  TU Braunschweig: Die Lernfabrik, Technische Universität Braunschweig – Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, Braunschweig 2013, <a href="https://www.tu-braunschweig.de/iwf/die-lernfabrik">https://www.tu-braunschweig.de/iwf/die-lernfabrik</a> , Zugriffsdatum: 12.07.2013.

Betreiber	Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Umweltgerechte Produktionstechnik und Fraunhofer Projektgruppe Prozessinnovation
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean Production
Lernziele / Lerninhalte	Verschwendung aufspüren und vermeiden, Prozessoptimierung, Wertstromanalyse und Wertstromdesign, Bestände reduzieren, Durchlaufzeiten senken, Flexibilität erhöhen, Ergonomie, Effiziente Gestaltung des Arbeitsplatzes, Rüstzeitoptimierung, SMED,  im digitalen Planungslabor: virtuelle digitale Planung von Fabriken, Simulation von Materialflüssen, 3D-Visualisierung
Zielgruppen	Studenten und Mitarbeiter von Unternehmen
Gruppengrößen	Auf 15 Teilnehmer beschränkt
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik
Produkt(e)	-
Produktcharakter	-
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz  Fertigungsmaschinen, Werkzeuge
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	Universität Bayreuth: Lernfabrik, Universität Bayreuth – Lehrstuhl für Umweltgerechte Produktionstechnik, Bayreuth 2013 <a href="http://www.lup.uni-bayreuth.de/de/fhg/06_ausstattung/lernfabrik/index.html">http://www.lup.uni-bayreuth.de/de/fhg/06_ausstattung/lernfabrik/index.html</a> , Zugriffsdatum: 14.07.2013.

Betreiber	Universität Stuttgart, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) in Kooperation mit Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Deutschen MTM-Vereinigung e.V. und FESTO Didactic GmbH
Inhaltliche Schwerpunkte	Advanced Industrial Engineering
Lernziele / Lerninhalte	Durchgehende Prozessketten, partizipative Produktionsplanung, integrierte Planungsverfahren, Produktionssysteme, Visualisierung, Problemanalyse, Lösungsfindung, QM, Kaizen/KVP, Lean Management, PPS, SCM, Beer Game – Planspiel, Kennzahlensystem (OEE, DLZ, Qualitätsgrad,...) Arbeitsplanentwicklung, Zeitwirtschaft und Zeitaufnahmen (MTM, etc.), Arbeitsplatzgestaltung, Wertstromanalyse, Wertstromdesign, Materialflussanalyse, Arbeitsablaufanalyse, ABC- und PQ-Analyse, Turbulenz- und Schwachstellenanalyse, Konstruktions-/ Prozess-FMEA, Layoutplanung, Kanban-Kreisläufe, Austaktung, Jidoka
Zielgruppen	Studenten und Experten aus dem Bereich Industrial-Engineering
Gruppengrößen	Auf 8 Personen beschränkt, Planspiel 10 - 12 Personen
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Vormontage, Fertigung, Endmontage, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Konstruktion, SCM, vom Wareneingang bis zum Versand alles abgebildet
Produkt(e)	Variantenreiches Schreibtischset
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Physische Modellfabrik / digitale Lerninsel: Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz, Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, automatisiertes Lager, Transportbänder
Abstraktionsgrad	mittel (vereinzelte Simulation)
Quellen	Westkämper, E.: Lernfabrik - advanced Industrial Engineering - Seminarprogramm, Stuttgart 2012, <a href="http://if.iff.uni-stuttgart.de/schulungsangebot/broschuere_if.pdf">http://if.iff.uni-stuttgart.de/schulungsangebot/broschuere_if.pdf</a> , Zugriffsdatum 16.07.2013.  Universität Stuttgart: Lernfabrik für advanced Industrial Engineering, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, Stuttgart 2013, <a href="http://if.iff.uni-stuttgart.de">http://if.iff.uni-stuttgart.de</a> , Zugriffsdatum: 16.07.2013.

Betreiber	TU Dortmund, Institut für Produktionssysteme (IPS)
Inhaltliche Schwerpunkte	Industrial Engineering
Lernziele / Lerninhalte	Physische Arbeitssystemgestaltung, innerbetriebliche Logistik, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, Qualitätsmanagement, Zeitwirtschaft, Lean-Methoden (5S, Fließfertigung, Pull-Produktion, etc.), Arbeitsorganisation
Zielgruppen	Größtenteils Studierende, bedarfsorientiert auch Mitarbeiter aus Produktionsunternehmen
Gruppengrößen	5 bis 8 Teilnehmer
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, innerbetriebliche Logistik, Werkzeug-/ Vorrichtungsbau, Qualitätsmanagement
Produkt(e)	Zwei-Stufen-Getriebe
Produktcharakter	didaktisch aufbereitetes Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Werkzeuge, Vorrichtungsbau und Betriebsmittel für den Vorrichtungsbau
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	Steffen, M.; Frye, S.; Deuse, J.: Vielfalt Lernfabrik – Morphologie zu Betreibern, Zielgruppen und Ausstattungen von Lernfabriken im Industrial Engineering, in: wt Werkstattstechnik online Jahrgang 103 (2013a) H. 3, S. 233-239. Steffen, M.; Frye, S.; Deuse, J.: „The only Source of Knowledge is Experience“ – Didaktische Konzeption und methodische Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen in Lernfabriken zur Aus- und Weiterbildung im Industrial Engineering, in: TeachING-LearnING.EU discussions – Innovationen für die Zukunft der Lehre in den Ingenieurwissenschaften (2013b), S. 117-129.

Betreiber	Lean Factory Group GmbH (nicht überall Betreiber, agiert auch wie in Landshut als Anwender),  (nutzt Linien in Stuttgart, Langenfeld, Landshut), auch noch in Schweiz, Ungarn, Großbritannien, USA  baut die Linie auch in einem Unternehmen vor Ort auf
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean Management (Lean Production, Lean Office)
Lernziele / Lerninhalte	Lean Werkzeuge: Push vs. Pull, Kanban, Taktung, Supermarkt berechnung, Supply Chain, Fließfertigung, One-Piece-Flow, Heijunka, visuelles Management, Standards, Ergonomie, Materiallogistik, TPM, zyklische Materialversorgung; Supermarkt und Kanban, FIFO, Kennzahlen, 5S, Milk-Run, Poka Yoke, SMED, Kaizen, C-Teile Versorgung, Wertstromanalyse und -design
Zielgruppen	Mitarbeiter aus Unternehmungen
Gruppengrößen	Keine Angabe
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Vorfertigung, Vormontage, Hauptmontage, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, SCM, Vertrieb, Einkauf
Produkt(e)	Bodenroller
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Vorfertigung, Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Werkzeuge; Routenzug
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation), jedoch Vorzeigeeffekt sehr hoch, nur im Anschluss selbst ausprobieren und interaktive Erweiterung
Quellen	Lean Factory Group GmbH: Lean Factory Trainings-Center, Langenfeld 2013, <a href="http://www.lean-factory.com/">http://www.lean-factory.com/</a> , Zugriffsdatum: 13.11.2013.

Betreiber	Hochschule Ansbach, Institut: Centre of Excellence for TPM (CETPM), auch Inhouse-Seminare möglich
Inhaltliche Schwerpunkte	TPM und Lean Management (Lean Production, Lean Office)
Lernziele / Lerninhalte	Wertschöpfung, Verschwendung sehen lernen, Qualitätsmanagement, 4 P-Modell, Stabilität und Standards, Visuelles Management, 5S, Change-Management, Wertstrom-Methode (Analyse und Design), Kennzahlen KPI, Kaizen, Problemlösungstechniken, Shopfloor-Management, KVP, KATA, SMED Rüstzeitoptimierung, Low Cost Intelligent Automation (LCIA), Makigami
Zielgruppen	Studenten und Führungskräfte/Mitarbeiter von Unternehmen
Gruppengrößen	12 bis 15 Personen
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Werkzeug-/ Vorrichtungsbau, Vertrieb, Einkauf
Produkt(e)	Klemmbretter aus Aluminium
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, Vorrichtungsbau
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	CETPM: Leistungsangebot und Akademieprogramm 2014, Herrieden 2013a, <a href="http://www.cetpm.de/downloads/CETPM-Akademieprogramm-2014.pdf">http://www.cetpm.de/downloads/CETPM-Akademieprogramm-2014.pdf</a> , Zugriffsdatum: 13.11.2013. CETPM: CETPM an der Hochschule Ansbach, Herrieden 2013b, <a href="http://www.cetpm.de/">http://www.cetpm.de/</a> , Zugriffsdatum: 13.11.2013.

