

Forschungsprojekt 4.1.301 (JFP2011)

Diffusion neuer Technologien. Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe (DifTech)

Zwischenbericht

Dr. Monika Hackel
Dr. Bärbel Bertram
Dr. Ulrich Blötz
Ilse Laaser
Magret Reymers
Herbert Tutschner
Elke Wasiljew

Laufzeit III 2011 – IV 2013

Bundesinstitut für Berufsbildung
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn

Telefon: 0228 / 107 - 2406
Fax: 0228 / 107 - 2986
E-Mail: hackel@bibb.de

Bonn, 02.April 2012

www.bibb.de

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| Abstract | 3 |
| 1 Problemdarstellung | 3 |
| 2 Projektziele, Forschungsfragen und forschungsleitende Annahmen | 6 |
| Projektziele | 6 |
| Forschungsfragen | 6 |
| Forschungsleitende Annahmen | 6 |
| 3 Methodische Vorgehensweise | 7 |
| Verortung der Sektoranalyse im Gesamtprojekt | 7 |
| Filterstrategie zur Eingrenzung der Komplexität des Forschungsfeldes | 9 |
| 4 Ergebnisse der ersten Projektphase | 11 |
| Erarbeitung von Analysekriterien aus theoretischen Grundlagen der Technik- und Innovationsforschung | 11 |
| Der Begriff „neue Technologie“ | 11 |
| Der Begriff Innovation | 13 |
| Diffusion als letzte Phase im Innovationsprozess | 16 |
| Innovationssysteme | 19 |
| Analysekriterien und Leitfragen für die Sektoranalyse | 20 |
| Allgemeiner Überblick über Innovationsmerkmale im produzierenden Gewerbe | 21 |
| Die ZEW Innovationserhebung 2010 | 23 |
| Das Branchenranking des Instituts der deutschen Wirtschaft zu Deutschlands Zukunftsbranchen | 24 |
| Ableitung von Konsequenzen für die eigene Untersuchung und erste Begrenzung des Forschungsfeldes „produzierendes Gewerbe“ | 26 |
| Begründungszusammenhänge zur Fallauswahl | 28 |
| Darstellung der möglichen Fälle im Rahmen der Sektoranalyse | 35 |
| Themenfeld 1 Leichtbau | 35 |
| Themenfeld 2 Energiewende | 41 |
| Themenfeld 3 Nutzung nachwachsender Rohstoffe | 53 |
| Themenfeld 4 Laser als Werkzeug | 53 |
| Themenfeld 5 Informations- und Kommunikationstechnologie | 60 |
| 5 Zielerreichung | 66 |
| 6 Ausblick und Transfer | 68 |
| Veröffentlichungen | 69 |
| Literaturverzeichnis | 69 |

Abstract

Das Projekt DifTech untersucht technologische Diffusionsprozesse vor dem Hintergrund einer berufspädagogischen Betrachtung. Unterschiedliche Diffusionsprozesse in Subsektoren des produzierenden Gewerbes werden deskriptiv beschrieben und verglichen. Hierbei werden besonders, die mit dem Diffusionsprozess verbundenen Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen auf der mittleren Qualifikationsebene berücksichtigt. Ziel ist es durch die hierdurch gewonnenen Daten und durch die Reflexion des Forschungsprozesses Anknüpfungspunkte und ordnungsrelevante Indikatoren für die berufspädagogische Dauerbeobachtung technologischer Entwicklungen zu ermitteln. Im Mittelpunkt des Projektes stehen somit methodische Fragen zur Dauerbeobachtung des technologischen Wandels vor dem Hintergrund der Ordnungsarbeit des BIBB. Das Forschungsprojekt wird auf der Basis der kulturhistorischen Tätigkeitstheorie nach Engeström (CHAT) bearbeitet. Nach einer Klärung relevanter Begriffe und Erweiterung des theoretischen Rahmens um Aspekte der Diffusionsforschung und der allgemeinen Technologie, wurde in der ersten Projektphase zunächst eine detaillierte Sektoranalyse auf der Basis von Sekundärdaten durchgeführt. Diese hatte zum Ziel die Bandbreite an verfügbaren Sekundärdaten zu sichten, das Forschungsfeld systematisch einzugrenzen sowie eine Fallauswahl unterschiedlicher repräsentativer Fälle für die vertiefte arbeitswissenschaftliche und berufspädagogische Analyse herbeizuführen. Hierfür wurde zunächst eine Filterstrategie zur systematischen Begrenzung der Komplexität des Forschungsfeldes erarbeitet auf deren Grundlage Technologien unterschiedlicher Technologiefelder und deren Verbreitung in Subbranchen des produzierenden Gewerbes analysiert wurden. Die Technologien wurden in eine Systematisierungsmatrix eingeordnet, in der das zu Grunde gelegte tätigkeitstheoretische Systemmodell durch Aspekte aus der Diffusionstheorie und der allgemeinen Technologie vertieft wurde. Zur Vorbereitung des Feldzugangs wurde ein Flyer entwickelt und erste Sondierungsgespräche geführt. In den noch ausstehenden Projektphasen werden die ausgewählten Fallbeispiele mit dem methodischen Konzept der entwickelnden Arbeitsforschung bearbeitet und anschließend einer vergleichenden Analyse unterzogen. Der vorliegende Zwischenbericht stellt das Vorgehen und ausgewählte Ergebnisse der Sektoranalyse im produzierenden Gewerbe dar und begründet so die Fallauswahl für die empirische Phase des Projekts.

1 Problemdarstellung

Neue Technologien spielen für die Weiterentwicklung der ökonomischen und technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands eine wichtige Rolle. Arbeitsmarktstudien prognostizieren ein hohes Entwicklungspotenzial durch die Verbreitung dieser Technologien, verbunden mit einem erhöhten Fachkräftebedarf. Voraussetzung für diese Entwicklung ist dabei die Diffusion der Technologien in leistungsstarke Branchen des produzierenden Gewerbes in Form von Produkt- und Prozessinnovationen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie man diesen Prozess berufsbildungspolitisch fördern kann, Veränderungen der Qualifikationsbedarfe durch technische Innovationen frühzeitig erkennt und hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Berufsbildungssystem bewertet. Um eine solche Bewertung vornehmen zu können, ist neben der Analyse von Veränderungen auf der Tätigkeitsebene zunächst ein Verständnis für den technologischen Diffusionsprozess notwendig. Arbeiten zur Technologiediffusion haben zumeist einen betriebs- oder volkswirtschaftlichen Bezug und sind nicht auf Fragen der Berufsbildung ausgerichtet. Dennoch können sich aus ihnen Einflussfaktoren auf

die Technologiediffusion ableiten und hinsichtlich ihrer Bedeutung für ein berufspädagogisches Technologiemonitoring bewerten lassen.

Der Zusammenhang von technologischer Innovation und Qualifikationsbedarf wird in Deutschland von Politik und Wissenschaft bereits durch folgende Aktivitäten aufgegriffen:

- Der Bund fördert(e) mehrere Forschungs- und Entwicklungsprogramme in verschiedenen Technikfeldern, bei denen es primär darum ging/geht, neue Technologien weiter zu entwickeln und marktfähig zu machen. In einigen dieser Programme (wie z.B. im Forschungsschwerpunkt „Forschung für die Produktion von Morgen“), wurden/werden auch Bildungsfragen thematisiert.
- Das Forschungsnetz zur Früherkennung von Qualifikationserfordernissen (FreQueNz) beschäftigt sich mit der Ermittlung und Beurteilung von Qualifikationsanforderungen. In diesem Netzwerk wurden auch einige Erhebungen in den hier relevanten Technologiefeldern durchgeführt.
- Zahlreiche Studien zur Qualifikationsentwicklung im Bereich der neuen Technologien (vergl. ABICHT 2004, 2008, ABICHT and FREIKAMP 2007, ABICHT et al. 2006, ABICHT and LEHNER o.J., ABICHT et al. 2005, AGEMAR et al. 2003, BARON et al. 2005, FISCHER et al. 2005, LUTHER and MALANOWSKI 2004, SCHÖNMANN 2001) beleuchten Qualifikationsanforderungen, die durch die Anwendung neuer Technologien entstehen.

Die Frage nach den Implikationen der Diffusion von neuen Technologien in das Wirtschafts- und Beschäftigungssystem, die Auswirkungen dieses Prozesses auf die Organisation und Struktur von Tätigkeitssystemen, die daraus resultierenden Anforderungen an die Qualifikation der Mitarbeiter/-innen und die Ausgestaltung der Berufsprofile, wird im Rahmen der angeführten Studien nicht umfassend und eindeutig beantwortet. Auch basieren diese Arbeiten auf unterschiedlichen methodischen Ansätzen, die unterschiedliche Stärken und Schwächen aufweisen. Die Ansätze reichen von Arbeitsmarktbeobachtungen wie z.B. Stellenanzeigenanalysen oder die Beobachtung der Weiterbildungslandschaft im BIBB über Expertenworkshops auf der Grundlage des Delphiverfahrens (z. B. HOFFSCHROER et al. 2007) bis hin zu betrieblichen Fallstudien mit unterschiedlichen Personengruppen im Betrieb (Fachkräfte, Führungskräfte, Personalentwickler, Ausbildungsleiter (z. B. ABICHT et al. 1999, KLEINER 2004) oder kombinierter Verfahren (z. B. GENSICKE et al. 2007, GIDION et al. 2000). Durch den stetig fortschreitenden technologischen Wandel besteht auch weiterhin ein kontinuierlicher Forschungsbedarf in diesem Forschungsfeld. Für die Ordnungsarbeit im BIBB stellt sich daher die Frage danach, wie eine systematische Dauerbeobachtung gestaltet werden kann und welche methodischen Elemente sie enthalten sollte, um das in der Abteilung 2 angesiedelte Monitoring hinsichtlich ordnungsrelevanter Indikatoren zu konkretisieren und zu ergänzen.

Es ist davon auszugehen, dass die Diffusion neuer Technologien nicht ausschließlich trennscharf eine Technologie betrifft und sektoral unterschiedliche Ausprägungen annimmt. Durch die Veränderung von Produkten und Prozessen (z.B. Herstellungsverfahren, Verfahren der Qualitätssicherung, Werkzeuge) können auch unterschiedliche technologische Innovationen gleichzeitig auf die Tätigkeitssysteme einwirken und die dort bestehenden Qualifikations- und Organisationsstrukturen verändern. Die Diffusion neuer Technologien in etablierte Branchen kann vielfältige Ausprägungen annehmen. Beispielsweise können durch die Adaption der-

selben Technologie in unterschiedlich geprägte Branchen mit einer spezifischen Qualifikationsstruktur der Belegschaft und branchenspezifischen Organisationsformen arbeitsteiliger Prozesse auch unterschiedliche Anforderungen an Ausgestaltung und Inhalte von Qualifizierung resultieren. Auch aus diesem Grund besteht in Deutschland und in Europa ein kontinuierlicher empirischer Forschungsbedarf in Bezug auf die Entwicklung von arbeitsmarktbezogenen Qualifikationen und Angeboten beruflicher Bildung im Bereich der neuen Technologien (CEDEFOP 2008, Rat der Europäischen Union 2008).

Die Frage nach Innovationen durch technologische Entwicklung und deren Wechselwirkungen mit gesellschaftlichen Subsystemen, wie einzelnen Wirtschaftssektoren oder Unternehmen, sollte nicht eindimensional betrachtet werden. Beispielsweise wird für die Bewertung der Innovationskraft einer Volkswirtschaft in der Regel ein ganzes Bündel an Indikatoren herangezogen. Der europäische Innovationsanzeiger zur Analyse nationaler Leistungen beinhaltet z.B. 29 Einzelindikatoren, die in sieben Kategorien zusammengefasst sind. Es wird angenommen, dass erfolgreiche Innovationen eine gleichmäßige und kohärente Leistung in allen Kategorien voraussetzt (PROI Europe 2009). Ein unterdurchschnittliches Ergebnis in nur einem Bereich schöpft die ökonomische Leistungsfähigkeit nicht aus und reduziert das Innovationspotenzial. Überträgt man dies auf die Entwicklung eines Monitoringsystems im Rahmen der Qualifikationsforschung wird deutlich, dass ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt werden sollte, der die Erschließung und Nutzung der verschiedenen betrieblichen Innovationsfelder umfasst und Indikatoren und Kategorien eines berufspädagogisch ausgerichteten Technologiemonitorings aus einer systematischen Analyse der Einflussfaktoren für technologische Diffusionsprozesse ableitet.

Weiterhin erscheint es nicht ausreichend, einen Qualifizierungsbedarf ausschließlich aus technologischen Entwicklungen oder Neuerungen abzuleiten. Vielmehr sind die Wechselwirkungen zwischen technologischer Innovation, dem Arbeitssystem mit seiner Fachkräftestruktur und -kompetenz sowie der Organisationsstruktur und -entwicklung zu betrachten (LUDWIG et al. 2007). Pädagogische Begründungen für diese Annahmen basieren zum einen auf dem handlungstheoretischen Konzept der Kontextbezogenheit von Handlungen (SUCHMANN 1987: 50) und zum anderen auf der pädagogisch-didaktischen Leitidee der Gestaltungsorientierung, die davon ausgeht, dass Technik gestaltet wird und gestaltungsbedürftig ist (RAUNER 1988). Damit wird unterstellt, dass reflektiert handelnde Fachkräfte die Fähigkeit haben, im Arbeitssystem technologische Innovationen zu gestalten und so auf die Entwicklung von Technologie Einfluss zu nehmen. Diese Grundannahmen haben forschungspraktische Konsequenzen sowohl für die Untersuchung von Diffusionsprozessen neuer Technologien als auch für die Erhebung des Qualifizierungsbedarfs

2 Projektziele, Forschungsfragen und forschungsleitende Annahmen

Projektziele

Ziel des Projekts ist die Identifizierung und Analyse von Veränderungen der Facharbeit (mittlere Qualifikationsebene) im produzierenden Gewerbe als Folge der Diffusion von neuen Technologien. Im Rahmen des Projektes wird daher geklärt, anhand welcher Verfahrensschritte und Kriterien sich technologische Innovationen und Diffusionsprozesse hinsichtlich ihrer Relevanz für die inhaltliche Gestaltung der Berufsbildung identifizieren und kategorisieren lassen. Damit werden Hinweise für eine systematische Identifikation von Forschungsbedarfen im Bereich der Technologieentwicklung gewonnen. Durch die systematische Dauerbeobachtung technologischer Entwicklungen auf der Grundlage eines berufsbildungswissenschaftlichen Bezugsrahmens im Sinne eines Monitorings könnten Veränderungen frühzeitig erkannt werden. Ein längerfristiges Ziel dieses Technologiemonitorings könnte es sein, durch eine kontinuierliche Beobachtung, Erkenntnisse zu generieren, die für die Überarbeitung bestehender Berufe, die Schaffung neuer Berufe, die Konzeption von Zusatzqualifikationen oder auch für einzelne Bildungsmaßnahmen relevant sind.

Forschungsfragen

Im Forschungsprojekt werden folgende fünf originäre Forschungsfragen verfolgt, die alle der ersten, zentralen Fragestellung untergeordnet sind, die sich auf den Verwertungszusammenhang der Untersuchung bezieht, ein forschungsökonomisch sinnvolle Strategie für die Technologiebeobachtung in der Ordnungsabteilung des BIBB zu erarbeiten.

1. Wie kann die Diffusion technischer Innovationen möglichst frühzeitig kategorisiert und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Qualifikationsbedarfe klassifiziert werden?
2. Wie verändern sich Tätigkeiten und Aufgaben aufgrund der Diffusion neuer Technologien in Wachstumsbranchen und Beschäftigungsfeldern des produzierenden Gewerbes, die einen hohen Anteil an Beschäftigten auf der mittleren Qualifikationsebene aufweisen?
3. Welche Anforderungen in Breite (Zuschnitt und Reichweite) und Tiefe (Kompetenzfacetten und -inhalte) ergeben sich für neue (oder veränderte) Tätigkeiten in solchen Tätigkeitssystemen?
4. Welche Veränderungen in den Funktionsteilungen zwischen operativen (z.B. Facharbeiter), planend-organisierenden (z.B. Meister/Techniker) und forschend-entwickelnden Einheiten (z.B. Ingenieure) sind in solchen Tätigkeitssystemen zu beobachten?
5. Welche Entwicklungswege und Aufstiegsmöglichkeiten für Facharbeiter/-innen existieren in solchen Tätigkeitssystemen?
6. Welche Konsequenzen ergeben sich für die Berufsordnung aus den empirischen Daten?

Forschungsleitende Annahmen

Die Studie hat einen explorativen Charakter. Deshalb werden Hypothesen als ein Ergebnis der empirischen Untersuchung generiert. In Bezug auf die obigen Fragestellungen lassen sich unter Berücksichtigung des Forschungsstandes folgende fünf forschungsleitende Annahmen formulieren:

1. Die Diffusion von neuen Technologien kann unterschiedliche Ausprägungen annehmen. Das Verständnis und die Einordnung dieser Prozesse hinsichtlich ihrer Relevanz für das Berufsbildungssystem sind richtungsweisend für die frühzeitige Identifizierung von Veränderungsbedarfen.
2. Die Diffusion von neuen Technologien in betriebliche Arbeitssysteme des produzierenden Gewerbes führt zu neuen (oder veränderten) Aufgaben und Anforderungen im intermediären Bereich in Abhängigkeit von den Qualifikations- und Personalstrukturen der aufnehmenden Systeme.
3. Die Bewältigung dieser Aufgaben im Zusammenhang mit neuen Technologien erfordert eine Anpassung der naturwissenschaftlich-technischen Kenntnisse.
4. Durch die Diffusion von neuen Technologien werden die tradierten Funktionsdifferenzierungen im Arbeitssystem sowie Entwicklungs- und Aufstiegsmöglichkeiten von Facharbeitern und Facharbeiterinnen beeinflusst.
5. Durch die systematische tätigkeitstheoretische Analyse des Diffusionsprozesses können Hinweise zu veränderten Qualifikationsanforderungen und Empfehlungen zur Gestaltung neuer Bildungskonzepte abgeleitet werden.

3 Methodische Vorgehensweise

Das methodische Vorgehen folgt dem tätigkeitstheoretischen Ansatz der entwickelnden Arbeitsforschung (DWR). Dieser leitet aus den Prinzipien der Tätigkeitstheorie ein methodisches Vorgehen ab, das aus einem Wechsel von sozialwissenschaftlicher Analyse und Reflexion mit den partizipierenden Praktikern besteht. Hierbei kommt der Identifizierung der „Unit of Analysis“ also der Eingrenzung des Untersuchungsgebiets eine besondere Bedeutung zu. Weiter ist die Identifizierung der relevanten Community of Practice notwendig. Hiermit ist die übergeordnete Praxisgemeinschaft derjenigen gemeint, die an der Weiterentwicklung eines Tätigkeitssystems beteiligt sind und Einfluss auf die Weiterentwicklung eines Praxisfeldes nehmen können. Das Vorgehen auf der Basis der Entwickelnden Arbeitsforschung verknüpft dabei unterschiedliche Methoden, von denen einige bereits im Rahmen der Forschungstätigkeit der FreQueNz Initiative erprobt wurden.

Verortung der Sektoranalyse im Gesamtprojekt

Die hier dokumentierte Sektoranalyse steht als erster Schritt am Anfang des Forschungsprozesses. Abbildung 1 zeigt die unterschiedlichen Forschungsschritte im Projekt mit den dazugehörigen Zielen und den betroffenen Akteuren, diese werden im Folgenden kurz erläutert.