Betreiber	ITC GmbH – Impuls Trainingscenter auch Inhouse-Seminare möglich
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean Production und Lean Office
Lernziele / Lerninhalte	Verschwendung sehen, Standards, 3-P-Methode, 5S, Grundfertigkeiten, Instandhaltung, TPM, Kanban (Pull/Push), Supermarkt, Fließfertigung, One-Piece-Flow, KVP, PDCA-Zyklus, Problemlösungstechniken, KATA, Wertstrom-Methode (Design und Analyse), Kundentakt, Schrittmacher, Standardisierte Puffer, Behälter-Management, Zyklische Materialversorgung, Kaizen, Nivellieren und Glätten, SMED Rüstzeitoptimierung
Zielgruppen	Führungskräfte und Mitarbeiter von Unternehmen
Gruppengrößen	Keine Angabe
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Werkzeug-/ Vorrichtungsbau, SCM, Vertrieb, Einkauf
Produkt(e)	Spielzeug-LKW andere kleine didaktisch aufbereitete Produkte
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt und didaktisch aufbereitetes Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz Fertigungsmaschinen, Werkzeuge, Vorrichtungsbau
Abstraktionsgrad	mittel (vereinzelte Simulation)
Quellen	ITC GmbH: Impuls Trainingscenter, Morbach 2013, <a href="http://www.impuls-trainingscenter.de">http://www.impuls-trainingscenter.de</a> , Zugriffsdatum: 13.11.2013.



Betreiber	TU Chemnitz, Professur Fabrikplanung und Fabrikbetrieb Experimentier- und Digitalfabrik (EDF)
Inhaltliche Schwerpunkte	Fabrikplanung, Fabrikbetrieb, Logistik (Wandlungsfähigkeit, Energieeffizienz, ID- und Navigationskonzepte)
Lernziele / Lerninhalte	Planungsprozesse- und werkzeuge, Wandlungsfähigkeitsuntersuchungen, Planung energieeffizienter Fabriken und Logistiksysteme, Betrieb energieeffizienter Logistiksysteme, Navigationskonzepte fahrerloser Transportmittel (FTS), Visualisierung, Steuerungsverfahren (Kanban, etc.), Automatisierung, Materialbereitstellung, Kommissionierung, Instandhaltung, ID-Technik, Struktur- und Layoutplanung
Zielgruppen	Studenten und Mitarbeiter von Unternehmen
Gruppengrößen	Keine Angabe
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Werkzeug-/ Vorrichtungsbau, Konstruktion und Planung
Produkt(e)	Zylinderblock (4 teilig – vereinfacht)
Produktcharakter	didaktisch aufbereitetes Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz  Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, Vorrichtungsbau, Elektrotrag- und Hängebahnen, Soft- und Hardwaresysteme (visTABLE, etc.), Hochregallager  Bis auf den Handarbeitsplatz alles vollautomatisch, Anwender führen Umplanungen, etc. am Computer aus.
Abstraktionsgrad	(geringe bis keine Simulation)
Quellen	Müller, E.; Plorin, D.; Ackermann, J.: Fachkompetenzentwicklung in der advanced Learning Factory (aLF) als Antwort auf den demographischen Wandel, in: Müller, E. (Hrsg.): Demographischer Wandel – Herausforderung für die Arbeits- und Betriebsorganisation der Zukunft, Berlin 2012, S. 3-28.  TU Chemnitz: Professur Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Experimentier- und Digitalfabrik (EDF), Chemnitz 2013, <a href="http://www.tu-chemnitz.de/mb/FabrPlan/EDF/">http://www.tu-chemnitz.de/mb/FabrPlan/EDF/</a> , Zugriffsdatum: 13.11.2013.

Betreiber	Leibniz Universität Hannover, Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA)
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean Production (Lean Assembly) und Change-Management
Lernziele / Lerninhalte	Verschwendung sehen und vermeiden, KVP, Kaizen, Push/Pull, Materialbereitstellungsmöglichkeiten, Taktzeiten, Kanban, 5S, Arbeitsplatzgestaltung, Visuelles Management, Probleme und Hemmnisse aus Mitarbeitersicht, Motivation, Change Management, Layout- und Strukturplanung von Fabriken, Rüstzeitreduzierung
Zielgruppen	Studenten und Mitarbeiter von Unternehmen (Fach- und Führungskräfte)
Gruppengrößen	bis 12 Personen
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Vertrieb, Produktionssteuerung
Produkt(e)	Akkuladegerät
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz  Werkzeuge, Vorrichtungsbau
Abstraktionsgrad	mittel (vereinzelte Simulation)
Quellen	Leibniz Universität Hannover: Seminare / Schulungen, Hannover 2013, <a href="http://www.ifa.uni-hannover.de/ifa-seminare.html">http://www.ifa.uni-hannover.de/ifa-seminare.html</a> , Zugriffsdatum: 14.11.2013.

Betreiber	Learning factory Beratung & Training „FiS Fabrik im Seminarraum“ (Partner Organisationen, die FiS implementiert haben: ABB Training Center GmbH & Co. KG, BE-Training GmbH, bfz gGmbH, cope OHG, hgvm, REFACONSULT GmbH, Change-Training Ltd., Steirische Wirtschaftsförderungsgesellschaft GmbH, TRAINKOOP KG)
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean Management
Lernziele / Lerninhalte	Verschwendungsarten, Kennzahlen, KVP, Wertstromanalyse, Wertstromdesign, Ursachen-Wirkungs-Analyse (Ishikawa), Spaghetti-Diagramm, 5A bzw. 5S, Visualisierung, ressourcenschonendes Verhalten (Zeit, Material, Energie), Standards, Arbeitsplatzoptimierung, Change Management, Zeit-Management
Zielgruppen	Mitarbeiter von Unternehmen und Schüler (höhere Schulstufen) und Studenten
Gruppengrößen	15-20 Personen
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Produktion (Montage), Produktionsplanung und -steuerung, Qualitätssicherung, Lager, Lieferant, Logistik, SCM, Kunde, Vertrieb, Versand
Produkt(e)	Starkstromstecker
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz, (Arbeitsplätze/Linien sind einfache normale Tische)  An jedem Arbeitstisch eine Station mit einfachen Mitteln gestaltet, Werkzeug, Boxen, etc.
Abstraktionsgrad	Hoch (abstrakte Simulation des Großteils der Prozesse und Betriebsmittel)
Quellen	Learning factory Beratung & Training: Fabrik im Seminarraum, Heddesheim 2013, <a href="http://www.learning-factory.org/fabrik-im-seminarraum">http://www.learning-factory.org/fabrik-im-seminarraum</a> , Zugriffsdatum: 14.11.2013.

Betreiber	Hochschule Ostfalia, Institut für Produktionstechnik (IPT) Niedersächsische Lernfabrik für Ressourceneffizienz e.V. (NiFaR)
Inhaltliche Schwerpunkte	Energie- und Ressourceneffizienz
Lernziele / Lerninhalte	Drucklufteffizienz, Montage-/ Schraubertechnik, effiziente Antriebe, Energieeffizienz bei Werkzeugmaschinen, Prozesswärme, Beleuchtung, Klimatisierung von Werkshallen, Energiedatenerfassung und -analyse, Energiewertstrommethode (Analyse und Design), Energiemanagement, Energieeffiziente Prozessoptimierung, Ansätze Energieeinsparung, Energieeffiziente Fabrikplanung
Zielgruppen	Mitarbeiter von Unternehmen (Planer, Meister, Werker, Führungskräfte mit direktem Einfluss auf Energie- und Materialverbrauch im Unternehmen)
Gruppengrößen	Keine Angabe
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung (Spanende Bearbeitung, Wasch- und Beschichtungsprozess), Qualitätsmanagement
Produkt(e)	Logo der Hochschule
Produktcharakter	Reales und didaktisch aufbereitetes Produkt (Give-away, Geschenk)
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz  Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, Vorrichtungsbau, diverse Prüfstände
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	NiFaR: Flyer mit Beschreibung, Wolfenbüttel 2013a, <a href="http://141.41.42.28/nifar/pdfs/_flyer-nifar.pdf">http://141.41.42.28/nifar/pdfs/_flyer-nifar.pdf</a> , Zugriffsdatum: 14.11.2013.  NiFaR: Schulungsangebot, Wolfenbüttel 2013b, <a href="http://141.41.42.28/nifar/pdfs/fl-nifar-schulgangebot.pdf">http://141.41.42.28/nifar/pdfs/fl-nifar-schulgangebot.pdf</a> , Zugriffsdatum: 14.11.2013.  NiFaR: Niedersächsische Lernfabrik für Ressourceneffizienz e.V., Wolfenbüttel 2013c, <a href="http://www.nifar.de">http://www.nifar.de</a> , Zugriffsdatum: 14.11.2013.