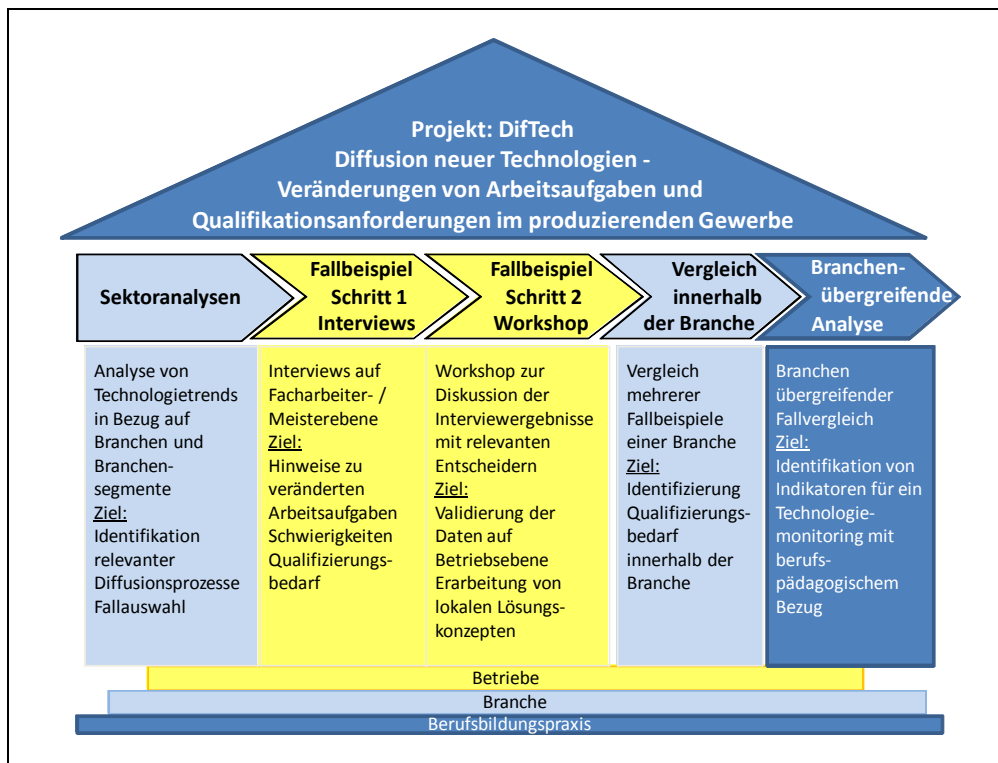


Abbildung 1 Projektschritte und beteiligte Akteure

- Im ersten Projektschritt werden Sektoranalysen zur Ausprägung der technologischen Diffusion in einzelnen Branchen und Branchensegmenten durchgeführt und die vorherrschenden Netzwerkstrukturen beleuchtet. Auf dieser Basis werden betriebliche Fallbeispiele ausgewählt. Die in den Sektoranalysen offen gebliebenen Fragen werden mittels Experteninterviews geklärt, wenn eine Auswahl als Fallbeispiel zielführend erscheint.
- Der Ablauf der betrieblichen Fallbeispiele erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden in problemzentrierten Interviews auf der Facharbeiter- und Meisterebene Hinweise zu veränderten Arbeitsaufgaben, Schwierigkeiten und Qualifizierungsbedarfen identifiziert. In einer ergänzenden Gruppendiskussion mit relevanten Entscheidern werden diese im betrieblichen Zusammenhang reflektiert, wobei bereits lokale Lösungsansätze erarbeitet werden können.
- Die in unterschiedlichen Fallbeispielen einer Branche gewonnenen Daten werden in einem Workshop mit Branchenvertretern reflektiert um die Relevanz der Ergebnisse und Qualifizierungsbedarf innerhalb der Branche zu ermitteln.
- In einem letzten Schritt erfolgt ein branchenübergreifender Fallvergleich zur Identifizierung von Indikatoren für ein auf Dauer angelegtes Technologiemonitoring mit genuin berufspädagogischer Zielsetzung.

Wie weiter oben beschrieben sind für die hier dokumentierte Projektphase im ersten Projektschritt zwei Aspekte von besonderer Bedeutung: die Identifizierung der Unit of Analysis und der relevanten Community of Practice. Hierfür ist es erforderlich eine zweifache Perspektive einzunehmen. Eine alleinige Beschreibung einzelner Technologien ist dabei unzureichend. Der technologische Diffusionsprozess muss in seinen konkreten Prozessschritten und den Vorbedingungen, Ausgangslagen und Strukturen in den beteiligten Branchen, Subsektoren und Netzwerken rückgekoppelt werden.

Filterstrategie zur Eingrenzung der Komplexität des Forschungsfeldes

Aus forschungsökonomischen Gründen wurden die Aktivitäten der Innovationsforschung der Bundesressorts herangezogen, um einen systematischen Einstieg in das Themenfeld zu finden. Diese Ressourcen wurden unter der Perspektive reflektiert, in wie weit sich hier Anknüpfungspunkte für eine berufspädagogische Dauerbeobachtung finden lassen, bzw. welche Ergänzungen dieser Aktivitäten des Bundes aus berufspädagogischer Sicht wünschenswert wären.

Die Innovationsforschung der Bundesregierung weist drei herausragende Anwendungsfelder auf, deren Zielstellung im Folgenden kurz erläutert und deren Relevanz für die hier bearbeitete Fragestellung aufgezeigt werden sollen.

- Sozioökonomische Innovationsforschung zum Vergleich des Innovationspotenzials einzelner Branchen auch im europäischen Vergleich. Im zweijährigen Rhythmus untersucht das ZEW im Auftrag der Bundesregierung das Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft auf Branchenebene. Hierbei werden u.a. folgende Indikatoren zu Grunde gelegt: Ausgaben für Innovationen, Beteiligung an Innovationsprojekten, Anzahl Produktinnovationen (Marktneuheiten, Sortimentsneuheiten, Nachahmerinnovationen), Prozessinnovationen (Umsatzanstieg durch Kosteneinsparung, Umsatzanstieg durch Qualitätsverbesserung). Die Ergebnisse dieser Studie wurden zur Eingrenzung des Forschungsfeldes „produzierendes Gewerbe“ ausgewertet.
- Innovationsforschung zur Unterstützung der Hightechstrategie der Bundesregierung und der Forschungsförderung des BMBF. Hier wurden im Forsichtprozess unter Verwendung eines Multimethodenansatzes (Bibliometrie, Monitoring, Inventorensouting, Online-Befragung) Leitmärkte und Schlüsseltechnologien identifiziert, die als Ausgangspunkte für eine zielgerichtete Förderpolitik in den nächsten Jahren gelten. Als Leitmärkte der Hightechstrategie gelten die folgenden fünf Bereiche:
 - Gesundheit (Medizintechnik, Gesundheitsforschung)
 - Mobilität (Luftfahrttechnologien, Maritime Technologien, Fahrzeug- und Verkehrstechnologien)
 - Klimaschutz Ressourcen/ Energie (Umwelttechnologien, Energietechnologien, Pflanzen)
 - Sicherheit (Sicherheitstechnologien)
 - Kommunikation

Diese Leitmärkte werden durch relevante neue Technologien unterstützt, die in der gesamten Volkswirtschaft wirksam sind. In den Förderkonzepten der Bundesregierung werden in diesem Zusammenhang folgende Technologiebereiche als Förderschwerpunkte gruppiert (BMBF 2009: 57).

- Biotechnologie
- Nanotechnologie
- Optische Technologien
- Mikrosystemtechnologie
- Informations- und Kommunikationstechnologie
- Produktionstechnologie
- Werkstofftechnologie

Im Rahmen des Forsichtprozesses (CUHLS et al. 2009) wurde zusätzlich eine Unterscheidung nach dem Etablierungsgrad von Forschungsfeldern vorgenommen und die Forschungsthemen in diesen Feldern aufgelistet. Etablierte Forschungsfelder sind danach technologische Forschungsfelder, die in Forschungsperspektive und Struktur bereits gefestigt sind. Durch die Konzentration auf diese Felder kann eine erste Eingrenzung der Technologiebereiche vorgenommen werden. Da die Untersuchung sich auf die Diffusion als letzter Phase im Innovationsprozess bezieht und hier vor allem Diffusionsprozesse mit einer gewissen Breitenwirksamkeit relevant sind, ist davon auszugehen, dass Diffusionsprozesse vor allem in den Technologiefeldern zu beobachten sind, die sich in der Forschung bereits etabliert haben. Die Ergebnisse dieser Studie wurden als Ausgangspunkte für die eigene Sekundärdatenanalyse herangezogen, indem die genannten Technologiefelder in ihren Unterausprägungen hinsichtlich ihres Diffusionsgrads, Prozessketten und möglichen Qualifikationsveränderungen untersucht wurden.

- Innovationsforschung zur Technikfolgenabschätzung betrachtet technische Innovationen vor dem Hintergrund gesellschaftlicher und ethischer Aspekte. Das Büro für Technikfolgenabschätzung beim deutschen Bundestag arbeitet seit 1990, nachdem seit den 1970er Jahren der Informationsbedarf zu technologischen Themen verstärkt diskutiert wurde. In diesem Zusammenhang wurde im Auftrag des Bundestags eine breite Themenpalette bearbeitet, z.B. Studien zur gesundheitlichen Belastung durch Nanotechnologie, zur Effektivität der Forschungsförderung im Bereich der Medizintechnik bis hin zu strategischen Untersuchungen zur Energiewende. Aus diesen Studien lassen sich ergänzend Erkenntnisse zu allgemeinen Entwicklungen, ethischen Fragen und politischen Einordnungen von Technologien ableiten.

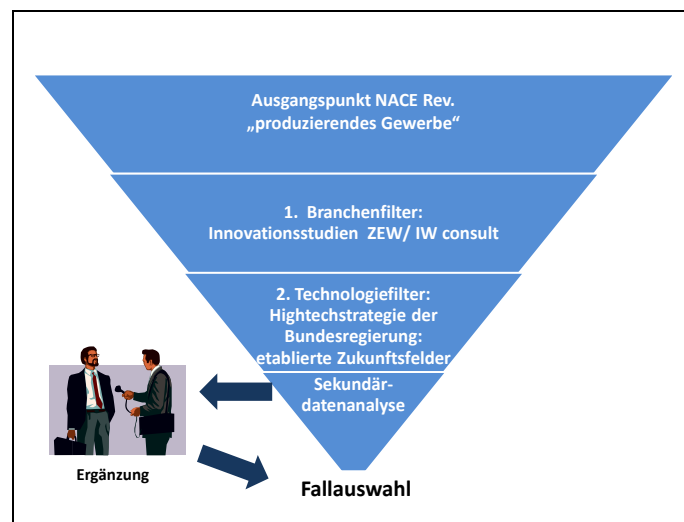


Abbildung 2 Filterstrategien zur Handhabung der Komplexität des Forschungsfeldes

Abbildung 2 zeigt die Filterstrategie und das Vorgehen zur Identifikation von Fallbeispielen: Ausgehend von den in der Branchenklassifikation des NACE Rev. identifizierten Branchen des produzierenden Gewerbes wurde zunächst eine Fokussierung auf die Branchen vorgenommen, in denen eine hohe Innovationsaktivität nach der ZEW Innovationserhebung von 2010 (RAMMER et al. 2011) besteht. Diese wurden mit den Ergebnissen einer Studie des

Instituts der deutschen Wirtschaft in Köln (IW Consult GmbH 2009) verglichen und ggfs. erweitert. Eine erste Begrenzung des Technologiefokus wurde mit Hilfe der im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung vorgenommenen Forsichtstudie zu etablierten Zukunftsfeldern (CUHLS et al. 2009) vorgenommen. Aus diesen Feldern wurden im Rahmen der Sekundärdatenanalyse Technologien in unterschiedlicher Detailtiefe mit Hilfe der identifizierten Kriterien analysiert und durch Telefoninterviews ergänzt. Auswahlkriterien für die Wahl der Interviewteilnehmer/-innen waren je nach offen gebliebenen Fragestellungen

- fachliche Expertise im Technologiefeld (Mitarbeiter von Forschungsinstituten, Entwicklungsleiter F&E)
- Expertise zu Produktionsinnovationen (z.B. WZL/LZN/Lehrstühle und Institute für Fertigungstechnik)
- Expertise zur Verbreitung von Technologien in unterschiedlichen Branchen (Technologiecluster)
- Expertise zu Fragen der Aus- und Weiterbildung im Technologiefeld

4 Ergebnisse der ersten Projektphase

Erarbeitung von Analyse Kriterien aus theoretischen Grundlagen der Technik- und Innovationsforschung

Der Begriff „neue Technologie“

An dieser Stelle soll zunächst eine Begriffsbestimmung des Technikbegriffs vorgenommen und tätigkeitstheoretisch eingeordnet werden. Die Tätigkeitstheorie nimmt hinsichtlich der Ausdifferenzierung der Systemelemente im Systemmodell der Tätigkeit keine Spezifizierung vor. So werden alle Hilfsmittel (Werkzeuge, Maschinen aber auch Zeichen und Symbole), die Subjekt und Gemeinschaft zur Transformation des Objekts der Tätigkeit heranziehen, unter dem Begriff „Instrumente“ zusammengefasst. Eine vertiefte Technologieanalyse macht jedoch eine ausführlichere Definition des Begriffs und eine Konkretisierung des Strukturelements „Instrumente“ der Tätigkeitstheorie notwendig. Im Projekt wird daher der Technik und Technologiebegriff in Anlehnung an Definitionen der allgemeinen Technologie (ROPOHL, WOLFFGRAMM) differenziert.

Nach ROPOHL (1999: 31) wird Technik in dreifacher Hinsicht definiert:

- als die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme),
- als die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen und
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.

Nach WOLFFGRAMM (1994: 10) wird Technologie als die Wissenschaft von den Gesetzmäßigkeiten der materiell-technischen Seite vollständiger Produktionsprozesse verstanden. Ihr Gegenstand sind Verfahren der Gewinnung von Rohstoffen, sowie ihrer Weiterverarbeitung zu Werkstoffen, Halbfabrikaten und Fertigerzeugnissen. Ihr Ziel ist die effektive Gestaltung der produktionstechnischen Vorgänge (ebd.: 30). Im Begriff der Technologie stehen somit

nicht einzelne Aspekte der Technik, sondern der vollständige Produktionsprozess im Vordergrund.

Die Technologie ist eine Technikwissenschaft. Ihr Gegenstand sind die mittels technischer Systeme an Arbeitsgegenständen durchgeführten Bearbeitungsvorgänge innerhalb des Produktionsprozesses. Zur Realisierung eines technologischen Grundvorgangs durchlaufen Arbeitsgegenstände (Stoffe), die zu verändern sind, Energien, die die Veränderung bewirken, Information, die die für die beabsichtigte Veränderung des Arbeitsgegenstandes notwendigen Einwirkungen steuern, das technische System (WOLFFGRAMM 1994: 74). Die drei Grundvorgänge können nach ihrer Funktion (Wandlung, Transport, Speicherung) und nach der Objektkategorie (Stoff, Energie, Information) folgendermaßen klassifiziert werden (MÜLLER 1970: 59).

- Stoffwandlungstechnik (z.B. Verfahrenstechnik, Fertigungstechnik)
- Stofftransporttechnik (z.B. Fördertechnik, Verkehrstechnik)
- Stoffspeichertechnik (z.B. Lagertechnik, Bautechnik)
- Energiewandlungstechnik (z.B. Solartechnik)
- Energieübertragungstechnik (z.B. Fernwärmetechnik, Starkstromtechnik)
- Energiespeichertechnik (z.B. Batterietechnik)
- Informationsverarbeitungstechnik (inkl. Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik)
- Informationsübertragungstechnik (z.B. Nachrichtentechnik)
- Informationsspeichertechnik (z.B. Drucktechnik, Tontechnik, Fototechnik, Filmtechnik)

Nach ROPOHL (1999) sind technische Systeme durch drei unterschiedliche Kategorien von Ein- und Ausgabegrößen gekennzeichnet: Energie, Materie und Information, durch die sie mit ihrer Umwelt wechselwirken. Sie können über einen inneren Zustand verfügen, der ebenfalls in den drei genannten Kategorien bestimmt ist. Innerhalb des Systems wird eine Umsetzung der Eingangsgrößen und des inneren Zustands in die Ausgangsgrößen vorgenommen. Als Endzustand steht das Produkt. Darunter wird hier ein Wirtschaftsgut oder Konsumgut verstanden, das in einem technologischen Prozess am Ende der Wertschöpfungskette geschaffen wird. Güter, die als Ausgangsmaterial in einen Produktionsprozess eingehen sind entweder Rohstoffe oder Halbzeuge. Das Produkt entspricht in der Tätigkeitstheorie dem Objekt der Tätigkeit, das über verschiedenen Reifegrade bzw. Bearbeitungsstände zum Ergebnis oder Produkt des Tätigkeitssystems transformiert wird.

Für die Fragestellung des Projektes ergeben sich bei der Analyse von Technologien folgende Fragestellungen, die in der Sektoranalyse aufgegriffen wurden:

- Welche Ausprägung hat eine Technologie gemäß der Klassifizierung der allgemeinen Technologie?
- Welche Prozesskette wird dabei durchlaufen?

Zusätzlich ist es auch bezogen auf die Technologie notwendig, das tätigkeitstheoretische Prinzip der Historizität zu berücksichtigen und Technologien hinsichtlich ihres Innovationsgehalts einzuschätzen. Hierzu sollen zunächst die unterschiedlichen Facetten des Innovationsbegriffs hinsichtlich ihrer Bedeutung für eine berufspädagogische Technologieanalyse erörtert werden.

Der Begriff Innovation

Der Begriff der Innovation wird häufig ganz allgemein für Neuerungen und Veränderungen in wirtschaftlichen Zusammenhängen verwendet. In der Literatur wird zwischen unterschiedlichen Arten von Innovation unterschieden. Die geläufigste Unterscheidung ist die zwischen Produkt und Prozessinnovationen. Daneben sind aber weitere Systematisierungen (RICHTER 2001: 14-16) zu finden. Im Folgenden sollen diese dargestellt und erläutert werden, welche Aspekte des Innovationsbegriffs aus berufspädagogischer Perspektive wesentlich erscheinen.

Produktinnovationen: Bei den Produktinnovationen sind Markt- oder Unternehmensneuheiten zu unterscheiden. Ein Produkt ist grundsätzlich jede materielle oder immaterielle Unternehmensleistung, die am Markt angeboten wird. In der Verbindung mit dem hier bearbeiteten Thema sind Produktinnovationen von Interesse, die durch neue Technologien beeinflusst werden. Ob eine Produktinnovation Auswirkungen auf Arbeitsaufgaben von Facharbeit induziert, ist auch abhängig von ihrem Neuheitsgrad.

- Differenzierungen nach dem Neuheitsgrad der Innovation:
 - Basisinnovationen lösen richtungsweisende Änderungen in Bezug auf neue Technologien und Organisationsprinzipien aus.
 - Verbesserungsinnovationen dagegen zeichnen sich lediglich durch die Optimierung einzelner Nutzenparameter aus.
 - Routine- oder Anpassungsinnovationen bezeichnen Neuerungen, in denen vorhandene Leistungen und Produkte auf spezielle Kundenbedürfnisse angepasst werden.
 - Scheininnovationen und Imitationen bezeichnen Neuerungen, die bereits in anderen Unternehmen vorhanden sind und dort erfolgreich eingesetzt werden.

Vor allem Basisinnovationen und Imitationen sind für die Klassifizierung von Innovationen zur Untersuchung der hier bearbeiteten Fragestellung nach der Diffusion von neuen Technologien von besonderem Interesse.

- Differenzierungen nach dem Veränderungsumfang: Diese erscheinen für die hier thematisierte Fragestellung besonders interessant:
 - Radikalinnovationen, die einen hohen Neuheitsgrad aufweisen und daher starke Veränderungen für die Unternehmen nach sich ziehen.
 - Inkrementalinnovationen bezeichnen Verbesserungen bereits bestehender und etablierter Anwendungen und Produkte.

Es ist davon auszugehen, dass Radikalinnovationen eine stärkere Veränderung von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen nach sich ziehen als Inkrementalinnovationen.

- Differenzierung nach dem Auslöser der Innovation:
 - Pull-Innovationen werden aufgrund einer spezifischen Nachfrage entwickelt.
 - Push-Innovationen sind demgegenüber mittelinduzierte Innovationen, die durch die spezifischen Möglichkeiten neu entwickelter Technologien ausgelöst werden und die sich am Markt gegenüber bestehenden Technologien durchsetzen müssen.

Aus berufspädagogischer Perspektive ist eine Technologie erst dann von Interesse, wenn sie einen gewissen Verbreitungsgrad aufweist und absehbar ist, dass sie sich am Markt durchsetzen wird. Daher ist diese Unterscheidung von eher geringem Aussagewert hinsichtlich der berufspädagogischen Einordnung und Bewertung von Innovationen.