Betreiber	Universität Bremen, (BIBA) Institut für Produktion und Logistik GmbH, Lernfabrik BIBA
Inhaltliche Schwerpunkte	Produktion- und Logistiksysteme
Lernziele / Lerninhalte	Autonome Logistik, Anwendung von RFID, Anwendung von Software-Paketen, KVP, Planung und Steuerungsmethoden für Logistiksysteme und integrative Gestaltung, Intelligente Informations- und Kommunikationsumgebungen, Collaborative Business, Grundlagen Logistik und PPS
Zielgruppen	Studenten und Mitarbeiter aus der Industrie
Gruppengrößen	Keine Angabe
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik, Konstruktion und Planung
Produkt(e)	Rücklicht eines Autos
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, automatische Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, RFID Technologie
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	BIBA: Institut für Produktion und Logistik GmbH, Universität Bremen, Bremen 2013, <a href="http://www.biba.uni-bremen.de/">http://www.biba.uni-bremen.de/</a> , Zugriffsdatum: 15.11.2013. Wagner, U.; AlGeddawy, T.; ElMaraghy, H.; Müller, E.: The State-of-the-Art and Prospects of Learning Factories, Chemnitz/Windsor 2012.

Betreiber	Technologie-Initiative SmartFactory <sup>KL</sup> e.V.
Inhaltliche Schwerpunkte	IuK-Technologien (Digitale und Physische Fabriken)
Lernziele / Lerninhalte	Drahtlose Kommunikationssysteme, Mensch-Maschine-Interaktionen, Software-Architekturen, Automatisierungstechnik, Cyber-Physikalische Systeme, Produktionssteuerung mittels RFID, Standards, Web-Services, IuK-Technologien, Plug&Play, Industrie 4.0; Monitoring aller Prozesse, Moderne Messtechniken, Innerbetriebliche Ortungssysteme, Universelle Bediensysteme, Webbasierte Informationsdienste, Informationsintegration, Produktgedächtnis
Zielgruppen	Für Forschungszwecke (Mitarbeit möglich für Studenten und Partnerfirmen), Demonstrationszwecke für Interessierte
Gruppengrößen	-
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montagearbeitsplatz, automatische Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Kommissionierung, Qualitätskontrolle  Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, RFID Technologie  Im Vordergrund: IuK-Technik („smarte“ Technologien)
Produkt(e)	Abfüllungsanlage für eine Seifenflüssigkeit (Verfahrenstechnischer und Stückguttechnischer Produktionsteil) und Schlüsselanhänger mit Taschenlampe in Industrie 4.0 - Anlage
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz  Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, Computer und Messtechnische Systeme (Smartphones, Tablets, etc.), Steuerungen, Sensoren, Aktuatoren
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	SmartFactory <sup>KL</sup> : Technologie-Initiative SmartFactory <sup>KL</sup> e.V., Kaiserslautern 2013, <a href="http://dfki-1037.dfki.uni-kl.de/de">http://dfki-1037.dfki.uni-kl.de/de</a> , Zugriffsdatum: 15.11.2013.  Wagner, U.; AlGeddawy, T.; ElMaraghy, H.; Müller, E.: The State-of-the-Art and Prospects of Learning Factories, Chemnitz/Windsor 2012.

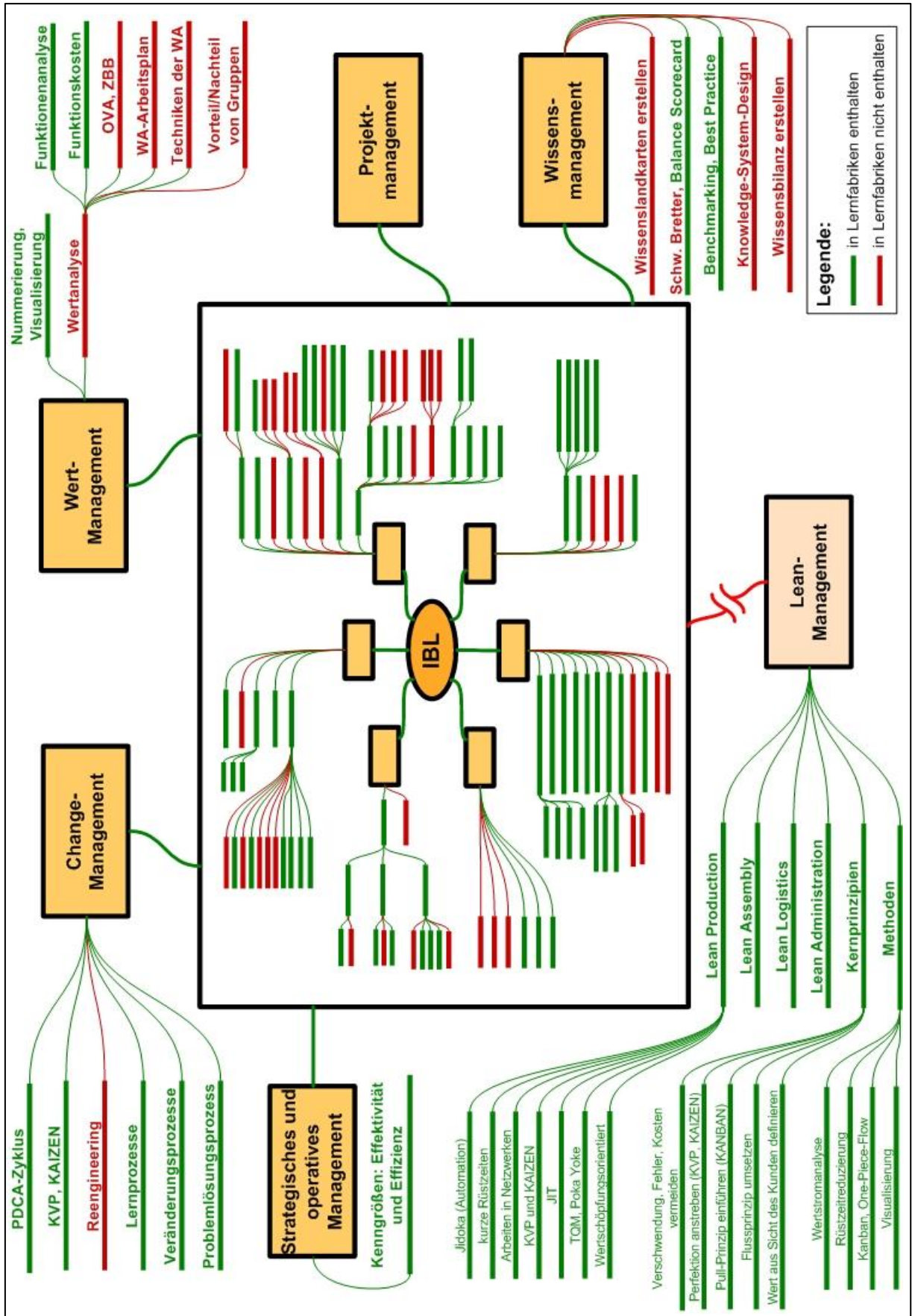
Betreiber	Hochschule Heilbronn
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean-Simulation und Projekt-Lernfabrik
Lernziele / Lerninhalte	<p>Lean-Simulation als Vorbereitung:</p> <p>Just-in-Time Grundsätze, Organisationstypen (Werkstatt- bzw. Linienmontage), Steuerungsverfahren, Kennzahlen KPI, etc.</p> <p>Projektarbeit in der Lernfabrik über ein Semester:</p> <p>Produkte entwickeln, CAD-Zeichnungen, PPS, Qualitätssicherung, Arbeitspläne, Prüfpläne, CNC-Programme, Logistikverfahren, Dispositionsverfahren, Produktkalkulation</p>
Zielgruppen	Studierende
Gruppengrößen	20-30 Personen pro Semester
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Produktentwicklung, Fertigungsplanung, Qualitätsmanagement, Montage, Fertigung, Einkauf, Konstruktion, Logistik, Disposition, Finanzen und Controlling
Produkt(e)	Spielzeugautos aus LEGO® in der Vorbereitung und jedes Semester neues reales Produkt in der Produktentwicklung
Produktcharakter	Reales und Didaktisch aufbereitetes Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	<p>Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz</p> <p>Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, Prüfmittel, IT-Programme</p>
Abstraktionsgrad	Hoch (abstrakte Simulation des Großteils der Prozesse und Betriebsmittel) in der Lean-Simulation und gering (geringe bis keine Simulation) in der eigentlichen Lernfabrik
Quellen	<p>HS Heilbronn: Lean Simulation, Heilbronn 2013a, <a href="http://www.hs-heilbronn.de/2879504/Lernfabrik">http://www.hs-heilbronn.de/2879504/Lernfabrik</a>, Zugriffsdatum: 15.11.2013</p> <p>HS Heilbronn: Lernfabrik, Heilbronn 2013b, <a href="http://www.hs-heilbronn.de/3305592/03_lernfabrik">http://www.hs-heilbronn.de/3305592/03_lernfabrik</a>, Zugriffsdatum: 15.11.2013</p>