Technologielebenszyklus: Betrachtet man Technologien anhand ihres Innovationsgrads, kann die Klassifizierung nach Arthur D. Little zum Lebenszyklus von Technologien (SPECHT et al. 2002: 70) helfen, eine Fokussierung nach dem Reifegrad vorzunehmen. Hier wird der Einsatz einer Technologie in Relation zu ihrem Marktpotenzial gesetzt. Folgende Stufen werden unterschieden:

- **Neue Technologien:** Die wirtschaftliche Realisierung ist noch nicht erkennbar oder sehr unsicher. Dies betrifft Technologien, die sich noch im Stadium von Forschung und Entwicklung befinden. Eine vertiefte berufspädagogische Tätigkeitsanalyse ist nicht sinnvoll, da noch nicht abschätzbar ist ob, in und in welchen Ausprägungen die Technologie in unterschiedlichen Produktionssystemen adaptiert wird.
- **Schrittmachertechnologien:** Erste Auswirkungen der Nutzung auf das Marktpotenzial und die Wettbewerbsdynamik sind bereits erkennbar. Eine vertiefte berufspädagogische Tätigkeitsanalyse ist dann sinnvoll, wenn aufgrund ökonomischer und/oder politischer Weichenstellungen eine weitere Verbreitung der Technologie zu erwarten ist.
- **Schlüsseltechnologien:** Sie beeinflussen signifikant die gegenwärtige Wettbewerbsfähigkeit. Hier ist zu erwarten, dass die Ergebnisse einer vertieften berufspädagogischen Tätigkeitsanalyse zeitnah in Empfehlungen zur Gestaltung des Berufsbildungssystems einfließen können.
- **Basistechnologien:** Diese werden von den Wettbewerbern in etwa gleichem Maße beherrscht. Hier ist zu erwarten, dass die Technologie aufgrund der Breite ihrer Anwendung bereits ihren Weg in das Berufsbildungssystem gefunden hat.
- **Verdrängte Technologien:** Diese Technologien sind bereits durch neue verdrängt worden.

Die Einordnung einer Technologie auf der Grundlage des Technologielebenszyklus erscheint vielversprechend, um Aussagen hinsichtlich ihres Verbreitungsgrades zu treffen und Auswahlentscheidungen für die Wahl von Fallbeispielen zu begründen.

Prozessinnovationen: Prozessinnovationen zielen auf die Neugestaltung von Unternehmensprozessen ab. Neben einer Verbesserung der Prozesse aus einer betriebswirtschaftlichen Motivation ist es auch möglich, dass Prozessinnovationen an Produktinnovationen geknüpft sind, da sich Produktinnovationen nur durch Prozessinnovationen herbeiführen lassen.

- EßER, SPUR und HARMS (2011) untergliedern Prozessinnovationen im Bereich der Produktion unter dem Begriff Produktionsinnovationen. Sie untergliedern diese noch einmal in
 - Produktionstechnikinnovation
 - Produktionsplanungsinnovationen
 - Produktionsmanagementinnovationen.

In diesem Zusammenhang weisen sie darauf hin, dass Prozessinnovationen in der Gruppe der Produktionstechnik- und Produktionsplanungsinnovationen häufig mit Produktinnovationen von Lieferanten gekoppelt sind (Mess-, Fertigungs-, Automatisierungstechnik). Andere Autoren (VAHS and BURMESTER 2005: 77) bezeichnen solche Produktionsinnovationen auch mit dem Begriff Verfahrensinnovation. Solche Produktions- oder Verfahrensinnovationen erscheinen im Zusammenhang des Projekts ebenfalls von besonderem Interesse, da sie Innovationen darstellen, die über einen Diffusionsprozess in andere Sektoren einmünden. Dies wirft die Frage auf, ob mit der Diffusion auch eine Veränderung der Arbeitsaufgaben oder auch der Arbeitsorganisation auf der Ebene der Facharbeit verbunden ist.

Im betrieblichen Innovationsmanagement werden Innovationen, bezüglich ihres Potenzials und hinsichtlich der mit ihnen verbundenen Herausforderungen für den Betrieb, eingeordnet. Hierfür kommen spezifische Instrumente zur Einschätzung von Innovationen zum Einsatz (HAUSCHILDT 2004: 21), ähnliche Instrumente fehlen bislang noch in der berufspädagogischen Betrachtung.

Fazit: Aus der oben ausgeführten Differenzierung zum Innovationsbegriff lassen sich folgende Aspekte für eine berufspädagogische Bewertung ableiten, die in die Sektoranalyse eingeflossen sind:

- Stellt die Innovation eine radikale Veränderung dar?
- Handelt es sich um eine Basisinnovation, Scheininnovation oder Imitation?
- In welchem Verbreitungsstadium im Technologielebenszyklus befindet sich die Technologie?
- Kommen neue Materialien zum Einsatz, deren materialwissenschaftliche Kenntnis für die Facharbeit relevant ist?
- Wird eine Veränderung von Produktionsabläufen notwendig?
- Bringt die Innovation eine neuartige Fertigungstechnik mit sich?
- Wie wird der Automatisierungsgrad beeinflusst?
- Ist eine neuartige Messtechnik erforderlich?
- Ist mit der Innovation eine veränderte Fertigungsorganisation verbunden?

Diffusion als letzte Phase im Innovationsprozess

Je nach Erkenntnisinteresse werden in der Literatur zum Innovationsmanagement unterschiedliche Phasenmodelle zum Innovationsprozess angeführt. Technologische Innovationsprozesse können demnach grob in drei Phasen eingeteilt werden. Die Phase der Invention beschreibt das Stadium der frühen Forschung und Entwicklung, in der eine neuartige technologische Idee entsteht. Die Phase der Innovation im engeren Sinne bezeichnet die Phase, in der neue Technologien in Form von Produkten zur Marktreife bzw. bis zur Markteinführung gebracht werden. Der Prozessschritt der Diffusion bezeichnet demgegenüber die späte Phase im Innovationsprozess, in der der Markt mit der Innovation durchdrungen wird. ROGERS (2006: 5) definiert Diffusion als *„process in which an innovation is communicated through certain channels over time among the members of a social system“*. Zentraler Gedanke ist hier, dass die Diffusion von Innovationen entscheidend von Kommunikationsprozessen in sozialen Systemen abhängt. Neben dem sehr allgemeinen Ansatz von ROGERS kann man zahlreiche unterschiedliche ökonomische Modelle im Bereich der Diffusionstheorien unterscheiden, die je nach Erkenntnisinteresse Anwendung finden. HOLWEGLER (HOLWEGLER 2000) führt an, dass trotz unterschiedlicher theoretischer und methodischer Herangehensweise empirischen Analysen überraschend zu gleichartigen Ergebnissen kommen. Die wichtigsten wiederkehrenden Grundstrukturen sollen durch die folgenden Zitate von HOLWEGLER belegt werden:

- Der Faktor Zeit: *„Die Diffusion neuer Technologien benötigt Zeit. Diese wichtigste Erkenntnis über den Verlauf der Ausbreitung neuer Technologien hat für alle Aggregatenebenen Gültigkeit. Sowohl innerhalb der einzelnen Unternehmung als auch auf sektoraler, gesamtwirtschaftlicher und internationaler Ebene ist die Diffusion eine steigende Funktion in der Zeit“* (ebd.: 6).
- Die typische Verlaufskurve von Diffusionsprozessen: *„Die Diffusionskurve besitzt typischerweise einen s-förmigen Verlauf, wie er in Abbildung 1 dargestellt ist. In einem ersten, konvexen Teil nutzen nur einige wenige Anwender die neue Technologie, der relative Anteil der Innovation am Output, am Kapitalstock bzw. an der Zahl der Anwender wächst jedoch mit zunehmender Geschwindigkeit. Ein Wendepunkt markiert die maximale Diffusionsrate. Im anschließenden konkaven Kurvenabschnitt nimmt zwar die Nutzung der neuen Technologie weiter zu, die Rate der Übernahme nimmt jedoch immer mehr ab, sodass sich die Diffusionskurve asymptotisch ihrer Sättigungsgrenze nähert. Der Wendepunkt der Diffusionskurve wird im Allgemeinen erreicht, bevor die Hälfte der potentiellen Anwender die Technologie nutzt. Dies kann durch das Übernahmeverhalten der potentiellen Anwender verursacht sein. Die Technologieanwender lassen sich entsprechend ihrer Übernahmezeitpunkte in fünf Gruppen der Innovatoren, frühen Anwender (Meinungsführer), frühen Mehrheit, späten Mehrheit und der Nachzügler zusammenfassen“* (ebd.: 6). Eine wichtige Frage ist ab welchem Zeitpunkt eine berufspädagogische Berücksichtigung von Innovationen sinnvoll ist. Welcher Grad der Marktdurchdringung ist notwendig, um Schlussfolgerungen für das Berufsbildungssystem ziehen zu können?
- typische Einflussfaktoren auf den Diffusionsverlauf: *„Die Diffusionsgeschwindigkeit, also der Zeitraum von der ersten Anwendung einer Innovation bis zur asymptotischen Annäherung an den Sättigungsgrad, hängt einerseits von den Eigenschaften der Innovation ab, die in ihrer Profitabilität subsumierbar sind. Andererseits beeinflussen*

die spezifischen Charakteristika einzelner Unternehmen, Sektoren und Volkswirtschaften den Diffusionsprozess. Zudem unterscheiden sich jeweils die Zeitpunkte der ersten Übernahme als auch die Sättigungsgrade“ (ebd.: 7-8).

Tabelle 1 Klassifizierung nachfrageseitiger Diffusionsmodelle (Holwegler 2000 nach Dosi 1991)

| | | Mikroverhalten | |
|------------|--|---|--|
| | | Optimierungsverhalten | Institutionalisiertes Verhalten |
| Makroebene | Gleichgewicht Steady States | Neoklassische Modelle: 1. <i>Probit-Ansatz</i> 2. <i>Spieltheoretische Modelle</i> | Traditionelle Modelle mit Anpassungsverzögerungen <i>Epidemische Ansätze</i> |
| | Ungleichgewicht Traversen und Selbstorganisierende Prozesse | Modelle mit steigenden Erträgen, Netzwerkexternalitäten und Pfadabhängigkeiten | Evolutorische Modelle und Selbstorganisationsmodelle |

Die unterschiedlichen ökonomischen Ansätze zur Erklärung des Diffusionsprozesses setzen an der Nachfrageseite an. Je nach Erkenntnisinteresse und Fragestellung der Modelle werden sowohl Informationsdiffusion, Kosten-Nutzenabwägungen, Risikoverhalten, Netzwerkaspekte und Pfadabhängigkeiten als Erklärung für die unterschiedlichen Verläufe von technologischen Diffusionsprozessen herangezogen. DOSI (1991) gibt einen Überblick über die wichtigsten nachfrageseitigen Diffusionsmodelle (siehe Tabelle 1), welche im Folgenden kurz erläutert werden (für eine ausführliche Darstellung sei hier verwiesen auf DOSI 1991, HOLWEGLER 2000).

Diffusionsmodelle unterscheiden sich demnach darin, ob sie auf der Makroebene von einem Gleichgewichtszustand ausgehen, also die Rationalität bei der Entscheidung von Nutzern für die Übernahme von Technologien voraussetzen, oder Faktoren zur Erklärung von Ungleichgewichten heranziehen. Die frühen Modelle der Diffusionsforschung gehen von einem Gleichgewichtszustand aus. Diese traditionellen Modelle sehen den Informationsfluss über Innovationen als das entscheidende Kriterium für die Übernahme einer Innovation an. Neoklassische Modelle gehen ebenfalls von einem Gleichgewicht im Sinne zweckrationalen Verhaltens aus. Als Erklärung für die unterschiedlichen rationalen Übernahmeentscheidungen werden beim Probit-Ansatz jedoch Unterschiede in der Zielgruppe (wie z.B. Firmengröße) herangezogen, während spieltheoretische Modelle unterschiedliche Nutzenabwägungen als Erklärungsmuster heranziehen.

Ungleichgewichtsmodelle gehen demgegenüber davon aus, dass Entscheidungen für oder gegen eine Innovation durch historische Entwicklungen oder Netzwerkexternalitäten geprägt sind. Modelle mit steigenden Erträgen, Netzwerkexternalitäten und Pfadabhängigkeiten betrachten nicht die Übernahme einer Technologie, sondern erklären die Entscheidung zwi-

schen unterschiedlichen Technologien. Dabei kann der Nutzen einer Technologie von der Zahl der Anwender abhängen. Wird dieser Nutzen erst spät erreicht, ist aufgrund von Technologiefestlegung bereits eine Entscheidung für die andere Technologie gefallen, die nur schwer wieder zurückgenommen werden kann (lock in). Diese Modelle erklären auch Entscheidungen innerhalb von Netzwerken gegen eine rational betrachtet effektivere Technologie. Evolutorische Modelle dagegen gehen davon aus, dass nicht das rationale Gewinnmaximierungsstreben im Vordergrund für eine Technologieentscheidung steht, vielmehr wird eine solche Entscheidung erst dann gegen das vorherrschende Routineverhalten durchgesetzt, wenn eine zufriedenstellende Zielerreichung des Unternehmens (Marktanteil, Verkaufszahlen) nicht mehr erreicht werden kann.

HOLWEGLER leitet aus einem Vergleich dieser unterschiedlichen Modelle die Einflussgrößen auf Technologiediffusion ab (siehe Abbildung 3), wobei er zusätzlich auch das Technologieangebot mit seinen Eigenschaften berücksichtigt.

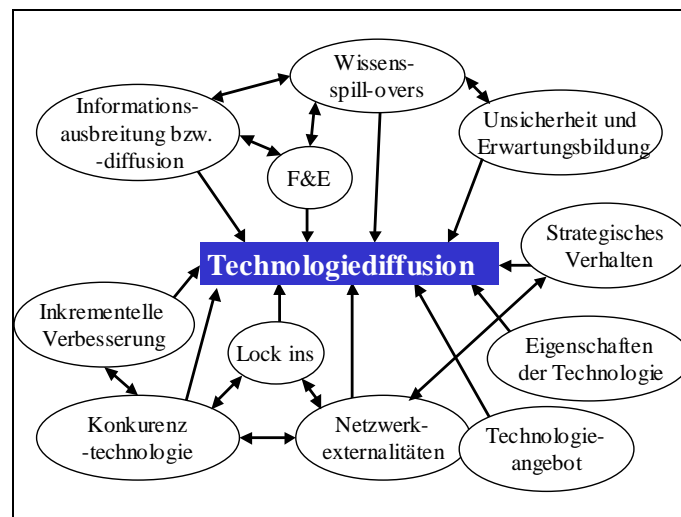


Abbildung 3 Determinanten der Technologiediffusion (nach Holwegler 2000)

Neben dem Technologieangebot und den Eigenschaften der Technologie auch im Vergleich zu Konkurrenztechnologien, sind Informationsflüsse und der Wissensaustausch wichtige Determinanten. Ein Wissens-Spill-Over-Effekt meint in diesem Zusammenhang eine verbesserte Ausgangslage bei der Imitation einer Technologie, das Wissen ist bereits verfügbar und erprobt und es sind weniger eigene Forschungsanstrengungen notwendig, um die Technologie zu verwirklichen. Nicht zuletzt unterliegt der Diffusionsprozess strategischen Bewertungen sowohl in einzelnen Unternehmen als auch innerhalb von Netzwerken. Durch Festlegungen innerhalb von Branchen oder Netzwerkbeziehungen von Unternehmen kann es zu einer Technologiefestlegung kommen, die eine vielversprechende Technologie vom Markt verdrängt. Durch all diese Einflussgrößen ist die Vorhersage von Diffusionsprozessen von großen Unsicherheiten geprägt. Was die Frage aufwirft, zu welchem Zeitpunkt im Diffusionsprozess eine berufspädagogische Bewertung neuer Technologien sinnvoll und zielführend ist.

Innovationssysteme

Wie aus den Erörterungen zur Technologiediffusion deutlich wird, ist die Verbreitung von Innovationen systemabhängig. Hieraus ergibt sich ein weiterer wichtiger Aspekt der Innovationsforschung (RICHTER 2001), der für die hier formulierte Fragestellung zu berücksichtigen ist. Innovationssysteme können geographisch (JORK and SCHLAMP 2000) oder sektoral (RICHTER et al. 2006) aufgestellt sein. Hierbei sind sowohl die historisch gewachsene Wirtschaftsstruktur mit ihren industriellen Beziehungen und die organisatorisch institutionelle Struktur der Staaten (die sich zum Beispiel in der Forschungsförderung niederschlagen) prägend für die Innovationssysteme. Am Beispiel der Forschungsförderung von Bund und Ländern kann dieser Zusammenhang illustriert werden. Die Bildung von Technologieclustern zu unterschiedlichen Innovationssystemen wird intensiv gefördert, um regionale und sektorale Netzwerke zu etablieren und die Technologiediffusion zu unterstützen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Aspekt der Förderung der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Fragen der beruflichen Aus- und Weiterbildung werden in diesem Zusammenhang manchmal angestoßen aber selten systematisch bearbeitet. Werden Bildungsthemen thematisiert, sind diese zumeist auf der Ebene der akademischen Bildung angesiedelt und selten auf der Ebene der Facharbeit. Dies wirft die Frage auf, wie die Akteure des Berufsbildungssystems mit den Akteuren von Innovationssystemen vernetzt sein müssen, damit der Informationsfluss bezüglich veränderter Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen auf einer breiten Basis in das Berufsbildungssystem fließen kann.

Internationale Vergleichsstudien weisen darauf hin, dass in koordinierten Marktwirtschaften wie der deutschen eher die erfolgreiche Verbreitung von inkrementellen Innovationen gefördert wird (WERLE 2005). Radikale Innovationen sind in solchen marktwirtschaftlichen Systemen besonders dann erfolgreich, wenn sie sich kumulativ weiterentwickeln und sich in Firmenstrategien einbetten lassen. Diese Aussagen dienen zur Erklärung für Brüche im Innovationsverlauf, wenn z.B. eine Innovation zwar durch Forschung und Entwicklung in Deutschland hervorgebracht wurde, aber in anderen Volkswirtschaften erfolgreicher vermarktet wird. Für das deutsche Berufsbildungssystem könnten diese Ergebnisse ein Hinweis sein, dass der technologische Wandel sich auch in der Berufsbildung kontinuierlich vollzieht und radikale Veränderungen eher Ausnahmen von der Regel darstellen. Im Sinne einer gestaltungsorientierten Berufsbildungsperspektive kann dieser Aspekt aber auch anders betrachtet werden. Hier stellt sich die Frage, durch welche Vernetzungsstrategien seitens der Akteure der Berufsbildung mit Wissenschaft und Wirtschaft auch radikale Innovationen so gefördert werden können, dass sie zukünftig auch in Deutschland nicht nur entwickelt, sondern auch realisiert werden. Fragestellungen für die Sektoranalyse, die sich aus der Betrachtung von Systemebenen und Diffusionsprozesses ergeben, sind:

- Welche Netzwerke zu den einzelnen Technologiefeldern gibt es (Akteure)?
- Wie sind Berufsbildungssystem und Innovationssysteme miteinander vernetzt (Wissens-Spill-Overs)?
- Ist die Unterscheidung zwischen radikalen und inkrementellen Innovationen im deutschen Berufsbildungssystem ein relevanter Aspekt? Welche Konsequenzen ergeben sich daraus hinsichtlich der Dauerbeobachtung von technologischem Wandel?
- Welche Informationskanäle gibt es (Medien, Veranstaltungen, Bildungsangebote)

Tätigkeitstheoretisch sind diese Aspekte der Diffusionstheorien auf der Ebene der Arbeitsteilung in der übergeordneten Praxisgemeinschaft (CoP) einzuordnen. Sie geben Hinweise zur Identifizierung und Beschreibung solcher Praxisgemeinschaften, die sich für die kommunikative Validierung von Fallbeispielen eignen.

Analysekriterien und Leitfragen für die Sektoranalyse

In der folgenden Tabelle werden die, auf der Grundlage der Diffusionstheorie und der allgemeinen Technologie, abgeleiteten Kriterien für die Sektoranalyse noch einmal zusammengefasst und dem Strukturmodell der Tätigkeit zugeordnet.

Tabelle 2 Analysekriterien für die Sektoranalyse

| Systemebenen der Tätigkeitstheorie | Allgemeine Technologie | Innovations-/Diffusionsforschung |
|------------------------------------|---|---|
| Objekt | <ul style="list-style-type: none"> • Ausprägung • Prozesskette • Automatisierung | <ul style="list-style-type: none"> • Neues Produkt/Material: <ul style="list-style-type: none"> ○ Veränderungsumfang ○ Neuheitsgrad ○ Technologielebenszyklus |
| Instrumente | <ul style="list-style-type: none"> • Ausprägung • Prozesskette • Automatisierung | <ul style="list-style-type: none"> • Neues Werkzeug: <ul style="list-style-type: none"> Produktions-/Verfahrensinnovation (Fertigungs-Mess-, Automatisierungstechnik) <ul style="list-style-type: none"> ○ Veränderungsumfang ○ Neuheitsgrad ○ Technologielebenszyklus |
| Arbeitsteilung | | <ul style="list-style-type: none"> • Fertigungsorganisation • Netzwerke/Technologiefelder • Netzwerke/Berufsbildung • Informationskanäle |
| Regeln | | <ul style="list-style-type: none"> • Mögliche Wissens-Spill-Over Effekte hinsichtlich Berufsbildung • Pfadabhängigkeiten/ Lock ins |

Die in der Auseinandersetzung mit den theoretischen Ansätzen gefundenen Fragestellungen sind für die Reflexion der Sekundärliteratur unterschiedlich geeignet. Einige Fragestellungen werden für die abschließende vergleichende Reflexion der Fallbeispiele in der letzten Projektphase zurückgestellt (siehe Kasten).