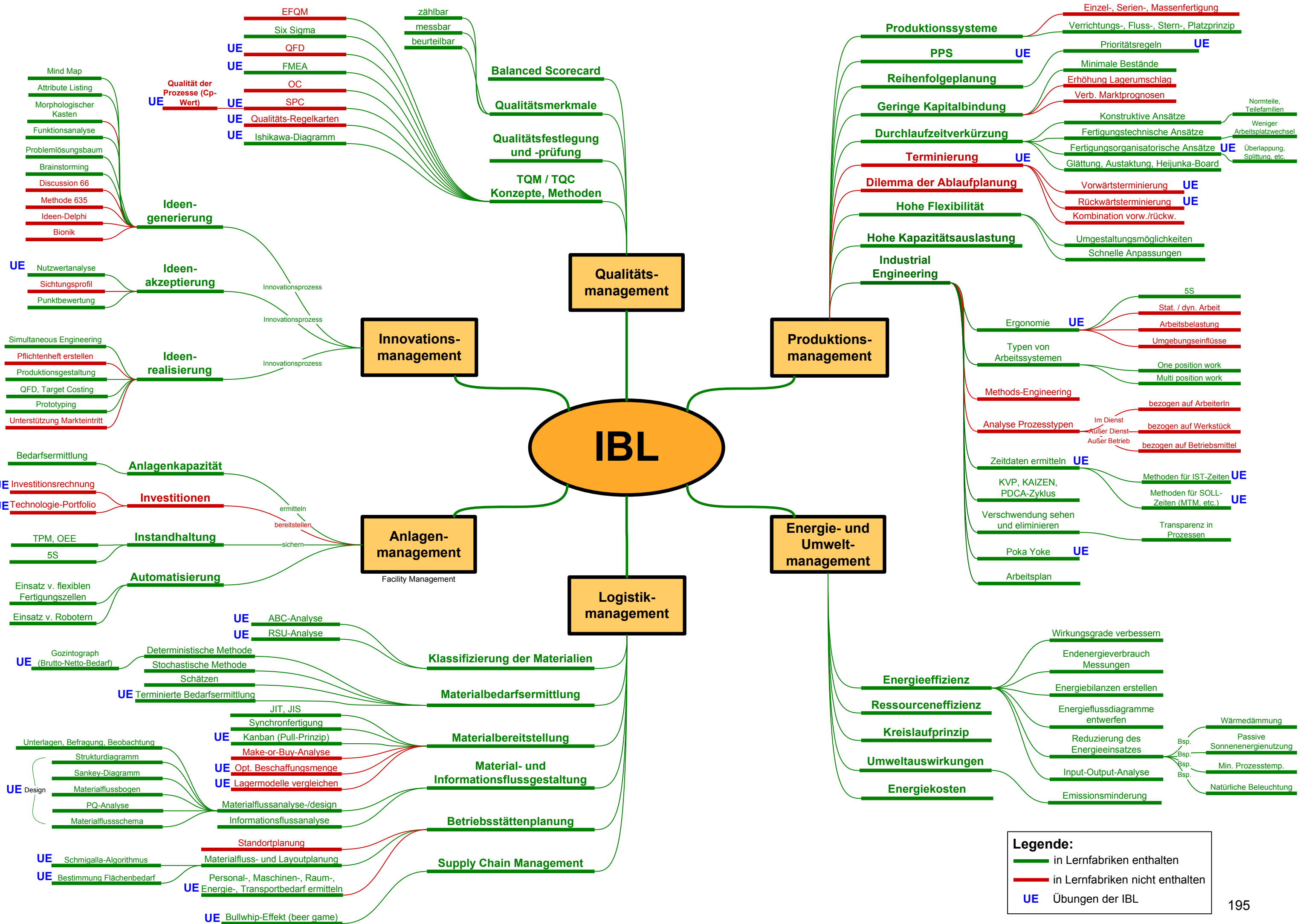
Betreiber	Siemens Nürnberg Hybride Lernfabrik (von Festo Didactic und Adiro Automatisierungstechnik)
Inhaltliche Schwerpunkte	Automatisierungstechnik
Lernziele / Lerninhalte	Prozess- und Fertigungsautomation, Steuern und Regeln von Prozessen und Fertigung, Stellpläne, Programmierung, Messtechnik, Aktorik, Sensorik und Bildverarbeitung, Traceability (Rückverfolgbarkeit von Produkten), RFID-Technologie, Qualitätssicherung, Logistik, Materialfluss, Lagerhaltung
Zielgruppen	Auszubildende, Service-Techniker, Ingenieure
Gruppengrößen	-
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Abfüllen (Filtern, Mischen, Temperieren), Kommissionieren, Hochregallager, Wareneingang und Warenausgang, Ver- und Entpacken, Recyceln von Feststoffen und Flüssigkeiten
Produkt(e)	Flaschenabfüllung (Transport und Recyclingprozess)
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagelinie, Maschinenarbeitsplatz (alles vollautomatisiert) Fertigungsmaschinen, Handhabungstechnik, Werkzeuge, Hochregallager
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	Hybride Lernfabrik bei Siemens Nürnberg: Die Göttin der Weisheit, Kundenmagazin von Festo 2.2011, Esslingen 2011, <a href="https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/151424/tia_2011_02.pdf">https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/151424/tia_2011_02.pdf</a> , Zugriffsdatum 15.11.2013.