- Ist die Unterscheidung zwischen radikalen und inkrementellen Innovationen im deutschen Berufsbildungssystem ein relevanter Aspekt?
- Wie können Wissens-Spill-Over Effekte seitens des Berufsbildungssystems generiert werden?
- Wie sind Berufsbildungssystem und Innovationssysteme miteinander vernetzt?

Andere dienen als Analysefragen, die zur Reflexion der Sekundärdaten im Rahmen der Sektoranalyse herangezogen werden. Diese Fragen wurden zunächst mit Hilfe einer intensiven Literaturrecherche bearbeitet. Fragen, die in einem Technologiefeld nicht beantwortet werden konnten, wurden mit Hilfe von (telefonischen) Experteninterviews mit Experten und Expertinnen aus Wirtschaft und Wissenschaft in dem jeweiligen Technologiefeld geklärt.

- Welche Ausprägung hat eine Technologie gemäß der Klassifizierung der allgemeinen Technologie?
- Welche Prozesskette wird durchlaufen?
- In welchem Verbreitungsstadium im Technologielebenszyklus befindet sich die Technologie?
- Stellt die Innovation eine radikale Veränderung dar?
- Handelt es sich um eine Basisinnovation, Scheininnovation oder Imitation?
- Kommen neue Materialien zum Einsatz, deren materialwissenschaftliche Kenntnis für die Facharbeit relevant ist?
- Wird eine Veränderung von Produktionsabläufen notwendig?
- Bringt die Innovation eine neuartige Fertigungstechnik mit sich?
- Wie hoch ist der Automatisierungsgrad?
- Ist eine neuartige Messtechnik erforderlich?
- Ist mit der Innovation eine veränderte Fertigungsorganisation verbunden?
- Welche Netzwerke zu den einzelnen Technologiefeldern gibt es (Akteure)?
- Welche Informationskanäle gibt es (Medien, Veranstaltungen, Bildungsangebote)?

Allgemeiner Überblick über Innovationsmerkmale im produzierenden Gewerbe

Unter dem hier verwendeten Oberbegriff des produzierenden Gewerbes lassen sich zahlreiche Sektoren und Subbranchen fassen. Volkswirtschaftlich bezeichnet der Begriff produzierendes Gewerbe synonym zum Begriff des industriellen Sektors alle Unternehmen und Betriebe aus dem verarbeitenden Gewerbe, Energie-, Wasserwirtschaft, Bergbau und Baugewerbe (Gabler Verlag 2011).

In der Branchenklassifikation des NACE Rev werden diese klassifiziert und eingeordnet, um auf dieser Grundlage die Vergleichbarkeit soziökonomischer Studien auf europäischer Ebene zu gewährleisten. Da im Rahmen des Projekts relevante Indikatoren für eine systematische Dauerbeobachtung technologischer Veränderungen zu identifizieren sind, die möglichst auch anschlussfähig an quantitative Studien des BIBB sein sollten, wurde als Ausgangspunkt für eine Annäherung an das Forschungsfeld die Klassifizierung NACE Rev bestimmt. Auf Basis der oben beschriebenen Innovationsforschung des Bundes wurden vorhandene Studien genutzt, um eine von Kriterien geleitete Eingrenzung des Forschungsfeldes vorzu-

nehmen. Die Erfahrungen mit diesem Vorgehen werden dokumentiert und in der letzten Projektphase reflektiert.

Betrachtet man daneben die Anzahl der Beschäftigten im produzierenden Gewerbe nach Branchen ergibt sich folgendes Bild: Insgesamt waren im Jahr 2009 6.500.000 Beschäftigte direkt im produzierenden Gewerbe sozialversicherungspflichtig angestellt. Das sind ca. ¼ aller sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten in Deutschland. Betrachtet man die Verteilung der Beschäftigten nach Branchen sticht der Maschinenbau als Arbeitgeber im produzierenden Gewerbe hervor, gefolgt von der Automobil- und Metallindustrie. Es folgen die Nahrungsmittelindustrie, Elektroindustrie die Gummi- Kunststoffindustrie und die Chemieindustrie.

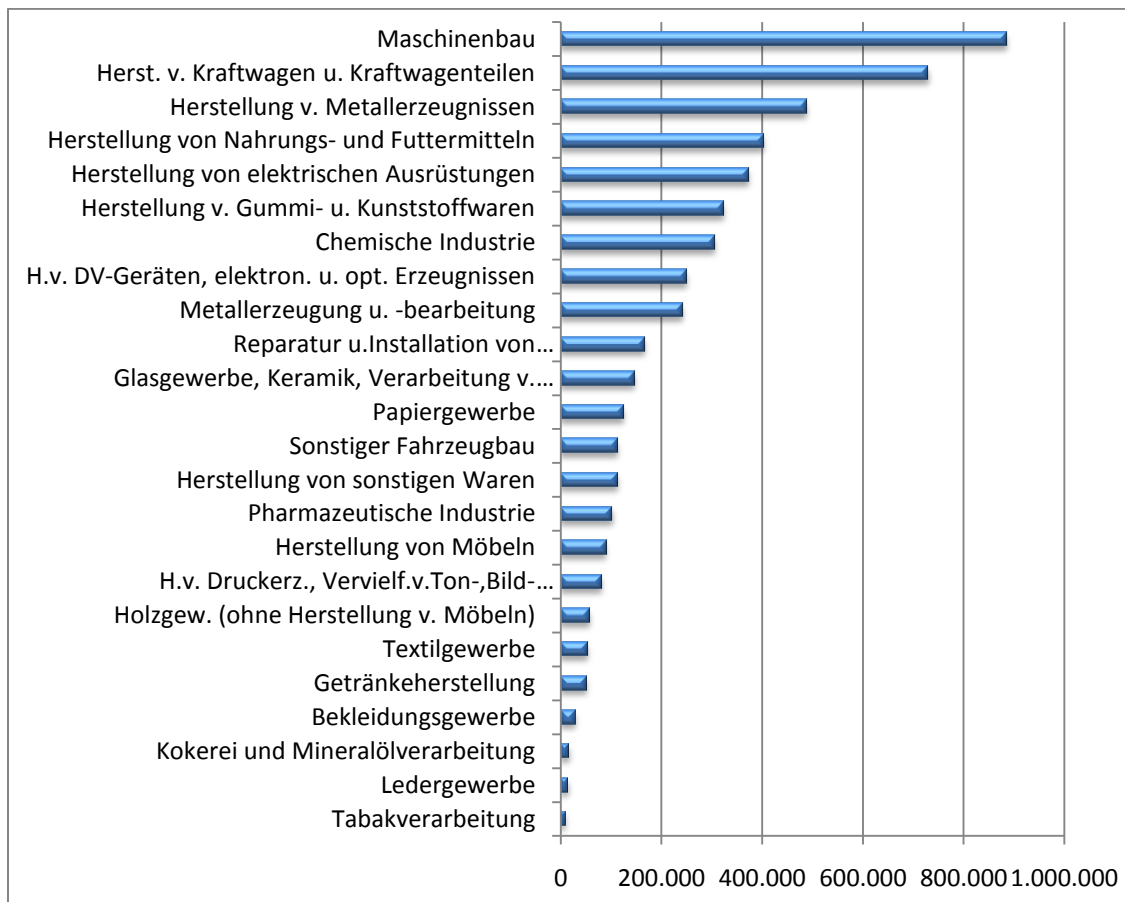


Abbildung 4 Anzahl der Beschäftigten nach Branchen in Deutschland (Quelle: BDI Statistisches Bundesamt September 2011)

Die Orientierung am NACE Rev als Ausgangspunkt für das Projekt war nur bedingt praktikabel. Die Sichtung bestehender Datensätze lieferte keine Informationen zur inhaltlichen Ausprägung und Verbreitung von Technologien. Deshalb konnten auch keine quantitativen Aussagen zum Verbreitungsgrad neuer Technologien in den Subsektoren des produzierenden Gewerbes getroffen werden. Um nun eine Eingrenzung des Forschungsfeldes vorzunehmen, erschien es am vielversprechendsten, die bestehenden Innovationserhebungen hinsichtlich ihrer Aussagen zur Innovationsintensität und zur Verbreitung neuer Technologien in einzelnen Subbranchen des produzierenden Gewerbes auszuwerten. Daher wurden zunächst die Ergebnisse der deutschen Innovationserhebung des ZEW betrachtet, um Subsektoren des

produzierenden Gewerbes zu ermitteln, die aufgrund ihrer hohen Innovationsintensität und einem hohen Umsatzanteil mit Produktneuheiten in eine vertiefende Analyse einbezogen wurden. Diese Ergebnisse wurden dann mit dem Branchenranking des Instituts für Wirtschaftsforschung in Köln „Deutschlands Zukunftsbranchen 2009“ in Beziehung gesetzt, weil diese Studie anders als die ZEW Studie auch technologische Aspekte mit aufgreift. Im Folgenden wird dieses Vorgehen beschrieben.

Die ZEW Innovationserhebung 2010

Die ZEW Erhebung von 2010 (RAMMER et al. 2011) erhebt den Anteil der Unternehmen der deutschen Wirtschaft, die erfolgreich Innovationen eingeführt haben. Dabei nehmen die Innovationsindikatoren des ZEW allerdings lediglich eine sehr allgemeine Gliederung der Produkt- und Prozessindikatoren vor, die keine Aussagen zu Art und Ausprägung technologischer Innovation macht. Nach dieser Erhebung weist die Chemie- und Pharmaindustrie schon seit Jahren den höchsten Wert bei den Innovatoren auf. Daneben zeichnen sich die Elektroindustrie, der Sektor EDV/Telekommunikation, der Fahrzeugbau und der Maschinenbau durch einen Innovatorenanteil von zwei Drittel oder mehr aus. Außerdem finden sich hohe Anteile von innovationsaktiven Unternehmen in den Bereichen Gummi-/ Kunststoff, in der Textil- Bekleidungs- und Lederindustrie sowie im Bereich technische FuE Dienstleistungen. Kleinere Sektoren werden in dieser Studie zusammengefasst, um sie statistisch handhaben zu können, aus diesem Grund können z.B. keine Aussagen zur Innovationsintensität in der Medizintechnik getroffen werden, da diese mit der Möbel- und Spielwarenindustrie zusammengefasst wird.

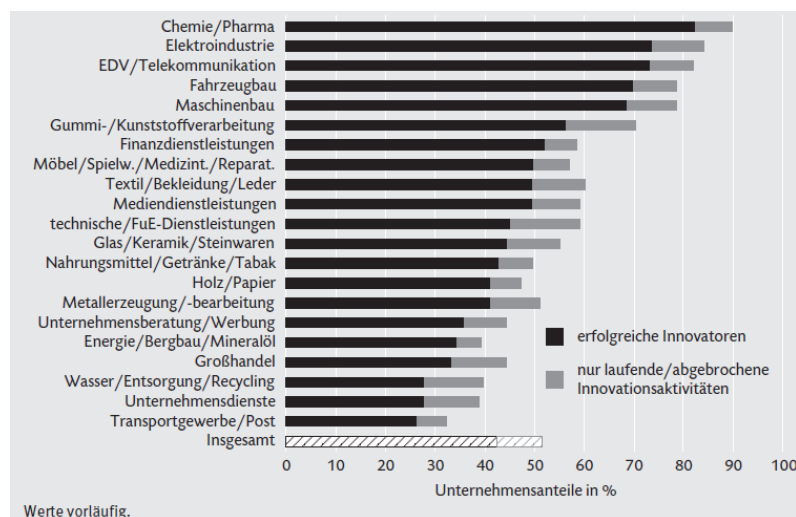


Abbildung 5 Innovatorenquote nach Branchengruppen 2009 (Rammer et al. 2011: 3)

Auch wenn die Innovationsuntersuchung des ZEW nicht auf die Erfassung der Qualität von technologischen Veränderungen in einzelnen Sektoren ausgerichtet ist, gibt sie Hinweise auf Branchen, die von der Diffusion neuer Technologien betroffen sein können, da sie nicht nur Patentanmeldungen oder wissenschaftliche Beiträge als Indikatoren erhebt, sondern konkrete Ausprägungen von Innovationen wie Produkte und Prozesse, die sich bereits im Markt befinden, also den Weg von F&E in die Unternehmen und Branchen bereits gefunden haben. Dabei unterscheidet die Studie bei den Produktinnovationen noch einmal zwischen Marktneuheiten, Nachahmerinnovationen und Sortimentsneuheiten (siehe Abbildung 6). Aus die-

sem Grund wurde die Studie für die eigene Sektoranalyse als Filter herangezogen, um das Forschungsfeld hinsichtlich der zu untersuchenden Branchen einzugrenzen. Aus forschungsökonomischen Gründen wurde eine detaillierte Analyse in den Feldern vorgenommen, die hier eine besondere Innovationsintensität aufweisen.

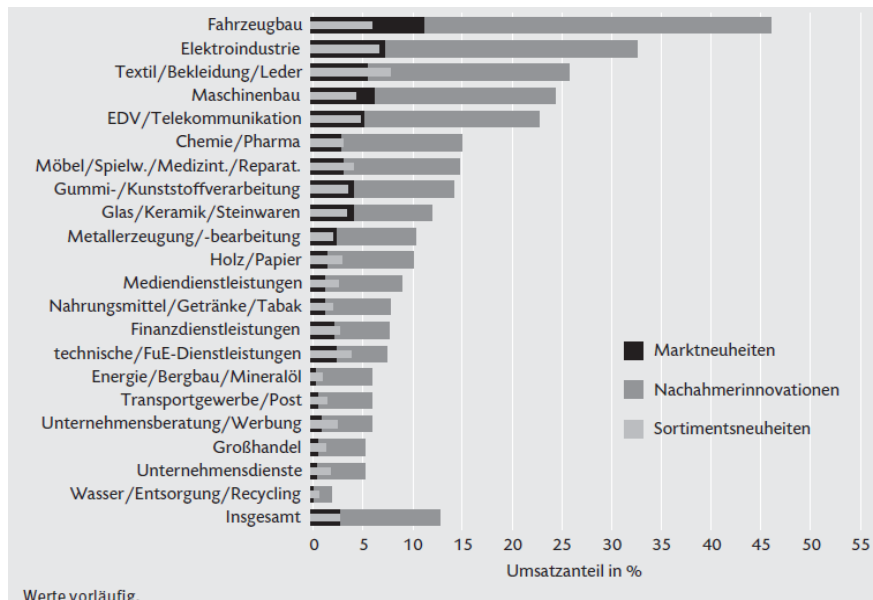


Abbildung 6 Umsatzanteil mit neuen Produkten nach Branchengruppen 2009 (Rammer et al. 2011: 10)

Das Branchenranking des Instituts der deutschen Wirtschaft zu Deutschlands Zukunftsbranchen

Eine Ergänzung zum Abgleich der ZEW Daten mit einem stärker technologischen Fokus stellt die Studie des Instituts der deutschen Wirtschaft in Köln (IW Consult GmbH 2009) dar. Sie basiert auf anderen Indikatoren für die Erhebung der makroökonomischen Betrachtung (u.a. auch die Entwicklung der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigtenzahlen). Daneben fließen auch qualitative Aspekte wie z.B. Technologie und Trends in das Ranking ein, die durch Experteninterviews erhoben wurden.

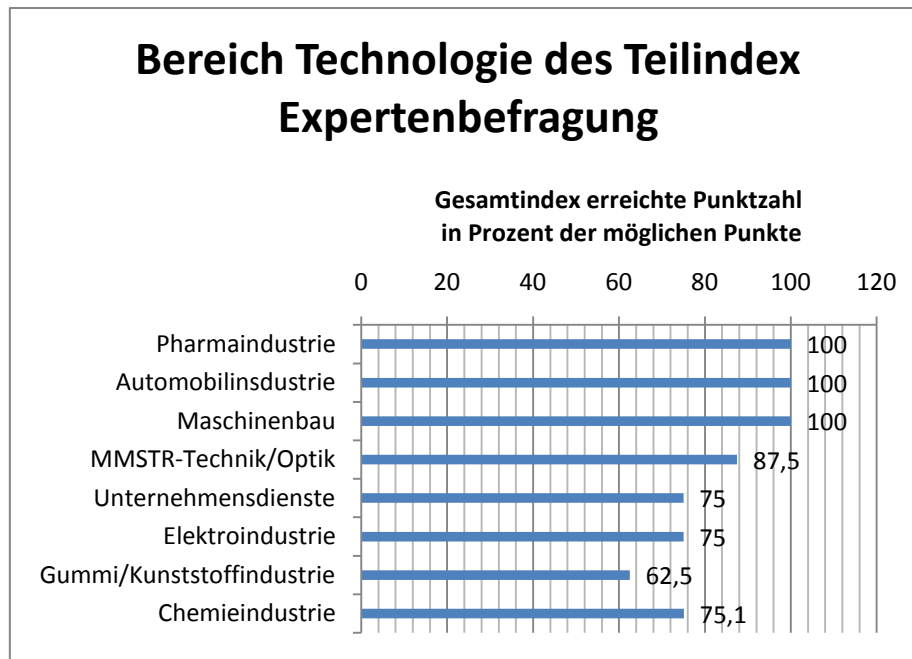


Abbildung 7 Bereich Technologie des Teilindex Expertenbefragung

Der Bereich Technologie zum Teilindex der Expertenbefragung drückt aus wie die Experten und Expertinnen die Chancen für die zukünftige Schaffung von Arbeitsplätzen durch neue Technologien und die Nutzung der Potenziale der Zukunftstechnologien¹ einschätzen (siehe Abbildung 7). Hiernach gelten besonders Pharma-, Automobilindustrie und Maschinenbau als Spitzenreiter der hochinnovativen Zukunftsbranchen. Auch der Bereich Medizin-, Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik weist in diesem Teilindex hohe Werte auf und belegt sogar in der Gesamtbewertung den ersten Rang als Zukunftsbranche in Deutschland. Daneben werden weiter die Elektroindustrie, die Gummi- und Kunststoffindustrie und die Chemieindustrie als Zukunftsbranchen in Deutschland eingestuft.

Die Ränge 1-10 im Gesamtranking sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Sie setzen sich aus den beiden makroökonomischen Teilindexen (Makroökonomische Performance und Wachstumstreiber) sowie dem qualitativen Teilindex Expertenbefragung zusammen. Hiernach ergibt sich für das produzierende Gewerbe folgende Rangliste der Zukunftsbranchen:

¹ Zu den Zukunftstechnologien werden in dieser Studie (IW Consult GmbH 2009: 34) gezählt Bio-, Nano-IUK-Technologie, Mikrosystem- Medizin- Umwelttechnik, Neue Werkstoffe, Optik, Internet und Software.

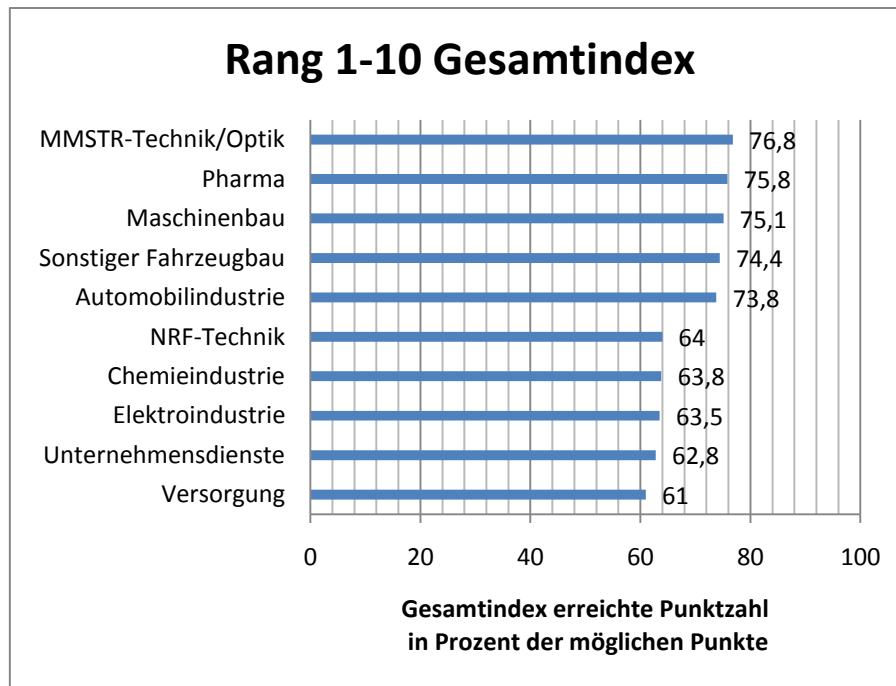


Abbildung 8 Gesamtindex Branchenranking Deutschlands Zukunftsbranchen 2009 (Rang 1-10)

Ableitung von Konsequenzen für die eigene Untersuchung und erste Begrenzung des Forschungsfeldes „produzierendes Gewerbe“

Vergleicht man die beiden Studien ergeben sich in der Bewertung innovativer Branchen sowohl Übereinstimmungen als auch Unterschiede, die den unterschiedlichen Indikatoren und Verfahren geschuldet sind. Dieser Vergleich macht deutlich, welche eine entscheidende Rolle die Ausrichtung der Indikatoren an der Fragestellung der Untersuchung für die Beurteilung von Innovationen hat. Der Abgleich der Ergebnisse dieser beiden Studien lässt für die hier vorliegende Untersuchung die Konzentration auf die folgenden Branchen sinnvoll erscheinen: Chemie-, Pharmaindustrie, Elektroindustrie, EDV/Computerindustrie, Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Gummi-, Kunststoffindustrie, Metallherstellung- und -bearbeitung, sowie Medizintechnik.