Betreiber	Lean Experience Factory (LEF)
Inhaltliche Schwerpunkte	Lean Production/Manufacturing
Lernziele / Lerninhalte	Verschwendung sehen, Wertstromanalyse im Ausgangszustand und im Zukunftszustand, Standards, Performance- und Change Management, One-Piece-Flow, Pull-System, Kennzahlen, SMED schnelles Rüsten, Nivellieren und Glätten, 5S und Visuelles Management, House of Quality, TQC, Qualitätskontrolle, Problemlösungen, Audits, KVP, PDCA-Zyklus, Lean Transformation, JIT, Taktzeit, PPS, statistische Prozesskontrolle, Qualitätskontrolle
Zielgruppen	Geschäftsführer bis zum Anwender
Gruppengrößen	15 – 20 Personen
<b>Ausstattung</b>	
Unternehmens- und Funktionsbereiche	Montage, Fertigung, Qualitätsmanagement, innerbetriebliche Logistik
Produkt(e)	Luftdichter Kompressor für Haushaltsgeräte (Firma ACC)
Produktcharakter	Reales, einsatzfähiges Produkt
Arbeitsplätze & Betriebsmittel	Montagearbeitsplatz, Montagelinie, Handarbeitsplatz, Maschinenarbeitsplatz, Büroarbeitsplatz  Fertigungsmaschinen, Werkzeuge, Vorrichtungsbau
Abstraktionsgrad	gering (geringe bis keine Simulation)
Quellen	LEF: Lean Experience Factory Kurse, San Vito al Tagliamento 2012a, <a href="http://www.leanexperiencefactory.com/en/corsi.html">http://www.leanexperiencefactory.com/en/corsi.html</a> , Zugriffsdatum: 16.11.2013  LEF: Lean Experience Factory Medien, San Vito al Tagliamento 2012b, <a href="http://www.leanexperiencefactory.com/en/news-media.html">http://www.leanexperiencefactory.com/en/news-media.html</a> , Zugriffsdatum: 16.11.2013

A.2 Struktur der IBL-Lehrinhalte





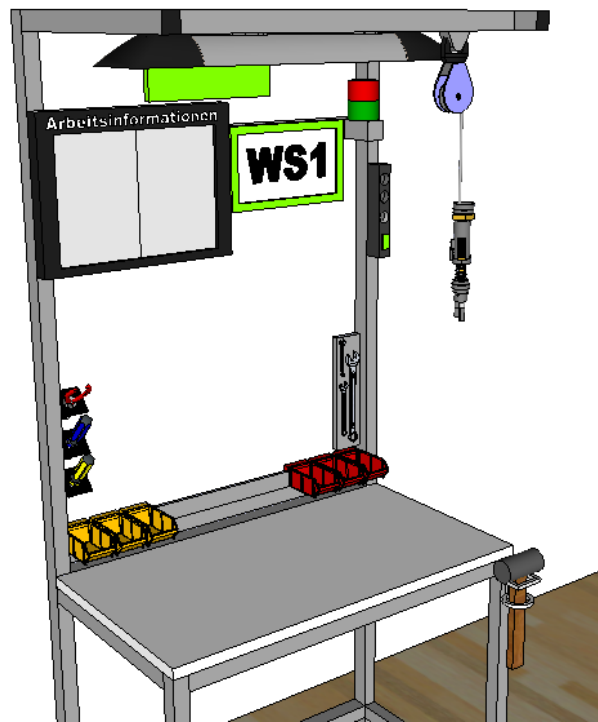
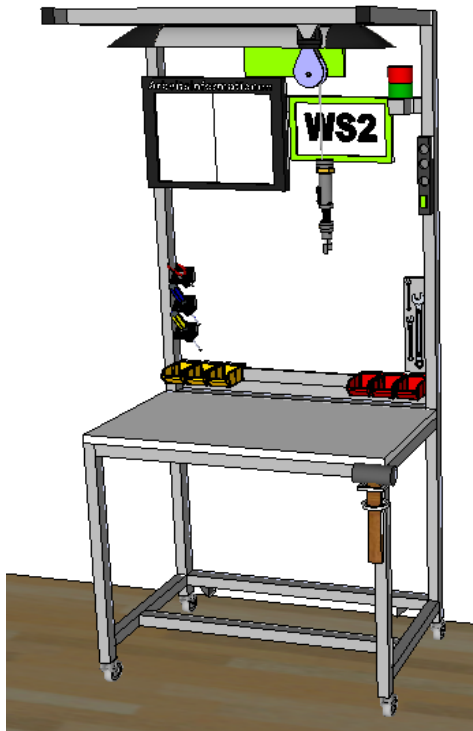
**Legende:**  
— in Lernfabriken enthalten  
— in Lernfabriken nicht enthalten  
**UE** Übungen der IBL

### A.3 Genaue Spezifikation der speziellen Ausstattungsgegenstände

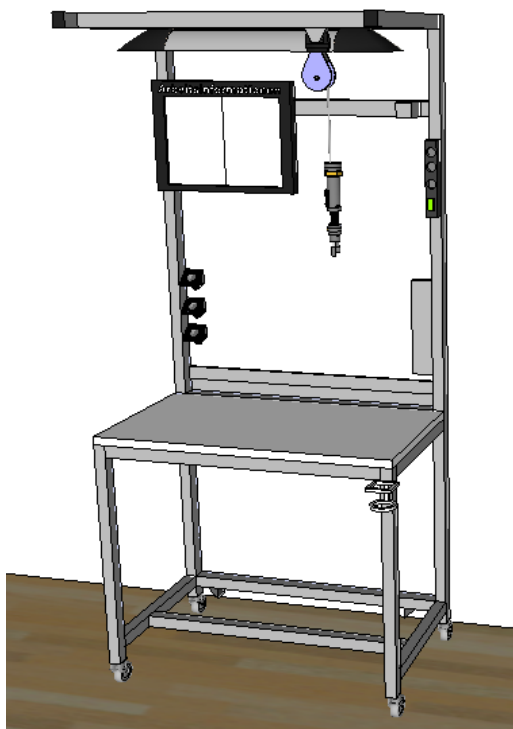
<b>Position 1</b>	<u><b>Montagestation hoch</b></u>
Abmessungen:	Ca. <b>1000 x 600 x 2200 mm</b> (Breite Tiefe Höhe) Tischoberkante: <b>870 mm</b> Wenn möglich billigere Standardmaße verwenden, die nicht extrem weit von angegebenen Maßen abweichen. (z.B. Standard Bosch-Rexroth: 990 x 595 x 2200 (Tischhöhe 900mm))
Benötigte Stückzahl:	4 Stück <span style="float: right;"><b>8.132,80 €</b></span>
Details: <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: flex-start;">     </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagearbeitsplätze (Workstation) auf <b>feststellbaren Lenkrollen</b> (Lenkrollen sollen nicht über Profil stehen, so dass die Workstationen aneinander gestellt werden können, ohne dass ein Luftspalt dazwischen entsteht)</li> <li>• <b>Pultaufbau</b> (Strebenverlängerung ab Tischoberkante) <b>abnehmbar/abmontierbar</b>.</li> <li>• <b>Beleuchtung</b></li> <li>• Tafel / <b>Info-Board</b> für Arbeitsplatzbeschreibung (ca. 350mm hoch, für zwei DIN A4-Blatt – doppelseitige Ausführung)</li> <li>• <b>3 Werkzeughalterungen</b> links auf Strebenverlängerung (für Schraubenzieher und Zangen)</li> <li>• Eine <b>Magnettafel</b> bzw. eine Tafel mit Magnetpunkten rechts auf Strebenverlängerung, ca. 300 x 80mm, (für Schraubenschlüssel zum anheften)</li> <li>• <b>Federzug</b> und Profilschiene mit Laufwagen für Elektro-Schrauber + Abstellfläche für Netzteil auf Höhe Tafel für Arbeitsplatzbeschreibung (wenn möglich inklusive Elektro-Schrauber anbieten)</li> <li>• <b>Steckdosenleiste</b> (3 Dosen) schaltbar</li> <li>• <b>Strebenprofil quer</b> zur Befestigung für Info-Board und <b>kurzes Strebenprofil rechtwinkelig</b> dazu zur späteren Befestigung von Andon-Ampel-Lichtern.</li> <li>• <b>Halterung</b> für Kunststoffhammer vorne an Workstation – eine Art Flaschenhalter, aber so dass Hammer rein gesteckt werden kann (vielleicht funktioniert es sogar mit einem Flaschenhalter)</li> <li>• <b>Einhängeprofil</b> für kleine Behälter entlang der Breite des Arbeitsplatzes auf Strebenverlängerung (Pultaufbau) knapp über Tischoberkante montiert. (eventuell mit Blech oder Profil den Luftspalt zwischen Einhängeprofil und Tischoberkante verschließen)</li> <li>• 2 kleine normale Befestigungs-<b>Winkel</b> zur Positionierung mit Materialbereitstellungsregal</li> </ul>
<b>Position 2</b>  1 Stück	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u><b>Gleich wie Position 1 (Montagestation hoch)</b></u>, aber <b>ohne</b> Federzug und Profilschiene mit Laufwagen für Elektro-Schrauber, <b>ohne</b> Elektro-Schrauber, <b>ohne</b> Ablagefläche für Netzteil, <b>ohne</b> 3 Werkzeughalterungen und <b>ohne</b> Magnettafel  <span style="float: right;"><b>1.739,74 €</b></span> </li> </ul>