Unterschiede zwischen den beiden Studien betreffen die Einschätzung der Textilindustrie als Innovationsfeld, während die Textilindustrie im Innovationsreport des ZEW beim Umsatzanteil mit neuen Produkten den dritten Platz noch vor dem Maschinenbau belegt und bei der Innovatorenquote zu den ersten zehn zählt, liegt sie im Gesamtranking des DIW nur auf dem vorletzten Platz (Rang 34). Eine aktuelle Studie der Textilindustrie (INNtex Innovation Netzwerk Textil e.V. 2011) fasst den Stand der aktuellen Innovationen und Projekte in diesem Sektor zusammen. Veränderungen auf qualifikatorischer Ebene in diesem Industriezweig sind demnach nicht vorhanden, da auf bewährte Produktionsprozesse zur Herstellung innovativer Textilprodukte zurückgegriffen wird. Diese Einschätzung wurde in einem Experteninterview (Interview 3) validiert. Die Textilbranche wurde daher nicht zur Ermittlung eines Fallbeispiels herangezogen.

Daneben soll auch die Energiewirtschaft in einem Exkurs betrachtet werden. Die Energiewirtschaft ist ein Wirtschaftszweig, der eine Schlüsselstellung in der deutschen Wirtschaft einnimmt, weil aufgrund politischer Weichenstellungen und globaler Herausforderungen wie

Energiewende, Klimawandel und Ressourcenknappheit in Zukunft zu erwarten ist, dass die Energiewirtschaft als Diffusionsfeld zum einen indirekt stark von neuen Technologien betroffen sein wird und zum anderen der Nutzen neuer Technologien zur Energieeffizienz nur dann erzielt wird, wenn auf der Ebene der Energieversorgung ausreichend Kapazitäten umweltfreundlich produzierter Energie bereitgestellt werden können (z.B. im Bereich der Elektromobilität) (vergl. Ökoinstitut e.V. 2012, ROTHER et al. 2010).

Nachfolgend werden die zehn Subsektoren in einem Kurzüberblick beschrieben. Bei den Beschreibungen handelt es sich um Angaben entsprechend des NACE-Schlüssels für Wirtschaftszweige (Statistisches Bundesamt 2008). Bis auf die Energiewirtschaft gehören die hier genannten Subsektoren zum verarbeitenden Gewerbe als am weitesten verzweigtem Teilgebiet des produzierenden Gewerbes.

- **Chemieindustrie:** Diese Abteilung umfasst die Verarbeitung organischer und anorganischer Rohstoffe in einem chemischen Verfahren zu chemischen Erzeugnissen. Hierbei wird unterschieden zwischen der Herstellung von chemischen Grundstoffen (in der ersten Gruppe) und der Herstellung von Zwischen- und Endprodukten durch Weiterverarbeitung chemischer Grundstoffe.
- **Pharmaindustrie:** Die Abteilung pharmazeutische Industrie umfasst die Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen und pharmazeutischen Spezialitäten. Sie beinhaltet auch die Herstellung von Arzneimitteln chemischen und botanischen Ursprungs.
- **Elektroindustrie:** Diese Abteilung umfasst die Herstellung von Produkten, die Elektrizität erzeugen, verteilen und verwenden. Diese Abteilung umfasst ferner die Herstellung elektrischer Beleuchtungs- und Signalgeräte sowie elektrischer Haushaltsgeräte.
- **EDV/Computerindustrie:** Diese Abteilung umfasst die Herstellung von Computern, peripheren Geräten, Telekommunikationsgeräten und ähnlichen elektronischen Erzeugnissen sowie von entsprechenden Produktkomponenten. Charakteristisches Merkmal der in diese Abteilung eingeordneten Herstellungsprozesse ist der Entwurf und die Anwendung von integrierten Schaltungen sowie die Anwendung hoch spezialisierter Miniaturationstechnologien. Diese Abteilung umfasst auch die Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik, Mess-, Kontroll-, Navigations- und Steuerungsinstrumenten, Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten, elektromedizinischen Geräten, optischen Instrumenten und Geräten sowie magnetischen und optischen Datenträgern.
- **Maschinenbau:** Diese Abteilung umfasst den Bau von Maschinen, die mechanisch oder durch Wärme auf Materialien einwirken oder an Materialien Vorgänge durchführen (wie Bearbeitung, Besprühen, Wiegen oder Verpacken), einschließlich ihrer mechanischen Bestandteile, die Kraft erzeugen und anwenden, sowie spezieller Teile dafür. Hierunter fallen feste, bewegliche oder handgeführte Vorrichtungen, ungeachtet, ob sie für Industrie und Gewerbe, den Bau, die Landwirtschaft oder für den Einsatz im Haushalt bestimmt sind. Diese Abteilung umfasst ferner die Herstellung von Hebezeugen und Fördermitteln.
- **Fahrzeugtechnik:** Diese Abteilung umfasst die Herstellung von Kraftwagen zur Personen- oder Güterbeförderung. Sie umfasst ferner die Herstellung verschiedener Teile und Zubehör sowie die Herstellung von Anhängern und Sattelanhängern. Wartung

und Instandsetzung von Kraftwagen werden in der Klasse 45.20 dieser Klassifikation nachgewiesen.

- **Gummi-Kunststoffindustrie:** Diese Abteilung umfasst die Herstellung von Erzeugnissen aus Gummi und Kunststoffen. Diese Abteilung wird durch die eingesetzten Rohstoffe charakterisiert. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Herstellung aller aus diesen Rohstoffen gefertigten Waren hier zugeordnet ist.
- **Metallerzeugung und Bearbeitung:** Diese Abteilung umfasst die Tätigkeiten des Schmelzens und Legierens von Eisenmetallen und NE-Metallen aus Erz, Roheisen oder Schrott mit elektrometallurgischen und anderen metallurgischen Verfahren. Diese Abteilung umfasst ferner die Herstellung von Metalllegierungen und Superlegierungen durch Zugabe anderer chemischer Elemente zu reinen Metallen. Die nach dem Schmelzen und Legieren in der Regel in Blockform zur Verfügung stehenden Erzeugnisse werden durch Walz-, Zieh- und Extrusionsverfahren zu Platten, Blech, Bandstahl, Stabstahl, Stangen, Draht, Rohren oder Hohlprofilen bzw. in geschmolzener Form zu Gusserzeugnissen und anderen Grundmetallerzeugnissen verarbeitet.
- **Medizintechnik:** Diese Unterklasse umfasst die Herstellung von Laborgeräten, medizinischen und chirurgischen Instrumenten, chirurgischen Apparaten und Geräten, zahnmedizinischen Apparaten und Geräten. Sie umfasst auch die Herstellung von medizinischen, zahnmedizinischen und ähnlichen Möbeln, bei denen Zusatzfunktionen den Zweck des Möbels bestimmen, beispielsweise Zahnarztstühle mit eingebauter hydraulischer Funktion. Weitere Unterklassen sind die Herstellung von orthopädischen Erzeugnissen sowie die zahntechnischen Laboratorien.
- **Energiewirtschaft:** Dieser Abschnitt umfasst die Elektrizitäts-, Gas-, Wärme- und Warmwasserversorgung durch ein fest installiertes Netz von Strom- bzw. Rohrleitungen. Der Umfang des Netzes ist nicht entscheidend. Eingeschlossen ist auch die Versorgung von Industrie- und Gewerbegebieten, sowie von Wohngebäuden. Unter diesen Abschnitt fällt daher der Betrieb von Anlagen, die Elektrizität oder Gas erzeugen und verteilen bzw. deren Erzeugung und Verteilung überwachen. Ebenfalls eingeschlossen ist die Wärme- und Kälteversorgung.

Wie weiter oben erläutert wurde eine weitere Begrenzung des Forschungsfeldes hinsichtlich des Technologiefokus vorgenommen. Hier orientiert sich die Arbeit an den in der Hightechstrategie als bedeutsam identifizierten Technologien, die in Forschung und Entwicklung bereits etablierte Forschungsfelder darstellen (CUHLS et al. 2009).

Zunächst wurde eine umfangreiche Datensammlung und Sektoranalyse durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurden dann mögliche Fallbeispiele (Units of Analysis) entlang ihrer Wertschöpfungskette skizziert und relevante Praxisgemeinschaften (CoP) identifiziert, die im Anschluss zur Validierung der Fallbeispiele durch einen vertieften Praxisdialog hinzugezogen werden könnten.

Begründungszusammenhänge zur Fallauswahl

In der Sektoranalyse wurden 80 Technologien im Hinblick auf die oben ermittelten Kriterien in unterschiedlicher Detailtiefe analysiert. Aufgrund ihres Umfangs wird in an dieser Stelle nicht der komplette Bearbeitungsstand der Technologieanalyse dokumentiert, sondern lediglich die ausgewählten Felder. Zunächst wird ein Überblick über die Auswahlkriterien gege-

ben, die zu der Auswahl der weiter unten beschriebenen Themenfelder geführt haben. Aus dieser Beschreibung wird deutlich welche Informationen sich auf Basis einer Sekundärdatenanalyse ermitteln lassen.

Ziel des Projekts ist die deskriptive Beschreibung und der Vergleich technologische Diffusionsprozesse in ihren unterschiedlichen Facetten unter Einnahme einer berufspädagogischen Perspektive. Hierfür ist die Unterschiedlichkeit der Fälle das zentrale Auswahlkriterium für die Fallauswahl. Unter diesem Gesichtspunkt wurden folgende Merkmale für die Fallauswahl ermittelt. Diese Merkmale dienen zur Reflexion der Technologiebeispiele aus der Sektoranalyse.

- Unterschiedlichkeit der Branchen
- Einordnung in die unterschiedlichen Zukunftsfelder der Hightechstrategie
 - Klima/Energie
 - Mobilität
 - Sicherheit
 - Gesundheit
 - Kommunikation
- Innovationsgrad der Technologie in Bezug zur Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird
 - radikal
 - inkrementell
- Einordnung im Technologielebenszyklus
 - Schrittmachertechnologie
 - Schlüsseltechnologie
 - Basistechnologie
- Bearbeitungsprozess in der Branche
 - Verfahren dient als Enabler für neue Technologien
 - Verfahren ist bekannt
 - Verfahren ist in der Branche neuartig
 - Verfahren wird durch neue Aspekte erweitert
- Berufspädagogische Aspekte (z.B. Hinweise mit Bezug auf die Forschungsfragen, aktuelle berufspädagogische Fragestellungen, Strukturfragen, Unterschiedlichkeit der Branchen etc.)

Die Ergebnisse der Sektoranalyse wurden in der Projektgruppe vor dem Hintergrund der oben genannten Merkmale diskutiert. Als Ergebnis wurden folgende Schwerpunkte für Fallbeispiele identifiziert, durch die sich die Vielfältigkeit der Diffusionsprozesse abbilden lässt. Es wurden Themenfelder gebildet, die auch die Betrachtung übergeordneter Zusammenhänge ermöglichen. Die Auswahl wird zunächst erläutert und in Bezug zu den anschließend in einer Tabelle den einzelnen Merkmalen zugeordnet. Aus der folgenden Tabelle geht hervor, dass zunächst alle Unterscheidungsmerkmale berücksichtigt wurden. In einzelnen Feldern wie zum Beispiel der Biotechnologie steht die abschließende Entscheidung, ob ein Fallbeispiel in diesem Feld sinnvoll ist, noch aus.

1. Themenfeld Leichtbau

1.1. Fallbeispiel CFK

- Branchen: Fahrzeugbau (Automobil/ Luft-, Raumfahrt/ Bootsbau), Windkraft, Medizintechnik
- Einordnung Zukunftsfeld: Klima/Energie, Mobilität, Gesundheit
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: unterschiedlich
- industrielle/automatisierte Fertigung (Automobilindustrie): radikal
- Manufaktur (Bootsbau, Segelflugbau): inkrementell
- Einordnung im Technologielebenszyklus: unterschiedlich Schlüsseltechnologie (Automobilbau), Basistechnologie (Bootsbau, Segelflugbau)
- Bearbeitungsprozess in der Branche: Verfahren als Enabler für neue Technologien (z.B. Elektromobilität).
Unterschiedlicher Bekanntheitsgrad: Luft-, Raumfahrt bekannt. Durch neue Produktionsverfahren ergeben sich weitere Aspekte. Automobilbranche neuartig. Medizintechnik bekannt, Bootsbau: bekannt, Windkraft: bekannt.
- Es handelt sich bei der industriellen Fertigung von CFK in der Automobilindustrie um einen Fertigungsprozess mit einem neuen Material, der zum einen die Fertigungskette in diesem Diffusionsfeld um den Aspekt der Werkstoffherstellung/Urformen erweitert, womit veränderte Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen verbunden sind. Da ein Material mit vollkommen anderen Materialeigenschaften als bisher verwendet wird, sind zudem auch Veränderungen in den Prozessschritten Reparatur und Service zu vermuten.
- Berufspädagogische Aspekte: Das Fallbeispiel eignet sich besonders dazu, Technologiediffusion in unterschiedlichen Branchen und unterschiedliche Zeitpunkte im Technologielebenszyklus je nach Branche zu beleuchten.

1.2. Fallbeispiel Hybrider Leichtbau

- Einordnung Zukunftsfeld: Klima/Energie, Mobilität
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: inkrementell
- Einordnung im Technologielebenszyklus: Schlüsseltechnologie
- Bearbeitungsprozess in der Branche: erweitert
- Berufspädagogische Aspekte: Die Vorteile hybrider Materialien im Leichtbau der Automobilwirtschaft und im Flugzeugbau können nur dann realisiert werden, wenn auch die Konstruktion in diesem Bereich angepasst wird. Im Fallbeispiel kann die Wertschöpfungskette von der Konstruktion über die Auftragsfertigung (z.B. Gießereien) bis hin zur Fertigung in den Branchen Automobil/ Flugzeugbau) beschrieben werden. Besonderer Aspekt hier ist auch die Betrachtung der Gießerei als Zuliefererbetrieb und der damit verbundene erweiterte Dienstleistungsaspekt in der Facharbeit.

2. Themenfeld Energiewende

2.1. Fallbeispiel Photovoltaik (Produktion)

- Branchen: Photovoltaik
- Einordnung Zukunftsfeld: Klima/Energie
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: inkrementell

- Einordnung im Technologielebenszyklus: Basistechnologie
- Bearbeitungsprozess in der Branche: bekannt, erweitert
- Berufspädagogische Aspekte: junge Branche unter hohem Globalisierungsdruck mit unterschiedlichen Strategien zur Qualifizierung von Fachkräften innerhalb der Branche

2.2. Fallbeispiel dezentrale Kraftwerke (Kraft-Wärme-Kopplung)

- Branchen: SHK, Energiewirtschaft
- Einordnung Zukunftsfeld: Klima/Energie
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: radikal
- Einordnung im Technologielebenszyklus: Schlüsseltechnologie
- Bearbeitungsprozess in der Branche: Verfahren ist in der Branche neuartig. Der SHK-Installateur ist erstmals mit einem Motor befasst. Durch die Verknüpfung mehrerer Anlagen Nähe zum Fallbeispiel Smart Grid
- Berufspädagogische Aspekte: Einfluss von Technologiediffusion auf das Handwerk (SHK)
Beitrag von ÜBS zur Verbreitung von Innovationen

2.3. Fallbeispiel Smart Grid

- Branchen: Energiewirtschaft, IKT
- Einordnung Zukunftsfeld: Klima/Energie, Kommunikation
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: radikal
- Einordnung im Technologielebenszyklus: Schlüsseltechnologie
- Bearbeitungsprozess in der Branche: neuartig, Verfahren als Enabler für neue Technologie
- Berufspädagogische Aspekte: Einfluss der IKT auf die Energiewende, IKT-Technik in der Energiewirtschaft

2.4. Fallbeispiel E-Mobilität Wertschöpfungskette Batterietechnik (Akkumulatoren)

- Branchen: Fahrzeugbau, chemische Industrie, Elektroindustrie
- Einordnung Zukunftsfeld: Klima/Energie, Mobilität
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: radikal
- Einordnung im Technologielebenszyklus: Schlüsseltechnologie
Bearbeitungsprozess in der Branche: neuartig (bei der Herstellung von Lithium-Ionen Batterien (hier kommt Nanotechnologie in Form von Materialien und Beschichtungen zum Einsatz); bei Montage Service und Reparatur in der Automobilindustrie)
- Berufspädagogische Aspekte: Lithium-Ionen Batterien entlang der Wertschöpfungskette: Konstruktion, Herstellung, Montage, Service (Batterien), Reparaturen (am Fahrzeug)

3. Themenfeld Nutzung nachwachsender Rohstoffe

3.1. Fallbeispiel Künstliches Holz, Diesel Innovationspreisträger 2011

- Branchen: Chemische Industrie/ Kunststoffindustrie
- Einordnung Zukunftsfeld: Klima/Energie
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: radikal

- Einordnung im Technologielebenszyklus: Schrittmachertechnologie
- Bearbeitungsprozess in der Branche: bekannt
- Berufspädagogische Aspekte: Das Kurzbeispiel beleuchtet den Aspekt von Patentinnovationen und weist auf den Beitrag klassischer Herstellungsverfahren in Innovationsprozessen hin.

4. Themenfeld Laser als Werkzeug

4.1. Fallbeispiel Laser als Werkzeug in der Industrie

- Branchen: Branche Metallverarbeitende Industrie, Fahrzeugindustrie
- Einordnung Zukunftsfeld: Klima/Energie, Mobilität, Gesundheit
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: radikal, inkrementell
- Einordnung im Technologielebenszyklus: Schrittmacher-, Schlüssel-, Basistechnologie
- Bearbeitungsprozess in der Branche: Verfahren als Enabler für neue Technologien
- Berufspädagogische Aspekte: Beispiel für ein Bearbeitungsverfahren mit unterschiedlichen Ausprägung in unterschiedlichen Einsatzfeldern.