Skizze zu Workstation 1:

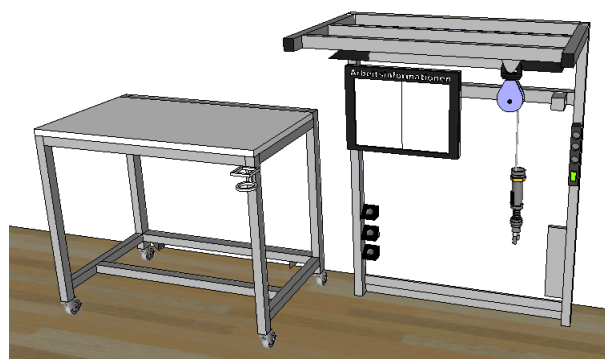
Alles eingezeichnet:




Gewünschter Lieferumfang:




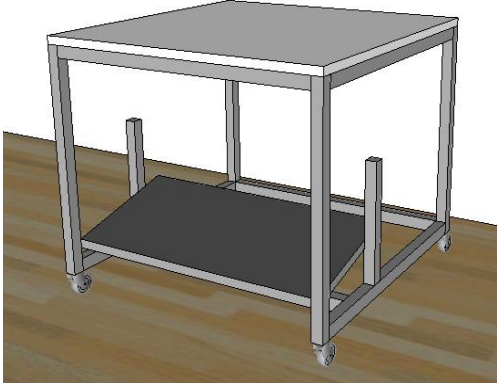
Pultaufbau (Strebenverlängerung) abnehmbar/abmontierbar:

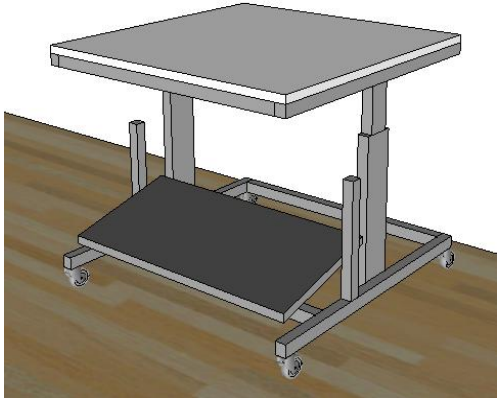


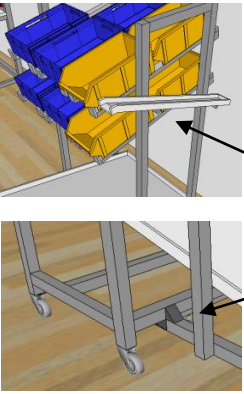
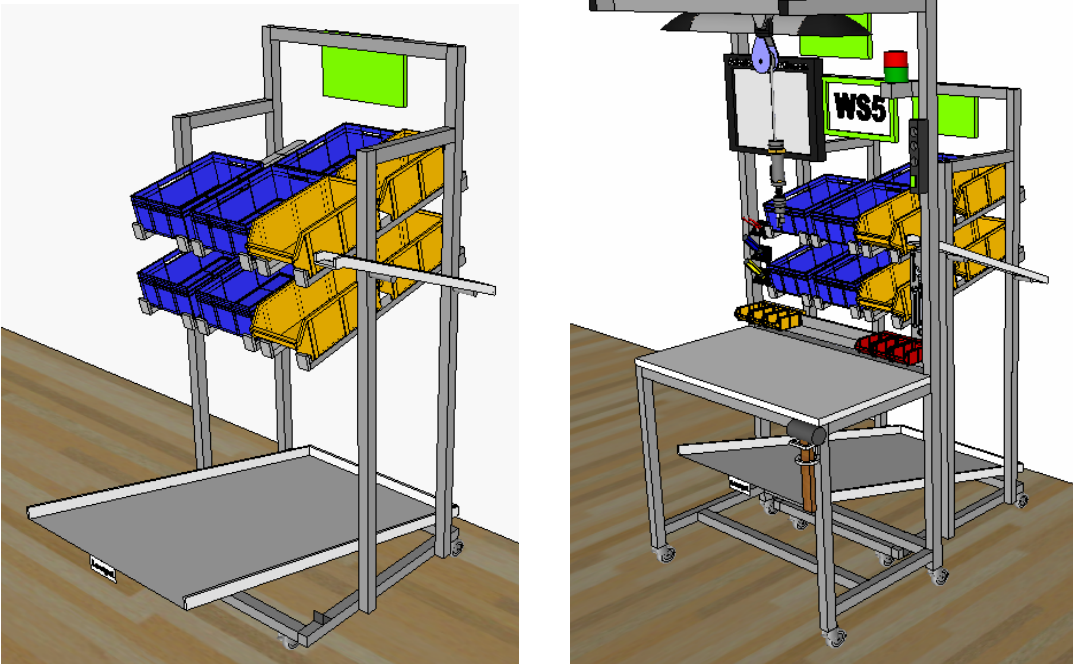


<b>Position 3</b>	<b><u>Montagestation tief ohne Pultaufbau/Strebenverlängerung</u></b>	
Abmessungen:	Ca. <b>1000 x 600 x 870 mm</b> (Breite Tiefe Höhe) Tischoberkante: <b>870 mm</b> Wenn möglich billigere Standardmaße verwenden, die nicht extrem weit von angegebenen Maßen abweichen. (z.B. Standard Bosch-Rexroth: 990 x 595 x 900 (Tischhöhe 900mm))	
Benötigte Stückzahl:	2 Stück	<b>1.512,71 €</b>
Details:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• auf <b>feststellbaren Lenkrollen</b></li> <li>• <b>ohne</b> irgendwelche Halterungen oder Winkel</li> </ul>	
Skizze:		

<b>Position 4</b>	<b><u>Arbeitsdrehstuhl</u></b>	
Abmessungen:	Laut Standard	
Benötigte Stückzahl:	1 Stück	<b>338,88 €</b>
Details:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Ausführung: Arbeitsdrehstuhl Dynamik PU High</li> <li>• Verstellbare ergonomische Eigenschaften</li> </ul>	
Skizze:		

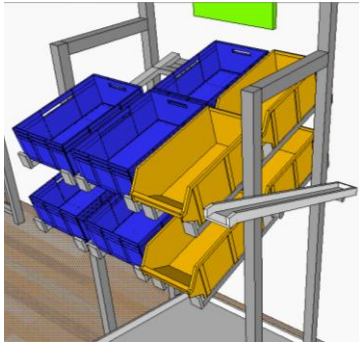
<b>Position 5</b>	<b><u>Montagestation tief und breit ohne Pultaufbau/Strebenverlängerung</u></b> <b><u>Tiefe 1 Meter</u></b>	
Abmessungen:	Ca. <b>1000 x 1000 x 870 mm</b> (Breite Tiefe Höhe) Tischoberkante: <b>870 mm</b> Wenn möglich billigere Standardmaße verwenden, die nicht extrem weit von angegebenen Maßen abweichen. (z.B. Standard Bosch-Rexroth: 990 x 595 x 900 (Tischhöhe 900mm))	
Benötigte Stückzahl:	1 Stück	<b>ENTFÄLLT, da Position 6!</b>
Details:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• auf <b>feststellbaren Lenkrollen</b></li> <li>• <b>höhenverstellbare Fußauflage</b></li> </ul>	
Skizze:		

<b>Position 6</b>	<b><u>Gleich wie Position 5 jedoch zusätzlich höhenverstellbarer Tisch</u></b>	
Benötigte Stückzahl:	1 Stück	<b>2.470,86 €</b>
Skizze:		

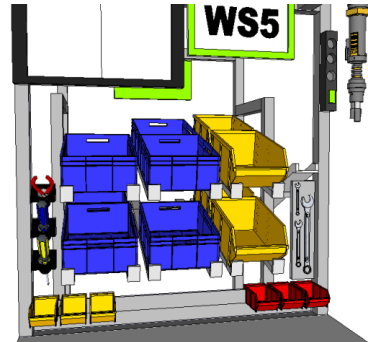
<b>Position 7</b>	<b><u>Materialbereitstellungsregal</u></b>	
Abmessungen:	ca. <b>900 x 800 x 1800</b> mm (Breite Tiefe Höhe)	
Benötigte Stückzahl:	2 Stück	<b>4.360,48 €</b>
Details:  	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf <b>feststellbaren Lenkrollen</b></li> <li>• Achtung bei den Abmessungen: <b>MUSS in den Ausschnitt der Workstation rein passen (keine Kollision mit Info-Board, Magnettafel oder Werkzeughalterungen)</b>, soll ca. 100-150 mm überlappbar sein (siehe unten in der Skizze)</li> <li>• <b>Förderstrecken/Rollbahnen</b> (Rollen mit Spurkranz) und Stopperplatte vorne; Rollenbahnen dreifärbig (rot gelb grün)</li> <li>• <b>Zwei Ebenen nach vorne</b> geneigt - 6 Rollenbahnen für Zufuhr von 6 Kisten benötigt. Neigung der Ebenen nach Erfahrung, so dass Kisten rollen.</li> <li>• Unterhalb über gesamte Breite eine <b>Ebene nach hinten</b> geneigt – als Fläche ausgeführt nicht als Rollenbahn. Neigung der Ebenen nach Erfahrung, so dass Kisten rutschen. Diese Ebene reicht annähernd bis zur Vorderkante der Workstation. Diese Ebene nach Möglichkeit <b>abnehmbar/abmontierbar</b> ausführen.</li> <li>• Seitlich <b>schmale Bahn</b> (Rutsche als Fläche ausgeführt / keine Rollen, ca. 80 mm Breite) <b>nach hinten geneigt</b> für Kanban-Karten. (beginnt genau über Magnettafel der Workstation)</li> <li>• 2 kleine normale Befestigungs-<b>Winkel</b> zur Positionierung mit Workstation.</li> </ul>	
Skizze: Alles eingezeichnet:		



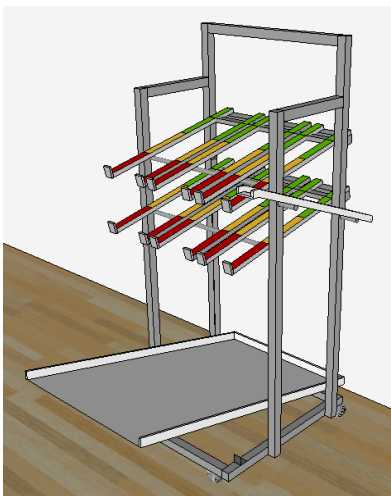
Detail schmale Bahn 80mm „Rutsche“:



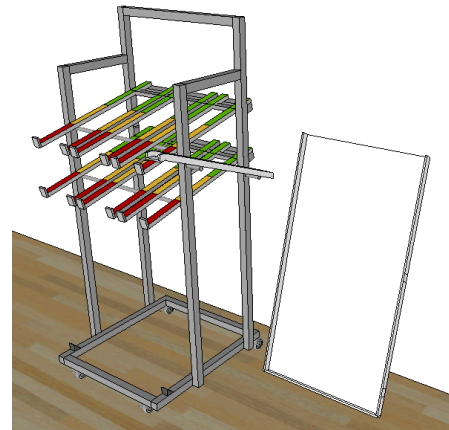
Abgestimmt auf Ausschnitt der Workstation:



Gewünschter Lieferumfang:

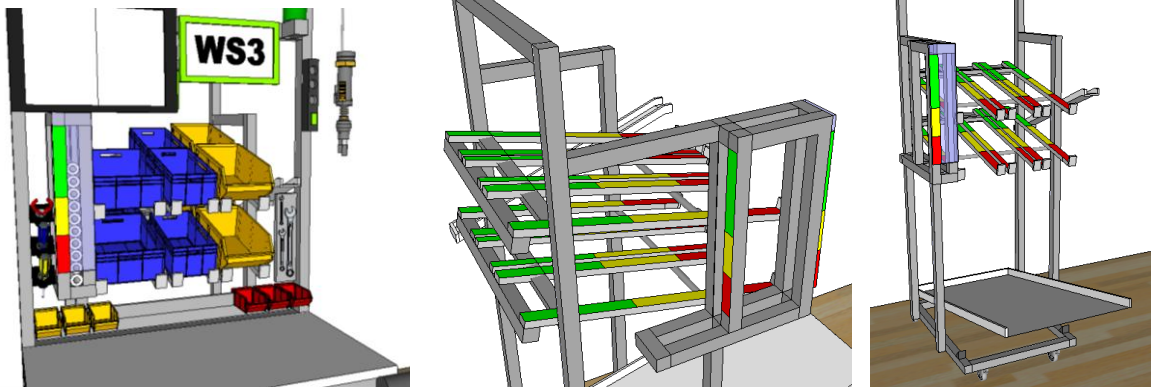


Untere Ebene abnehmbar/abmontierbar:



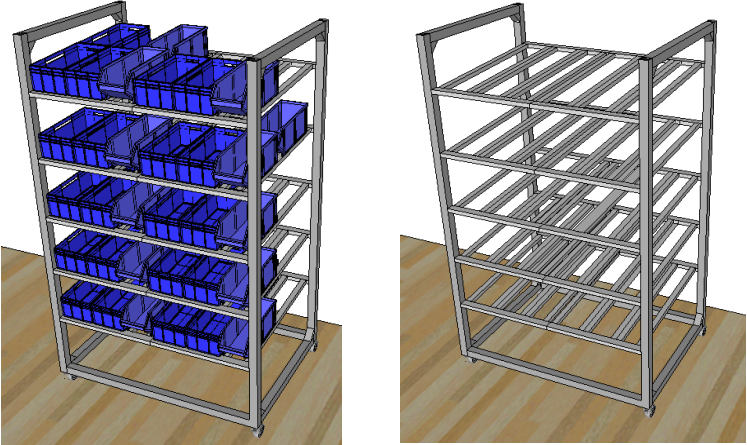
<b>Position 8</b>	<b><u>Gleich wie Position 7 jedoch mit seitlicher Stapelzuführung</u></b>	
Benötigte Stückzahl:	1 Stück	<b>2.313,48 €</b>
Details:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gleich wie Position 7, jedoch in der Breite ein wenig schmaler, da seitlich auf einer Seite eine <b>Stapelzuführung für Rohre (Ø 35 mm, Länge 385 mm)</b> hinzukommt. Siehe Skizze. Vorne bei Stapelzuführung ein Plexiglas bzw. die Möglichkeit ein Plexiglas zu montieren (z.B. 4 Gewinde in Strebenprofilen)</li> </ul>	

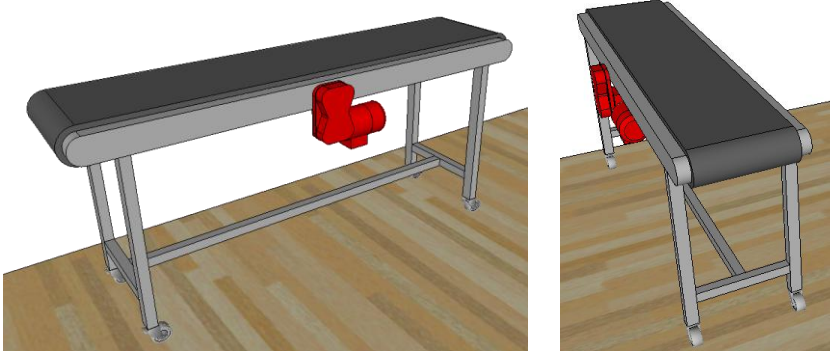
Skizze:

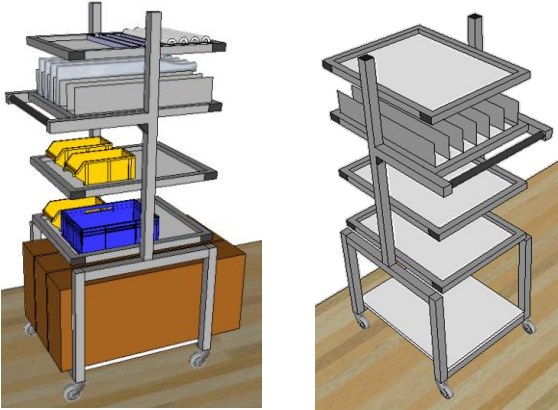



<b>Position 9</b>	<b><u>Gleich wie Position 7 jedoch seitlich mit Ablageflächen</u></b>	
Benötigte Stückzahl:	1 Stück	<b>2.606,95 €</b>
Details:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleich wie Position 7, jedoch die beiden Zuführebenen mit den 6 Förderstrecken (Rollenbahnen) schmaler, da seitlich auf einer Seite <b>7 Ablageflächen</b> für sogenannte „Trittbretter“ hinzukommen.</li> <li>• Abmessungen Trittbrett: 580 x 150 x 50 mm</li> <li>• Abmessungen Lichte von Ablageflächen: 670 x 160 x 70 mm</li> <li>• Plattenstärke nach Bedarf (Ein Trittbrett &lt; 1kg)</li> </ul>	
Skizze:		

<b>Position 10</b>	<b><u>Ähnlich Position 7 jedoch Änderungen siehe Details</u></b>	
Benötigte Stückzahl:	1 Stück	<b>1.041,17 €</b>
Details:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ähnlich wie Position 7, jedoch mit folgenden Änderungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Keine schmale Bahn</b> (80mm Rutsche) seitlich für Kanban-Karten</li> <li>- <b>Keine Rückführebene</b> nach hinten unterhalb</li> <li>- Muss in die Workstation (Position 2, ohne seitliche Werkzeughalterungen) rein passen</li> <li>- Statt den 2 Zuführebenen mit Förderstrecken/Rollenbahnen sollen <b>3 Zuführebenen als Flächen</b> ausgeführt werden.</li> <li>- Abmaße Karton: 880 x 380 x 160 mm (Breite, Tiefe, Höhe)</li> </ul> </li> </ul>	
Skizze:		

<b>Position 11</b>	<b><u>Zentrallager</u></b>	
Abmessungen:	Ca. <b>1100 x 800 x 1800</b> mm (Breite Tiefe Höhe)	
Benötigte Stückzahl:	1 Stück	<b>2.073,22 €</b>
Details:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• auf feststellbaren Lenkrollen</li> <li>• Schräge Förderstrecken/Rollenbahnen (nach vorne geneigt)</li> <li>• 5 Ebenen mit je 6 Förderstrecken = 30 Förderstrecken insgesamt</li> <li>• Eventuell mit Verstärkungen (falls benötigt)</li> </ul>	
Skizze:		

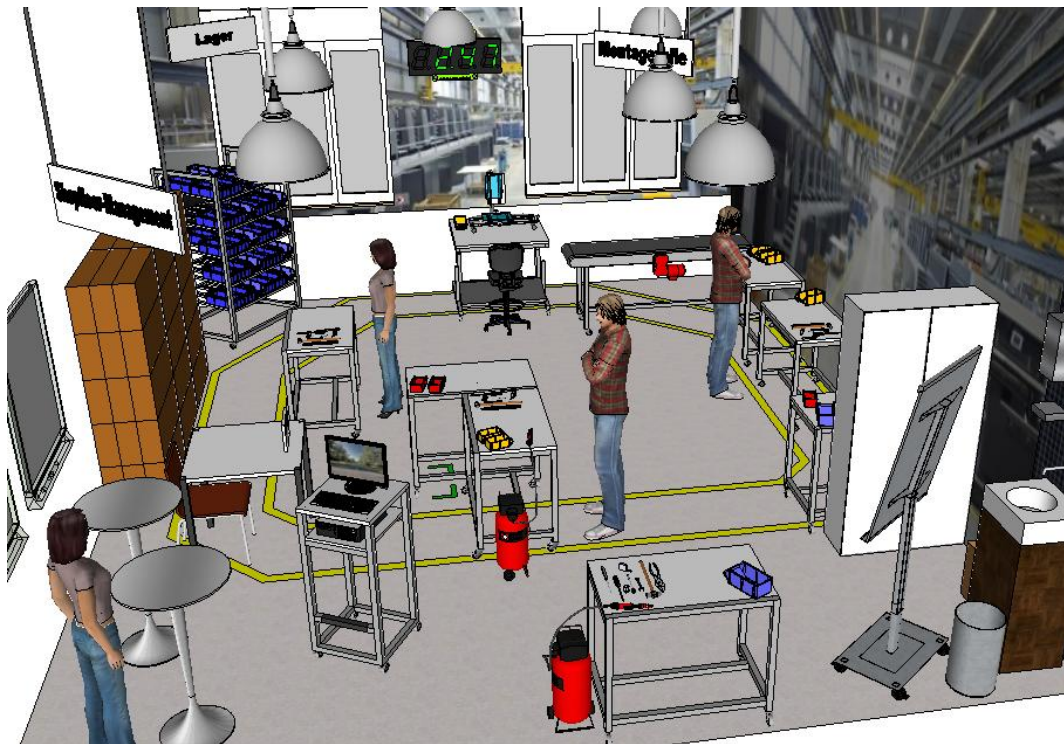
<b>Position 12</b>	<b><u>Förderband</u></b>	
Abmessungen:	Ca. <b>500 x 2000</b> mm (Breite Tiefe) Höhe gleich wie Arbeitstische (870-900mm)	
Benötigte Stückzahl:	1 Stück	<b>1.960,00 €</b>
Details:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf feststellbaren Lenkrollen</li> <li>• Elektrischer Antrieb</li> <li>• Steuerung [EIN, AUS, EIN nur wenn Teil am Förderband liegt]</li> <li>• Förderband (ähnlich Kassa im Supermarkt)</li> <li>• Optional mit Frequenzumrichter (FU)</li> </ul>	
Skizze:		

<b>Position 13</b>	<b><u>Transportwagen („Milk-Run“ Routenzug)</u></b>	
Abmessungen:	Ca. <b>580 x 650 x 1500</b> mm (Breite Tiefe Höhe)	
Benötigte Stückzahl:	1 Stück	<b>1.886,36 €</b>
Details:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spurweite: ca. 560 mm</li> <li>• Gestell auf Lenkrollen</li> <li>• 1 Platte ganz unten (für 3 Kartons)</li> <li>• wenn möglich 3. Ablagefläche inklusive 7 Fächer [z.B. mittels Bleche oder ähnlichem, um Trittbretter rein schichten zu können]</li> <li>• Auch auf einer Höhe von ca. 1115mm Griffstange zum Schieben</li> </ul>	
Skizze:	 <p>Abmaße der Teile, die befördert werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KARTON: 880 x 380 x 160 mm</li> <li>- Trittbrett: 580 x 150 x 50 mm</li> <li>- Lenkrohr: Ø 35 mm, Länge 385 mm</li> </ul> <p>4 Ablageflächen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ablagefläche (auf einer Höhe von ca. 600mm)</li> <li>2. Ablagefläche (auf einer Höhe von ca. 875mm)</li> <li>3. Ablagefläche (auf einer Höhe von ca. 1150mm)</li> <li>4. Ablagefläche (auf einer Höhe von ca. 1350mm)</li> </ol>	

<b>Position 14</b>	<b><u>Unterwagen (für PC-Arbeitsstation)</u></b>	
Abmessungen:	Ca. <b>500 x 500 x 1100</b> mm (Breite Tiefe Höhe)	
Benötigte Stückzahl:	1 Stück	<b>845,09 €</b>
Details:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Ablageflächen (Abstand 2. Platte 300 mm in der Höhe)</li> <li>• Gestell auf feststellbaren Lenkrollen</li> <li>• Querverstrebung für Fußauflage (Höhe 200-250mm von Boden)</li> </ul>	
Skizze:		



A.4 Bilder vom Ausgangszustand (current state) in der IBL-Lernfabrik





A.5 Bilder vom Zukunftszustand (future state) in der IBL-Lernfabrik