4.2. Fallbeispiel Additive Laserfertigung Zahntechnik

- Branchen: Medizintechnik (Dentaltechnik), Zahntechnik
- Einordnung Zukunftsfeld: Gesundheit
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: radikal
- Einordnung im Technologielebenszyklus: Schlüsseltechnologie
- Bearbeitungsprozess in der Branche: neuartig
- Berufspädagogische Aspekte: Branche Medizintechnik (Handwerk) Beitrag von Weiterbildung und ÜBS zur Verbreitung von Innovationen

5. Themenfeld IKT

5.1. Fallbeispiel IKT Apptechnologie

- Branchen: IKT, Logistik des produzierenden Gewerbes
- Einordnung Zukunftsfeld: Sicherheit, Kommunikation
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: inkrementell
- Einordnung im Technologielebenszyklus: Schlüsseltechnologie
- Bearbeitungsprozess in der Branche: bekannt
- Berufspädagogische Aspekte:

5.2. Fallbeispiel Augmented Reality in der Produktion

- Branche: IKT, Fahrzeugtechnik, Elektroindustrie Optische Industrie, (Maschinenbau?)
- Einordnung Zukunftsfeld: Mobilität, Sicherheit, Kommunikation
- Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: radikal
- Einordnung im Technologielebenszyklus: Schrittmachertechnologie
- Bearbeitungsprozess in der Branche: neuartig, erweitert
- Berufspädagogische Aspekte: Bedeutung von ergonomischen Kriterien in der IKT (Human Computer Interaction)

In wie weit sich alle Fallbeispiele in dem geplanten Zeitrahmen bearbeiten lassen hängt zum einen maßgeblich vom Feldzugang ab, zum anderen von der benötigten Detailtiefe für das jeweilige Fallbeispiel. Es ist geplant in einem iterativen Forschungsprozess fortzuschreiten, bis eine hinreichende Datenmenge für den übergeordneten Fallvergleich vorliegt. Es ist vorgesehen, mindestens drei Themenfelder ausführlich zu behandeln.

| Fallbeispiel | Branchen | Zukunftsfeld | | | | | Innovationsgrad der Technologie in Bezug zur Branche | | Technologielebenszyklus nach A.D. Little | | | Bearbeitungsprozess in der Branche | | | | Berufspädagogische Aspekte |
|---|---|--------------|-----------|------------|------------|---------------|--|--------------|--|-----------|-------|---------------------------------------|---------|----------|-----------|----------------------------|
| | | Energie | Mobilität | Sicherheit | Gesundheit | Kommunikation | radikal | inkrementell | Schrittmacher | Schlüssel | Basis | Verfahren als Enabler für Technologie | bekannt | neuartig | erweitert | |
| Carbonfaser-Verbund (CFK) | Fahrzeugbau, Medizintechnik | X | X | | X | | X | X | | X | X | X | X | X | X | X |
| Hybrider Leichtbau | Gießereiindustrie/Fahrzeugbau | | X | | | | | X | | | | | | | X | X |
| Photovoltaik | Optik | X | | | | | | X | | X | | | X | | X | X |
| Dezentrale Kraftwerke (Kraft-Wärme Kopplung KWK) | SHK (Handwerk) Energiewirtschaft | X | | | | | X | | | X | | | | X | X | X |
| Smart Grid | IKT/ Energie | X | | | | X | | | | X | | X | | X | | X |
| E-Mobilität Wertschöpfungskette Batterietechnik | Fahrzeugbau, chemische-, Elektroindustrie | X | X | | | | | | | | | X | | X | X | |
| Laser als Werkzeug | Metallverarbeitende Industrie | X | X | | X | | | | X | X | X | X | | | | X |
| Additive Laserfertigung Zahntechnik | Medizintechnik Handwerk | | | | X | | X | | X | X | | | | X | | X |
| Künstliches Holz Diesel Innovationspreisträger 2011 | Chemische Industrie/ Kunststoffindustrie | X | | | | | X | | X | | | | X | | | X |
| IKT Appttechnologie | IKT, Logistik | | | X | | X | | X | | | | X | | X | | |
| Augmented Reality in der Produktion | IKT/Fahrzeugtechnik/Maschinenbau / Optik | | X | X | | X | X | | X | | | | | | X | |

Darstellung der möglichen Fälle im Rahmen der Sektoranalyse

Dieses Unterkapitel dient dazu, einen Überblick über die Detailtiefe und Informationsgehalt der Sektoranalyse zu bieten. Folgende Quellen gaben erste Hinweise zur gesellschaftlichen Relevanz von Innovationen:

- Artikel der allgemeinen Presse (Die Zeit, Frankfurter Allgemeine Zeitung, Handelsblatt, Wirtschaftswoche etc.)
- Dokumentationen und Veranstaltungen im Rahmen der Forschungsförderung und der Innovationsforschung

Folgende Quellen haben sich als besonders hilfreich für diese vertiefte Darstellung der Sektoranalyse erwiesen:

- Überblickswerke und Lehrbücher zu den unterschiedlichen Technologiefeldern
- Internetangebote einschlägiger Netzwerke
- Technologieroadmaps einschlägiger Netzwerke
- Publikationen von Industrienahen Forschungseinrichtungen (VDI, Fraunhofer)
- Dokumentation der Forschungsförderprogramme der Ministerien (Spitzencluster, Kompetenznetze, Fachagenturen, ...)
- Informationsangebote der Branchen und Verbände
- Veranstaltungen und Messen zu den spezifischen Technologiefeldern
- Berufenet und AWEB als Informationsquelle zur Ebene der mittleren Qualifikation

Themenfeld 1 Leichtbau

1. Fallbeispiel CFK

Hintergrund und Technologiebeschreibung: Kohlenstofffaser verstärkte Kunststoffe (CFK) sind Leichtbaumaterialien mit besonderen Materialeigenschaften. Sie gehören zu der Werkstoffklasse der Verbundstoffe, deren Weiterentwicklung seit 1965 stetig voranschreitet. Es werden unterschiedliche Produkte (Platten, Rohre, Folien, Stäbe, Profile, Formteile) aus CFK gefertigt. Dazu werden die Fasern in einer Matrix aus Epoxitharzen getränkt und gehärtet. Die Fasern können lose in Strängen oder als Gelege und Gewebe verarbeitet werden. Der Werkstoff besitzt viele positive Eigenschaften (leicht, fest, schwingungsarm, biokompatibel, hitzebeständig), die ihn für unterschiedliche Anwendungen interessant machen. Bedeutendstes Einsatzfeld ist die Verarbeitung im Leichtbau (Gewichtsreduktion gegenüber Stahl 70%, gegenüber Aluminium 30%). Es kommen unterschiedliche Verfahren für die industrielle Verarbeitung von CFK zum Einsatz:

- a. SMC (sheet molding compound) Pressenverfahren
- b. BMC (bulk molding compound) Heißpressen
- c. Pultrusion (Strangziehverfahren)
- d. Faserwickeln
- e. Schleudern
- f. RTM (Resin Transfer Moulding) Spritzpressen
- g. Verarbeitungstechniken: Kleben

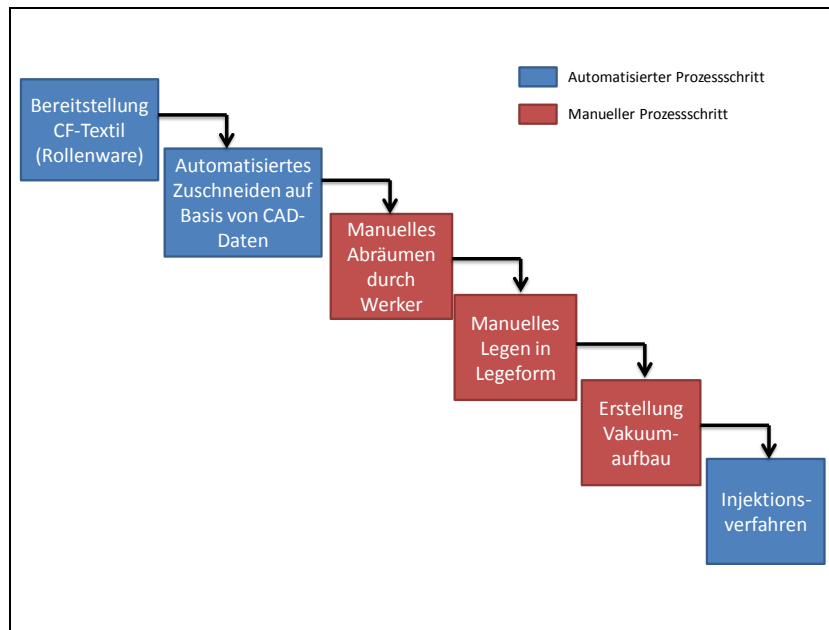


Abbildung 9 Beispielhafte Prozesskette für CFK-Bauteile und Ansätze zur Automatisierung (Abele S116)

Für die industrielle Verarbeitung in der Großserienfertigung ist ein hoher Automatisierungsgrad entscheidendes Auswahlkriterium für den Einsatz von CFK. Abbildung 9 zeigt beispielhaft auf, welche Prozesskette bei der industriellen Fertigung von CFK durchlaufen werden muss und welche Prozessschritte dabei aktuell automatisiert ablaufen. Insgesamt ist in Deutschland in den letzten Jahren ein stetiges Wachstum beim Einsatz von CFK zu verzeichnen. Erste Automatisierungslösungen für die Großserienproduktion stehen unmittelbar vor der Einführung. Neben den genannten Materialeigenschaften ist ein weiterer Grund hierfür in der Nachfrage nach energieeffizienten Materialien zu sehen. Eine vollständige Substitution von Stahl und Aluminium ist nach Ansicht von Experten nicht zu erwarten. Werkstoffkombinationen werden derzeit diskutiert. Das Recycling von Faserverbundwerkstoffen ist ebenfalls ein Zukunftsthema, in dem erste Lösungen auf dem Markt zu finden sind (Composites World S.10) Hier erhielt die Firma Zajons mit dem Produkt CompoCycle den Umwelt-Innovationspreis 2011.

- **Einordnung der Technologie:** Stoffwandlung
- **Innovationsgrad:** unterschiedlich
(industrielle/automatisierte Fertigung (z.B. Automobilindustrie): radikal
Manufaktur (z.B. Bootsbau, Segelflugbau): inkrementell
- **Regionale Verteilung:** regionale Schwerpunkte für die industrielle Fertigung von CFK finden sich in Bayern (Spitzencluster MAI Carbon) und Hamburg (Luftfahrtcluster Metropolregion Hamburg)
- **Diffusionsfelder:** Diffusionsfelder sind Fahrzeugbau (C29, C30), Elektroindustrie (C26) medizintechnische Anwendungen (C26.6/C32.5) und Rohrleitungsbau (F42). Aktuell wird die Großserienproduktion von CFK Produkten z.B. im Automobilbau intensiv vorangetrieben.

Branchenstrukturen, Netzwerke und Informationskanäle:

a) Carbonfaserverbund:

- Spitzencluster MAI Carbon: Spitzencluster Zusammenschluss von 72 Partnern aus unterschiedlichen Anwendungsbranchen mit dem Schwerpunkt Einsatz von CFK Bauteilen in der Massenproduktion.
- Cluster neue Werkstoffe (www.bayern-innovativ.de)
- CFK-Valley Stade – Neue Bauweisen und automatisierte Fertigungsprozesse für den Carbonfaserverbundleichtbau der Zukunft (www.cfk-valley.com)

b) Automobilindustrie:

- Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA): Das zentrale Engagement des VDA gilt den Interessen der gesamten deutschen Automobilindustrie auf nationaler und internationaler Ebene. Sitz: Berlin <http://www.vda.de/de/verband/index.html> (Aufruf 23.11.2011)
- Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbes (ZDK)
- Zentralverband Karosserie- und Fahrzeugtechnik (ZKF)
- IG Metall
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU: Forschungs- und Entwicklungspartner bundesweit auf dem Gebiet der Produktionstechnik für den Automobil- und Maschinenbausektor. Schwerpunkte sind die Entwicklung intelligenter Produktionsanlagen zur Herstellung von Karosserie- und Powertrain-Komponenten sowie die Optimierung der damit verbundenen umformenden und spanenden Fertigungsprozesse. Wir schaffen innovative Lösungen zu durchgängigen Prozessketten – von Komponenten über Baugruppen bis hin zu komplexen Maschinensystemen und völlig neuen Kinematiken. Leichtbaustrukturen und der Einsatz neuer Werkstoffe spielen dabei eine wesentliche Rolle. Sitz: Chemnitz (www.iwu.fhg.de).
- Technische Akademie des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes (TAK) (www.tak.de)
- Messen:
 - Automechanika
 - Automobilmesse Erfurt,
 - IAA – Internationale Automobil-Ausstellung
- Spitzencluster Elektromobilität Süd-West (www.emobil-sw.de)
- Autoland Baden-Württemberg Clusterinitiative Automotive Region Stuttgart (www.autoland-bw.de)
- Competence Center Automotive Region Aachen/Euregio Maas-Rhein (www.car-aachen.de)
- Commercial Vehicle Cluster (CVC) Südwest (www.cv-cluster.com)
- Automotive Wirtschaftsregion Bergisches Städtedreieck
- Automotive Nordwest
- **Ebene der mittleren Qualifikation:** folgende Berufe werden für die Branche spezifisch ausgebildet:
 - Ausbildungsberufe: Kraftfahrzeugmechatroniker/-in, Kfz-Service-mechaniker/-in, Land- und Baumaschinenmechaniker/-in, Zweiradmechaniker/-in, Fahrzeuglackierer/-in, Mechaniker/-in für Reifen- und Vulkanisationstechnik, Fahrzeuginnenausstatter/-in, Mechaniker/-in für Karosserieinstandhaltungstechnik, Karosserie- und Fahrzeugbaumechaniker/-in

- Fortbildungsberufe: Kfz-Service-Techniker/-in (FB), Kraftfahrzeug-Technikermeister/-in Karosserie und Fahrzeugbaumeister/-in,

c) Luftfahrt

- Bundesverband der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI) (<http://www.bdli.de/>)
- IG Metall
- Luftfahrtcluster Metropolregion Hamburg beschäftigt sich u.a. mit den CFK Leichtbau in der Luftfahrtindustrie (www.luftfahrtstandort-hamburg.de)
- Cluster Forschungsflughafen Braunschweig (www.forschungsflughafen.de)
- AVIABELT Bremen e. V. (www.aviabelt.de/aviabelt.html)
- Forum Luft- und Raumfahrt Baden-Württemberg e. V. (www.lrbw.de)
- Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt - Lilienthal - Oberth e.V. (DGLR) Größte deutsche Forschungsgesellschaft im Bereich der Luft und Raumfahrt, die alle akademischen Fachbereiche in diesem Feld vertritt und Symposien und Fachtagungen ausrichtet.
- **Ebene der mittleren Qualifikation:** folgende Berufe werden für die Branche spezifisch ausgebildet:
 - Ausbildungsberufe: Fluggerätemechaniker/-in, Leichtflugzeugbauer/-in, Elektroniker/-in luftfahrttechnische Systeme
 - Fortbildung: Industriemeister/-in Flugzeugbau/Luftfahrttechnik, Techniker/-in Luftfahrttechnik

2. Fallbeispiel Hybrider Leichtbau (Metall)

Hintergrund und Technologiebeschreibung: Karosserieleichtbau-Technologie (PT-FT 4): Die Geschichte der Leichtbautechnologie ist seit Anfang des 20ten Jahrhunderts eng mit der Geschichte des Fahrzeugbaus und speziell mit der des Automobilbaus verbunden. Die Leichtbauweise ist ein Konstruktionsprinzip, die eine möglichst hohe Gewichtseinsparung zum Ziel hat (www.karosserie-leichtbau.de). Grundsätzlich existieren drei verschiedene Prinzipien des Leichtbaus. Beim Materialleichtbau werden Werkstoffe verwendet, die in Relation zum Eigengewicht eine hohe Festigkeit und Steifigkeit haben. Unter Strukturleichtbau versteht man die Vorgehensweise, bei der optimale Lastabtragungsmechanismen für eine Struktur entwickelt werden, z.B. die Vermeidung von Biegebeanspruchungen. Bei der Anwendung des Systemleichtbaus werden verschiedene Funktionen in einem einzelnen Bauteil vereint. Außerdem sind auch die Verbindungstechniken für den Leichtbau von Bedeutung. Als Leichtbaumaterialien kommen traditionell verwendete Metalle, wie Aluminium oder Magnesium zum Einsatz aber auch moderne Stoffe, wie Faserverbundwerkstoffe (FVW). Unter den FVW (Kohlenstofffasern, Glasfasern, Stahlfasern, Naturfasern u.a.) sind besonders die Glasfaserverstärkten Kunststoffe (GFK), die Kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffe (CFK) und bedingt die Naturfaserverstärkten Kunststoffe (NFK) von Interesse für den Karosserieleichtbau. Neben dem geringen Gewicht der eingesetzten Materialien sind für den Fahrzeugaufbau auch andere Eigenschaften von Interesse, wie Verwindungssteifigkeit, Beständigkeit gegenüber Torsion und Biegung, aber auch Lärmschutzeigenschaften oder Verminderung von Vibrationen. Ursprünglich wurden nicht selbsttragende Karosserien verwendet, die auf einem Rahmen in Form des Fahrgestells aufgebaut waren. Auch heute noch werden bei besonders stark beanspruchten Fahrzeugen Gitterrohrrahmen verwendet, um die Steifigkeit zu verbessern. Stand der Technik sind selbsttragende Karosserien, die auch Monocoque

genannt werden. Die neue Bauweise wurde erstmals Anfang der 1920er Jahre eingeführt und ermöglichte weitere Gewichtseinsparungen. Bei Monocoques sind Beplankungen, Verstärkungen, Aufnahmebleche und Profile fest miteinander verknüpft. Die Struktur selbst leistet die tragende Funktion. Die verschiedenen Bestandteile wirken wie Schalen und nehmen die eingeleiteten Kräfte insgesamt auf. Deshalb wird auch der Begriff Schalenbauweise verwendet. Eine weitere Bauart von Karosserien sind sogenannte Skelettkarosserien aus geschlossenen Hohlprofilen, die über Knoten oder direkt miteinander verbunden sind. Flächige, nicht bewegliche Elemente, wie die Windschutzscheibe oder das Dach werden steif mit dem Skelett verbunden und können so besser äußere Kräfte aufnehmen. Die Vorteile sind zudem weitere Gewichtseinsparungen, hohe Steifigkeit und neue Möglichkeiten für das Design.

- **Einordnung der Technologie:** Stoffwandlung
- **Innovationsgrad:** mittel (trotz der langen Entwicklungstradition sind zukünftig weitere Verbesserungen und zunehmende Optimierung zu erwarten)
- **Regionale Verteilung:** Die regionale Verteilung ist als hoch einzustufen mit zunehmender Tendenz.
- **Diffusionsfelder:** Die Karosserieleichtbautechnik wurde innerhalb des Wirtschaftszweiges des Fahrzeugbaus (C29) entwickelt und diffundiert in die Branchen sonstiger Fahrzeugbau (C30), Metallerzeugung und -bearbeitung (C24), Herstellung von Metallerzeugnissen (C25), Herstellung von Kunststoffen (C22) bis hin zur Herstellung von Möbeln (C31).

Branchenstrukturen, Netzwerke und Informationskanäle in der metall erzeugenden Industrie

- a) **Stahlindustrie:** Deutschland ist der größte Stahlproduzent in Europa und in 2010 auf Rang 7 der weltgrößten Stahlproduzenten. In 22 Standorten werden in diesem energieintensiven Industriezweig in Hochofen-, Stahl- und Walzwerken sowie Elektrostahlwerken Eisen und Roh- und Edelstahl hergestellt und im Warmwalzverfahren zu Rohr- und Flachstahlerzeugnissen gewalzt. Aufgrund der Konkurrenzsituation auf dem Weltmarkt wurden seit 1980 große Anstrengungen unternommen, um die Produktivität je Mitarbeiter zu steigern. Der Personalbestand wurde bei gleichbleibenden oder sogar leicht ansteigenden Produktionsraten um 69% auf ca. 90.000 Beschäftigten reduziert. **Ebene der mittleren Qualifikation:** In der Stahlindustrie werden unterschiedliche gewerblich-technische Berufe ausgebildet (Chemielaborant/-in, Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik, Elektroniker/-in für Betriebstechnik, Industriemechaniker/-in, Konstruktionsmechaniker/-in, Mechatroniker/-in, IT-Systemelektroniker/-in, Verfahrensmechaniker/-in der Hütten- und Halbzeugindustrie, Werkstoffprüfer/-in, Werkzeugmechaniker/-in, Zerspanungsmechaniker/-in), dabei ist der Beruf des/der Industriemechaniker/-in mit 37% der am häufigsten ausgebildete gewerblich-technische Beruf in diesem Industriezweig (Stahl-Online 2011).

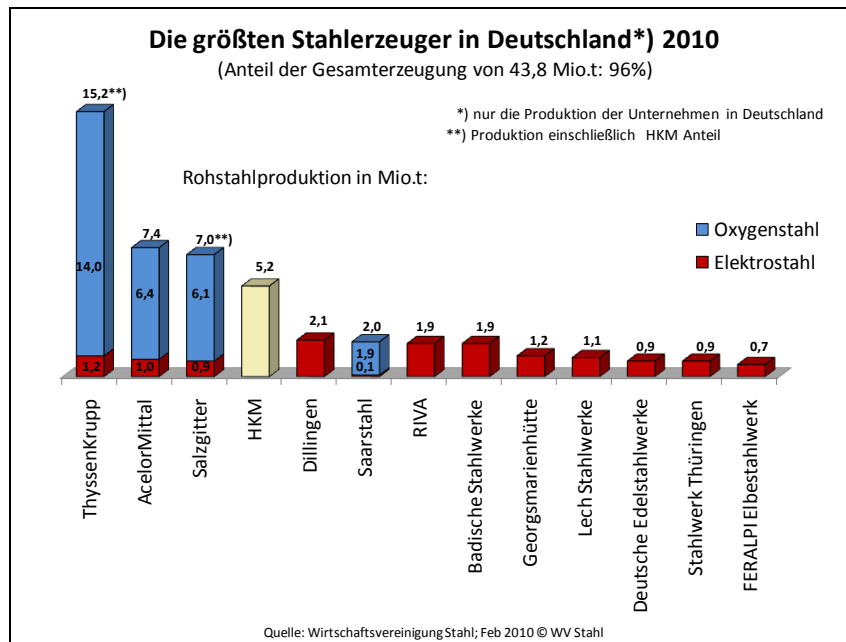


Abbildung 10 Die größten Stahlerzeuger Deutschlands 2010 (Stahl-Online 2011)

- b) **Gießerei-Industrie:** Die Gießerei-Industrie in Deutschland ist europaweit führend und zählt weltweit zu den sechs größten Gießereiproduzenten. Die Branche beschäftigt in rund 600 Eisen-, Stahl- und Nichteisen-Metallgießereien ca. 87.000 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen. Die Gießerei-Industrie ist überwiegend mittelständisch strukturiert. Die Gießerei-Industrie ist eine klassische Zulieferbranche und von daher für unterschiedliche Industriezweige in Deutschland von Bedeutung. Zu ihren Abnehmern zählen vorrangig Fahrzeugbau, Maschinenbau, Luftfahrtindustrie, Bauwirtschaft, Stahlindustrie, Elektrotechnik, Schiffbau, Energiewirtschaft, Chemische Industrie und Medizintechnik. Beschränkte sich früher der Lieferumfang der Gießereien auf die geputzten, von Angussteilen und Formsandresten befreiten Gussstücke zeigt sich in den letzten Jahren die Tendenz, fertigtbearbeitete Teile anzubieten oder komplett einbaufertige Baugruppen zu liefern (Bundesverband der deutschen Gießereiindustrie 2011). Die Standortverteilung orientiert sich an den industriellen Schwerpunktzonen in Deutschland. Damit entfällt auf Nordrhein-Westfalen der größte Anteil der deutschen Gussproduktion mit über 25%-Anteil. Weitere Schwerpunkte befinden sich in Hessen, Baden-Württemberg, Saarland/Rheinland-Pfalz, Bayern, Niedersachsen/Schleswig-Holstein sowie in den Neuen Bundesländern (Sachsen).

Ebene der mittleren Qualifikation: Produktionsnaher Ausbildungsberuf in der Gießereiindustrie ist der/die Gießereimechaniker/-in, der in drei Fachrichtungen ausgebildet wird. Daneben wird auch der/die technische Modellbauer/-in und der/die Metall- und Glockengießer/-in ausgebildet.

- c) **Ziehereien und Kaltwalzwerke:** Weiter sind im Bereich der metallerzeugenden Industrie noch Ziehereien (Draht- und Stabziehereien) und Kaltwalzwerke zu nennen. Die 199 Betriebe mit ca. 16.967 Beschäftigten sind größtenteils KMU. Auch die NE-Metallerzeugung und die NE-Halbzeugwerke mit 343 Betrieben und ca. 60.185 (Gesamtmetall 2011) Beschäftigten ist eher mittelständisch geprägt. Hier werden nicht Eisenmetalle wie Edelmetalle, Aluminium oder Schwermetalle (Kupfer, Blei, Zinn Zink etc.) hergestellt oder wiederaufbereitet und zu Halbzeugen verarbeitet.

Ebene der mittleren Qualifikation: Der Ausbildungsberuf des/der Verfahrensmechaniker/-in ist in unterschiedliche Fachrichtungen gegliedert und auf die spezifischen Produktionsprozesse in diesen Bereichen ausgerichtet.

- Cluster Automotive Sachsen-Anhalt Träger: Sachsen-Anhalt Automotive e.V. – MAHREG (www.mahreg.de/cluster/)
- Cluster neue Werkstoffe (www.bayern-innovativ.de)
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (www.ifam.fraunhofer.de)

Themenfeld 2 Energiewende

1. Fallbeispiel Photovoltaik (Produktion)

Hintergrund und Technologiebeschreibung: Photovoltaik findet seine Anwendung vor allem entweder als gebäudeintegrierte Photovoltaik oder in Form von Solarkraftwerken/Solarstromanlagen. Das heißt Photovoltaik kann sowohl zur zentralen Energieproduktion oder zur dezentralen Energieproduktion genutzt werden. Zur gebäudeintegrierten Photovoltaik zählen integrierfähige kristalline Module, Dünnschicht-Module, Solar-Dachziegel, Photovoltaik-Dachfolien oder komplette Solardächer. Weil es sich dabei häufig um eine kostenaufwendige Sonderanfertigung handelt, sind derzeit die Anwendungsmöglichkeiten noch nicht ausgereizt (SOLARSERVER 2011a). Funktionen, die Photovoltaik als Gebäudeintegration übernehmen kann, sind neben der Stromerzeugung Wetterschutz, Wärmeschutz, Sonnenschutz, Sichtschutz, Lichtlenkung, Schallschutz, Elektromagnetische Abschirmung sowie Ästhetik. Eine vollständige Elektrizitätsversorgung durch die Photovoltaik wird für Deutschland nicht als sinnvoll erachtet. Ein anstrebenswerter Beitrag zu einer vollständigen regenerativen Elektrizitätsversorgung könnte in einem Bereich von 200 Gigawatt liegen. Das Stromeinspeisungsgesetz und das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) haben zu einem Boom bei der Errichtung von Photovoltaikanlagen in Deutschland geführt. Im Jahr 2005 erreichte die gesamte Nennleistung der in Deutschland installierten Photovoltaikanlagen ein Gigawatt, im Jahr 2010 wurde die Grenze der 10 Gigawatt überschritten. In jüngerer Zeit ist die Branche durch die starke Konkurrenz aus Fernost und durch die Rücknahme der Förderung unter Druck geraten.

Solarzellen: Solarzellen bestehen aus verschiedenen Halbleitermaterialien. Halbleiter sind Stoffe, die unter Zufuhr von Licht oder Wärme elektrisch leitfähig werden. Je nach Kristallart unterscheidet man drei unterschiedliche Zelltypen: (1) monokristalline Solarzellen, (2) polykristalline Solarzellen, (3) amorphe Solarzellen. Über 95% der weltweit produzierten Solarzellen bestehen aus dem Halbleitermodell Silizium (Si) (Quaschnig 2011). Die kostengünstige Dünnschicht-Technologie (CIS) wird zunehmend in Freiflächenanlagen eingesetzt, eignet sich aber auch gut für größere Fassaden. Die CIS-Schicht absorbiert so viel Sonnenlicht wie das hundert Mal dickere Silizium.

Photovoltaikanlagen: Einzelne Solarzellen werden zu Modulen zusammengefasst. Die Module werden zu größeren Einheiten miteinander verschaltet. Die Nennleistungen solcher Solarmodule liegen zwischen 10 W_{peak} und 100 W_{peak} (Solarserver 2011b). Die erzeugte Elektrizität kann entweder vor Ort genutzt werden, in Akkumulatoren gespeichert oder in Stromnetze eingespeist werden. Bei Einspeisung der Energie in das öffentliche Stromnetz

wird die von den Solarzellen erzeugte Gleichspannung von einem Wechselrichter in Wechselspannung umgewandelt.

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über neue Entwicklungen der Photovoltaiktechnologie. Ziel dieser Entwicklungen ist die Optimierung von Produktionsprozessen, die Erhöhung der Wirkungsgrade und die Reduzierung der Produktionskosten, um am Produktionsstandort Deutschland weiterhin global konkurrenzfähig zu bleiben (Solarserver 2011b).

- a) Optimierung der Oberflächenstrukturierung: Ziel ist die Verminderung von Reflexionsverlusten (z.B. Aufbau der Zelloberfläche in Pyramidenstruktur – einfallendes Licht kann mehrfach auf die Oberfläche treffen).
- b) Einsatz neuer Materialien: z.B. Galliumarsenid (GaAs), Cadmiumtellurid (CdTe), Kupfer-Indium-Diselenid (CuInSe₂)
- c) Neuordnung von Solarzellen: z.B. Tandemzellen, Stapelzellen – Um ein breiteres Strahlungsspektrum nutzen zu können, werden unterschiedliche Halbleitermaterialien, die für verschiedene Spektralbereiche geeignet sind, übereinander angeordnet.
- d) Flexible Solarmodule: z.B. Konzentratorzellen – Durch die Verwendung von Spiegel- und Linsensystemen wird eine höhere Lichtintensität auf die Solarzellen fokussiert. Diese flexiblen Solarmodule werden der Sonne nachgeführt, um stets die direkte Sonnenstrahlung auszunutzen.
- e) MIS-Inversionsschicht: Das innere elektrische Feld wird nicht durch einen p-n-Übergang erzeugt, sondern durch den Übergang einer dünnen Oxidschicht zu einem Halbleiter.
- f) Organische Photovoltaik (OPV): Photovoltaik auf Basis von Solarzellen aus organischen Kunststoffen – Vorteil: organische Solarzellen sind flexibel, biegsam, transparent und dünn.

- **Einordnung der Technologie:** Energiewandlung
- **Innovationsgrad:** radikal
- **Regionale Verteilung:** hoch
- **Diffusionsfelder:** Energiesektor (D) und verarbeitendes Gewerbe (C)

2. Fallbeispiel Dezentrale Kraftwerke (Kraft Wärme Kopplung)

- **Hintergrund und Technologiebeschreibung:** Durch die Verknüpfung unterschiedlicher Energiequellen (mechanische Energie oder thermische Energie wird in elektrische Energie oder thermische Energie umgewandelt) wird eine effizientere Nutzung fossiler Brennstoffe herbeigeführt. KWK Anlagen können in unterschiedlichen Größen von großen Heizkraftwerken für die Fernwärme bis hin zu Klein- oder Mikro-Blockheizkraftwerken für Gewerbebetriebe oder private Haushalte betrieben werden. Besonders im Bereich der kleineren Anlagen besteht der Bedarf an einer intelligenten Vernetzung einzelner Anlagen (virtuelle Kraftwerke, Schwarmstrom). Hier steht das Technologiebeispiel in engem Zusammenhang mit dem folgenden Fallbeispiel zum Smart Grid.
- **Einordnung der Technologie:** Energiewandlung
- **Innovationsgrad:** mittel

- **Regionale Verteilung:** Heizkraftwerke für Fernwärme sind bereits etabliert. Die Markteinführung von Anlagen mit geringerer Leistungsgröße wird aktuell intensiv betrieben (z.B. LichtBlick AG Hamburg).
- **Diffusionsfelder:** SHK Handwerk, Elektrohandwerk und Energiewirtschaft

3. Fallbeispiel Smart Grid

Hintergrund und Technologiebeschreibung: Smart-Grid-Technologie (Systematisierungsmatrix: PT-ET9): In der Energieversorgung geht der Trend zunehmend in eine Versorgung aus dezentraler Stromerzeugung. Die Technologien der Erneuerbaren Energien ermöglichen auch eine dezentrale, kleinteilige Strom- und Wärmeerzeugung durch und in Nähe der Konsumenten (Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen und Biogasanlagen). Dadurch müssen Fragen der Lastregelung, Spannungshaltung im Verteilnetz sowie der Aufrechterhaltung der Netzstabilität neu bearbeitet werden. Dabei geht es um eine kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischer Verbraucher und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und Verteilungsnetzen der Elektrizitätsversorgung.

Der Einsatz von Smart Grids soll die Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs sicherstellen und dadurch die gewünschte Unabhängigkeit von zentralen Systemen sicher zu stellen. Dazu müssen system- und gerätetechnische Konzepte für den Betrieb zukünftiger Netze von dezentralen kleinen Stromerzeugern entwickelt und angewandt werden (KAISER 2010).

Der Begriff intelligentes Stromnetz oder Smart Grid umfasst die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischer Verbraucher und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und Energieverteilungsnetzen der Elektrizitätsversorgung. Diese ermöglicht eine Optimierung und Überwachung der miteinander verbundenen Bestandteile. Ziel ist die Sicherstellung der Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs. „Die Europäische Technologieplattform beziffert die erforderlichen Investitionen in Smart Grids bis 2030 auf insgesamt 390 Milliarden Euro.“ (T-Systems 2011) „Die Unternehmensberatung Arthur D. Little erwartet für 2014 ein weltweites Umsatzvolumen mit Hilfe von Smart Grids über 42 Milliarden Dollar.“ (ebd.)

Der Einsatz von Smart Grids soll die Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs sicherstellen, um dadurch die gewünschte Unabhängigkeit von zentralen Systemen sicher zu stellen. Dazu müssen system- und gerätetechnische Konzepte für den Betrieb zukünftiger Netze von dezentralen kleinen Stromerzeugern entwickelt und angewandt werden.

- **Einordnung der Technologie:** Energietransport/Informationstransport
- **Innovationsgrad:** mittel (keine eindeutige Zuordnung zu den Kriterien radikal/ inkrementell möglich).
- **Regionale Verbreitung:** mittlere Verbreitung mit deutlich zunehmender Tendenz.
- **Diffusionsfelder:** Die sektorale Diffusion 2011 ist ebenfalls als mittel einzuschätzen mit einer zunehmenden Tendenz für die Zukunft. Die Technologie ist hauptsächlich in der Energieversorgung (D) verbreitet und wird hier prozesstechnisch in die Energieinfrastruktur integriert. Anwendung findet die Technologie interindustriell in weiteren Branchen,

insbesondere bei hochenergetischen Verfahren. Dies umfasst die Branchen des Verarbeitenden Gewerbes (C). Außerdem können auch private Endverbraucher bzw. Konsumenten die Smart-Grid-Technologie nutzen (Smart-Metering).

4. Fallbeispiel E-Mobilität Wertschöpfungskette Batterietechnik (Akkumulatoren)

Hintergrund und Technologiebeschreibung: Die Batterie stellt die größte Herausforderung bei der Serienfertigung von Elektroautos dar. Akkumulatoren dienen zur Umwandlung und Speicherung von elektrischer Energie in chemische Energie. Dabei sind die Energie- und Leistungsdichte, (Voraussetzungen für Reichweite und Fahrleistung), Temperaturstabilität und Sicherheit die erfolgskritischen Aspekte (NIETNER 2011). Neben dem Einsatz im Elektromobil wird auch am Einsatz von Großbatterien zur Speicherung von regenerativ erzeugtem Strom geforscht.

Für den Einsatz in der Elektromobilität kommen unterschiedliche Akkumulatoren in Frage:

- a) Lithium Ionen Akkus sind die am häufigsten verwendeten und werden intensiv beforscht. Sie erfüllen die Anforderungen, die durch die Elektromobilität gestellt werden weitestgehend. Kritische Faktoren sind die hohen Produktionskosten sowie das Sicherheitsrisiko durch die große Explosionsgefahr bei der Verbindung mit Wasser sowie die Brandgefahr bei Überhitzung. Hier wird intensiv an einer Verbesserung der Materialien geforscht (Separatoren aus hitzebeständigen Materialien)
- b) Lithium-Polymer. LiPo-Akkus (PT ET10) weisen eine höhere Energiedichte als Lithium-Ionen-Akkus und gute Sicherheitswerte auf. Da es sich um ein patentiertes Verfahren eines Nischenanbieters handelt, ist fraglich, ob sich diese Technik am Markt durchsetzen kann.
- c) Zink-Luft Batterien werden aus kostengünstigen Materialien hergestellt und finden sich bereits z.B. als Notstromaggregate im Einsatz. Nachteil ist hier, dass zum Laden und Entladen Luft an das chemische System gelangen muss
- d) Zebra Batterien oder Natrium Nickelchloridzellen wurden bereits in einigen Fahrzeugen eingesetzt. Nachteil ist hier vor allem die geringe Reichweite.

Lithium-Ionen Batterien werden derzeit am Markt favorisiert und daher an dieser Stelle intensiver betrachtet. Insgesamt werden weltweit zweistellige Zuwachsraten im Bereich der Lithium-Ionen Batterien prognostiziert (GRIMM et al. 2011: 85). Eine Lithium-Ionen Batterie besteht aus unterschiedlich geladenen Elektroden, zwischen denen sich ein leitender Elektrolyt befindet. Beim Laden und Entladen der Batterie wandern Lithium-Ionen zwischen den beiden Elektroden durch den Elektrolyt. Eine Leistungssteigerung lässt sich durch optimierte Elektrodenmaterialien und Beschichtungen sowie Elektrolyte erzielen. Diese Optimierung lässt sich u.a. durch die Anwendung von Nanotechnologie in Form von Materialien und Beschichtungen erzielen. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Prozesskette in der Fertigung von Lithium-Ionen Batterien.

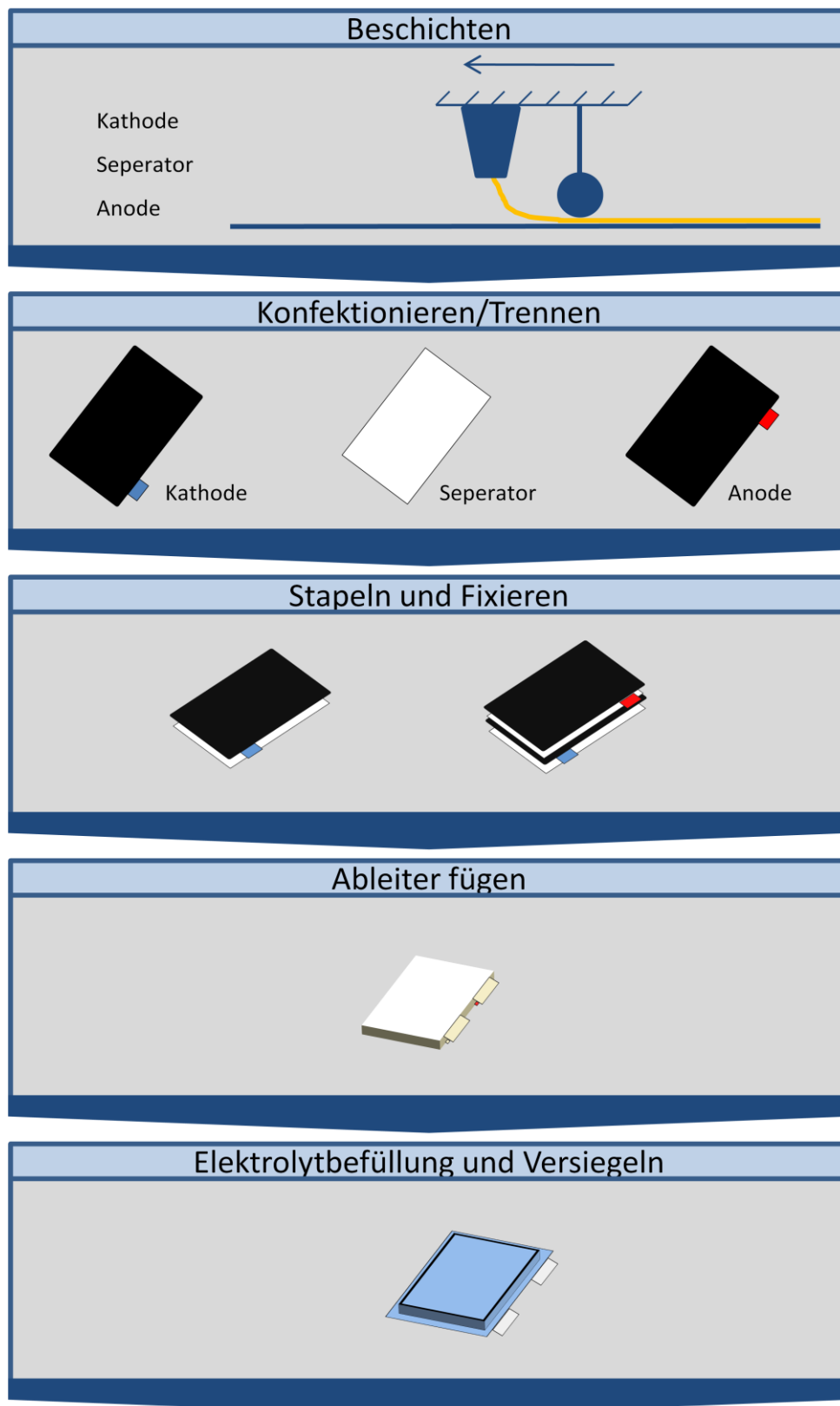


Abbildung 11 Prozesskette bei der Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen (Abele and Reinhart 2011)

- **Einordnung der Technologie:** Energiespeichertechnik
- **Innovationsgrad:** mittel (um die Speichertechnik zu verbessern, sind radikale Innovationen in diesem Bereich notwendig), Nanotechnologie (Nanomaterialien, Nanobeschichtungen) gilt als ein Erfolgsfaktor in diesem Bereich (GRIMM et al. 2011)
- **Regionale Verteilung:** Schwerpunkte in Sachsen (Kamenz)
- **Diffusionsfelder:** Fahrzeugbau, Energiewirtschaft (Ladeinfrastruktur)

Branchenstrukturen, Netzwerke und Informationskanäle im Bereich der Energietechnik:

Netzwerkstruktur der Energietechnik in Deutschland: Viele (auch kleinere) Branchenakteure haben sich in Netzwerkstrukturen zusammen geschlossen. Es gibt regionale Netzwerke, Branchennetzwerke und Branchen übergreifende Netzwerke:

- a) Internationale Netzwerke
- b) Bundesweite Netzwerke und
- c) Regionale Netzwerke auf Länderebene
- d) Kommunale Netzwerke
- e) Branchennetzwerke
- f) Branchen übergreifende Netzwerke
- g) Nachfolgend sollen jeweils einige Beispiele genannt werden.

Zu a) Internationale Netzwerke

- **EUROSOLAR e.V. Europäische Vereinigung für Erneuerbare Energien:** In EUROSOLAR sind 14 Länder Europas vereinigt. EUROSOLAR erarbeitet und stimuliert politische und wirtschaftliche Handlungsentwürfe und Konzeptionen zur Einführung Erneuerbarer Energien; dies reicht von Markteinführungsstrategien bis zu Vorschlägen für die weitere Forschungs- und Entwicklungspolitik, von steuerpolitischen Förderungen bis zur Rüstungskonversion mit Solarenergie, vom Beitrag der Solarenergie für die Dritte Welt bis zur Landwirtschafts-, Verkehrs- und Baupolitik. Angesprochen werden sowohl die internationale Handlungsebene als auch die nationalen, regionalen und kommunalen Handlungsebenen, auf denen EUROSOLAR diese Programme anregt (<http://www.eurosolar.de/>).
- **Energie-Netzwerk der trinationalen Metropolregion Oberrhein, TRION:** Als erstes Ziel für eine Energievorbildregion Oberrhein definierte das trinationale Netzwerk die grenzüberschreitende Vernetzung der Akteure aus den Bereichen Energie und Klimaschutz mit dem Schwerpunkt „Energieeffizienz in Gebäuden“. Eine Bestandsaufnahme der Erfahrungswerte in allen drei Ländern soll die Basis einer gemeinsamen Arbeit sein. Themen sind: die Vernetzung regionaler Cluster für Energieeffizienz im Rahmen eines Interclusters, Fortbildungen, Wissenstransfer, grenzüberschreitende Marktchancen, Grenzüberschreitende Informationen zu Energie- und Klimaschutzthemen, Gesetzlichen Rahmenbedingungen für Energieeffizienz in den drei Ländern, Grenzüberschreitender Austausch sowie Förderungen von Technologien (www.trion-climate.net).
- **Internationale Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR):** Das Internationale Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) (seit 1996) ist ein unabhängiges Institut der Regenerativen Energiewirtschaft mit den Kompetenzfeldern: Forschung, Wirtschafts- und Politikberatung, Mediendienstleistungen und Netzwerke (www.iwr.de).

- **Netzwerk für Biomasse und Erneuerbare Energien für die Lausitz und Nordböhmen:** Es geht um die Unterstützung kleiner und mittlerer produzierender Unternehmen und Dienstleister bei der Anbahnung wirtschaftlicher Kontakte mit polnischen und tschechischen Firmen, um die Verbreitung und Förderung innovativer Ideen, den Erfahrungsaustausch, die Stärkung der Humanressourcen, die Erhöhung der Professionalität von Unternehmen und Einrichtungen und von Mitarbeitern in den Bereichen Forschung und Entwicklung sowie um den Vertrieb auf dem Gebiet der Innovationsförderung und des Technologietransfers (www.iwr.de).

Zu b) Bundesweite Netzwerke

- **Verband der Industriellen Energie- und Kraftwerkswirtschaft (VIK):** Der VIK ist seit über 60 Jahren der Zusammenschluss industrieller und gewerblicher Energiekunden in Deutschland. Chancengleichheit im internationalen Wettbewerb durch eine wettbewerbsfähige und sichere Energieversorgung sind unsere Leitmotive (www.vik.de).
- **Netzwerke Grundlagenforschung erneuerbare Energien und rationelle Energieanwendung (NGEE):** Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert mit der Initiative "Netzwerke Grundlagenforschung für erneuerbare Energien und rationelle Energieanwendung" die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Forschern verschiedenster Fachrichtungen und Anwendern in Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Unternehmen der Wirtschaft (www.ngee.de).
- **"100% Erneuerbare-Energie-Regionen"-Projekt!:** Dieses Projekt identifiziert, begleitet und vernetzt Regionen und Kommunen, die ihre Energieversorgung auf lange Sicht vollständig auf Erneuerbare Energien umstellen wollen (100ee-Regionen). Derzeit gibt es bereits über einhundert Landkreise, Gemeinden und Regionalverbände in Deutschland, die dieses Ziel verfolgen - und es werden immer mehr. Das Projekt unterstützt engagierte Akteure in den Regionen durch Kommunikations-, Transfer- und Vernetzungsleistungen. Das Projekt wird vom Kompetenznetzwerk Dezentrale Energietechnologien, deENet durchgeführt. Gefördert wird das Projekt "100ee-Regionen" vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), fachliche Beratung leistet das Umweltbundesamt (UBA) (www.100-ee.de).

Zu c Regionale Netzwerke auf Länderebene

- Netzwerk Erneuerbare Energien Westmittelfranken
- Das Netzwerk erneuerbare Energien Nord-Süd (Ein Zusammenschluss von Umwelt-, Entwicklungs- und Branchenverbänden Erneuerbarer Energien)
- Erneuerbare Energien Sachsen EESA-Verbundinitiative
- Netzwerk MetropolSolar Rhein-Neckar
- Industrielles Netzwerk Erneuerbare Energien Sachsen
- Solarschulen-Netzwerk Niedersachsen
- Netzwerk PAMINA Solar Südpfalz e.V.
- Landesverbandes Erneuerbare Energie Sachsen-Anhalt e.V. (LEE)

Zu d) Kommunale Netzwerke

- ENERGIEregion Nürnberg e.V.
- Berlin Solar Network e.V.
- Hamburger Netzwerk für Erneuerbare Energien
- Netzwerk Erneuerbare Energien in Pforzheim

Zu e) Branchennetzwerke

- Der Wind Energy Network Rostock e.V. ist das führende Unternehmensnetzwerk für Windenergie in der Nordost-Region und bundesweiter Ansprechpartner für die Offshore-Windenergiebranche in Deutschland. Mit derzeit 96 Unternehmen versteht sich der Verein als Plattform der gesamten Wertschöpfungskette der Branche und setzt sich durch aktive Lobbyarbeit, Vernetzung, Bündelung von Informationen und Know-how für deren Stärkung ein (www.wind-energy-network.de/).
- Sonnenenergienetz Expertennetzwerk erneuerbare Energien: Ziele dieses Netzwerks sind: Verbesserung der Energieeffizienz, Steigerung des Nutzungsanteils der regenerativen Energien, Stärkung regionaler Wirtschafts-Kreisläufe durch Verminderung des Energie-Kosten-Geldabflusses aus der Region, Beteiligung der Menschen und Firmen in der Region an der Wertschöpfung aus Energie, in der Region zum Klimaschutz und zur Senkung der CO2-Emissionen beizutragen (www.sonnergienetz.org/).
- SolarSolutions Network e.V. bildet als gemeinnütziger Verein eine aktive Plattform engagierter Nachwuchskräfte für Erneuerbare Energien und nachhaltige Wirtschaft. Insbesondere Schüler, Azubis, Studierende und Absolventen finden Informationen zu Studiengängen, Aus- und Weiterbildungsangeboten und Berufen, sowie Ansprechpartner, die im Bereich Erneuerbare Energien tätig sind. Das Netzwerk ermöglicht wichtige Kontakte und die Umsetzung konkreter Projekte für die solare Energiewende (www.solarsolutionsnet.de/).

Zu f) Branchenübergreifende Netzwerke

- Die Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e. V. (FEE) widmet sich seit 1993 den Technologien der Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz. Als bundesweites Innovationsnetzwerk wuchs die FEE zur wichtigen Plattform Erneuerbarer Energien für Klein- und Mittelständische Unternehmen und Forschungseinrichtungen (Hochschulen, Universitäten, Fraunhofer- und Leibniz-Institute). Sie ist in interdisziplinäre Netzwerke und Projekte, Fachtagungen und Kongresse integriert. Die FEE wird durch einen Wissenschaftlichen Beirat fachlich unterstützt und über die Berliner Geschäftsstelle organisiert (www.fee-ev.de).
- MetropolSolar ist das Netzwerk für erneuerbare Energien im Rhein-Neckar Raum. Die Mitglieder setzten sich aktiv für eine vollständige Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien ein. Den Mitgliedern steht ein spezieller Bereich zur Verfügung in dem sich die "Energie-Community" austauschen kann. So können Mitglieder ihre Solaranlage oder Blockheizkraftwerke veröffentlichen und die Ertragsdaten mit anderen Mitgliedern austauschen und vergleichen (www.metropolsolar.de).
- REN21 - Das Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) ist das Nachfolgenetzwerk der renewables 2004 Konferenz. Als Forum für internationale Führungskraft im Bereich der erneuerbaren Energien bildet REN21 das Bindeglied für die vielfältigen Stakeholder der Bonner Konferenz. Vorrangiges Ziel ist es, relevante politische Prozesse und Entscheidungen auf internationaler, nationaler und subnationaler Ebene zu unterstützen, um die schnelle Verbreitung erneuerbarer Energien in Entwicklungs- und Industrieländern zu ermöglichen. Im Rahmen von REN21 sollen Ideen und Informationen ausgetauscht sowie Kooperationen und Aktivitäten zum weltweiten Ausbau der erneuerbaren Energien angeregt werden (www.ren21.net).

Tabelle 3 Wichtige Unternehmen der Energietechnik in Deutschland

| Unternehmen | Sitz des Unternehmens | Anzahl der Beschäftigten | Jahresumsatz in Euro | Brancheneinordnung | Quellen |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|--|---|
| E.ON AG | Düsseldorf | 85.105 (2010) | 92,86 Mrd. € (2010) | Energieversorger | Geschäftsbericht E.ON AG (2010) Aufruf: 25.11.2011 |
| RWE AG | Essen | 70.856 (2010) | 53,32 Mrd. € | Energieversorger | Geschäftsbericht RWE AG (2010) Aufruf: 25.11.2011 |
| EnBW-Energie Baden-Württemberg AG | Karlsruhe | 20.450 (2010) | 17,564 Mrd. € | Energieversorger | Geschäftsbericht EnBW AG (2010) Aufruf: 25.11.2011 |
| Vattenfall Europe AG | Berlin | 20.980 (2009) | 14.462 Mio. € | Energieversorger | Geschäftsbericht Vattenfall Europe AG (2009) Aufruf: 25.11.2011 |
| EWE AG | Oldenburg | 8.464 (2010) | 6,9 Mrd. € | Energieversorger, Telekommunikation, Informationstechnologie, Umwelt | Geschäftsbericht EWE AG (2010) Aufruf: 25.11.2011 |

Energietechnik: Branchenbezogene Ebene der mittleren Qualifikation

Tabelle 4 Berufe im Bereich Energietechnik (Quelle www.berufenet.de)

| Berufsordnung | Sozialverspfl.-Beschäftigte 2009 | Ausbildungsberufe mit Tätigkeits- und Ausbildungsschlüssel |
|---|----------------------------------|---|
| Berufsordnung 285 Sonstige Mechaniker/innen z.B. Näh-, Büromaschinen-, Zweirad-, Kälte-, Industriemechaniker - Produktionstech.,Teilezurichter,Kälteanlagenbauer,Maschinenzusammensetzer Bundesgebiet Gesamt | 115.655 | <i>Weiterbildungsberuf</i> Techniker/in - Windenergietechnik Tätigkeit: B 26243-101 Ausbildung: B 26243-902 |
| Berufsordnung 311 Elektroinstallateure/innen, -monteure/innen auch: -helfer, Industrie-, Energie-, Prozessleitelektroniker, Elektroanlagenmonteure, Kraftfahr- | 396.715 | <i>Ausbildungsberufe (Dual oder BFS)</i> Elektroniker/in - Energie- und Gebäudetechnik Tätigkeit: B 26212-110 Ausbildung: B 26212-906 |

| Berufsordnung | Sozialverspfl.- Beschäftigte 2009 | Ausbildungsberufe mit Tätigkeits- und Ausbildungschlüssel |
|--|---|--|
| zeugelektriker Bundesgebiet Gesamt | | |
| Berufsordnung 621 Maschinenbau- techniker/innen auch: Technische Assistenten- Maschinenbau, Karosserie- und Fahrzeugbau-, Versorgungs-, Fein- werktechniker Bundesgebiet Gesamt | 104.840 | <i>Weiterbildungsberuf</i> Fachkraft - mechatronische Systeme Tätigkeit: B 26113-109 Ausbildung: B 26113-910 |
| | | <i>Weiterbildungsberuf</i> Fachplaner/in - Energie- und Gebäudetechnik Tätigkeit: B 34103-106 Ausbildung: B 34103-903 |
| Berufsordnung 622 Techniker/innen des Elektrofaches auch: Elektrotechnische Assistenten, Ingenieurassistent Bundesgebiet Ge- samt | 149.856 | <i>Ausbildungsberufe</i> Techn. Assistent/in – regenerative Energietechnik/ Energiemanagement Tätigkeit: B 26242-100 Ausbildung: B 26242-900 |
| | | <i>Weiterbildungsberuf</i> Fachagrarwirt/in - Erneuerbare Energien/ Biomasse Tätigkeit: B 11183-110 Ausbildung: B 11183-908 |
| Berufsordnung 628 Sonstige Techniker/innen z.B.: REFA-, Gesundheits-, Umweltschutz- techniker, Techniker i. öffentlichen Dienst a.n.g. Bundesgebiet Gesamt | 365.725 | <i>Ausbildungsberufe</i> Umweltschutztechnische/r Assistent/in Tätigkeit: B 42202-100 Ausbildung: B 42202-900 |
| | | <i>Weiterbildungsberuf</i> Solartechniker/in Tätigkeit: B 26243-100 Ausbildung: B 26243-900 |
| | | <i>Weiterbildung</i> Techniker/in - Umweltschutz. (Erneuerb.Energ., Energieber.) Tätigkeit: B 42313-112 Ausbildung: B 42313-910 |
| Berufsordnung 631 Biologisch-technische Sonderfachkräfte auch: Biologie-, Landwirtschaftlich- technische Laboranten, Milchwirtschaftliche Laboranten Bundes- gebiet Gesamt | 28.310 | <i>Ausbildungsberufe (Dual oder BFS)</i> Techn. Assistent/in - nachwachsende Rohstoffe TS 2010: 26242 Tätigkeit: B 26242-102 Ausbildung: B 26242-902 |
| Berufsordnung 922 Verbraucherberater/innen auch: Hauswirtschafts-, Energie-, Umwelt- berater Bundesgebiet Gesamt | 5.178 | <i>Weiterbildung</i> Energieberater/in Tätigkeit: B 42313-102 Ausbildung: B 42313-902 |

Branchenstrukturen, Netzwerke und Informationskanäle im Bereich Kraft-Wärme Kopplung

Neben den Akteuren der Energiewirtschaft sind für dieses Fallbeispiel die Akteure des SHK- und Elektrohandwerks sowie Interessengemeinschaften, die sich dezidiert mit der Kraft-Wärme-Kopplung befassen relevant:

- Zentralverband Sanitär Heizung Klima
- ZVEH
- Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V.
- Arbeitskreis Versorgungstechnik bietet Informationen und Unterstützung rund um Fragen der beruflichen Bildung in der Versorgungstechnik www.akvt.de
- WBZU. Das Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm bietet Kurzseminare zur Kraft-Wärme-Kopplung an.
- Qualifizierungsoffensive Handwerk "Brennstoffzelle und Batterietechnologie Niedersachsen" EU Verbundprojekt des Heinz-Piest-Instituts für Handwerkstechnik an der Leibniz Universität Hannover <http://www.qbzni.innovatives-handwerk.de/>
- Onlineportal bhkw-infozentrum bietet Informationen rund um die Kraft-Wärme-Kopplung <http://www.bhkw-infozentrum.de/bhkw.html>
- **Ebene der mittleren Qualifikation:** Anlagenmechaniker/-in Sanitär- Heizung und Klimatechnik, Installateur- und Heizungsbauermeister/-in, Elektroniker/-in für Energie und Gebäudetechnik, Elektroniker/-in für Gebäude und Infrastruktursysteme, Industriemeister/-in Fachrichtung Elektrotechnik.

Branchenstrukturen Netzwerke und Informationskanäle im Bereich der Batterietechnik für E-Mobilität

Im globalen Vergleich sind deutsche Unternehmen erst spät in die Technologie eingestiegen. Da die Entwicklung und der Aufbau der Produktion von Lithium-Ionen Batterien hohe Investitionskosten verursacht, sind die Unternehmen, die sich mit der Herstellung von Lithium-Ionen Batterien befassen, in Deutschland vergleichsweise überschaubar und überwiegend in der Großindustrie angesiedelt. Häufig sind Joint Ventures mit der Automobilindustrie zu beobachten. Neben diesen ist aber auch die Automobilindustrie als Diffusionsfeld zu betrachten, vor allem im Bereich Service und Reparatur ergeben sich durch die Umstellung auf elektrische Energie erhebliche Veränderungen, die auch die Ebene der mittleren Qualifikation betreffen

Netzwerke im Bereich Lithium-Ionen Batterien:

- Innovationsallianz LIB2015 (www.lib2015.de) beschäftigt sich mit Forschung und Entwicklung entlang der Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen Batterien.
- Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen Batterien (KLiB) hat das Ziel, die deutsche Zulieferindustrie für die Lithium-Ionen Technologie durch gemeinsame Forschungs-, Entwicklungs-, Fertigungs- und Prüfinfrastruktur zu stärken (www.klib-org.de).
- Münster Electrochemical Energy Technology (MEET) ist ein neu gegründetes Batterieforschungszentrum an der Universität Münster. Hier arbeitet ein internationales Team aus rund 75 Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen mit exzellenter Reputation an innovativen elektrochemischen Energiespeichern mit verbesserter Leistung,

längerer Lebensdauer, deutlich höherer Energie und trotzdem maximaler Sicherheit.
Spitzencluster Elektromobilität Süd-West (www.emobil-sw.de)

- **Ebene der mittleren Qualifikation** bei der Herstellung von Lithium-Ionen Zellen: Chemikanten, Chemielaboranten, Maschinentechniker, Industriemeister/-in Fachrichtung Chemie (GRIMM et al. 2011)

Die folgende Tabelle listet die Unternehmen auf, die 2010 mit der Herstellung von Lithium-Ionen Batterien befasst waren.

Tabelle 5 An der Produktion von Lithium-Ionen Batterien in Deutschland beteiligte Unternehmen (Grimm et al. 2011: 87-88)

| Unternehmen | Unternehmensstruktur | Technologien und Produkte |
|--|--|--|
| Li-Tec Battery GmbH Kamenz (Sachsen) | Gemeinschaftsunternehmen von Evonik Industries AG (50,1% und der Daimler AG (49,9%)) | <ul style="list-style-type: none"> • Batteriezellen für Automotive Anwendungen • Batteriesysteme für Transport, Logistik und Arbeitsmaschinen • Batteriesysteme für stationäre Energiespeicher und die Nutzung regenerativer Energiequellen |
| Wconik Litarion GmbH Kamenz (Sachsen) | Tochtergesellschaft von Evonik | Elektroden sowie keramischer Separator (SEPARION©) für großformatige hocheffiziente Lithium-Ionen Batteriesysteme |
| Deutsche Accumotive Kamenz (Sachsen) | Joint Venture der Daimler AG (=%) und Evonik (10%) | Fertigung von Lithium Ionen Batteriesystemen |
| SB LiMotive | Joint Venture von Samsung SDI und Bosch (gegründet 2008) | Anwendungen für Lithium-Ionen Batterien für elektrische Antriebskonzepte im Automobilsektor |
| GAIA Akkumulatorenwerke GmbH Nordhausen (Thüringen) | 1996 Unternehmensgründung 2002 Fusion von GAIA und LTC | Auf Lithium-Ionen Technologie basierende Energiespeichersysteme für die Anwendungsfelder Automotive/Transport, Stationäre Energie, Regenerative Energie, Militär/Sicherheit, Back-Up Power |
| Leclanché mit Standorten in Willstätt und Itzehoe | Leclanché ist ein klassischer Batteriehersteller der 1909 gegründet wurde. 2006 akquirierte Leclanché die Bullith AG später umbenannt in Leclanché Lithium GmbH. Das Unternehmen ist ein Spin-Off des Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie in Itzehoe | Aktivitäten an den deutschen Standorten: <ul style="list-style-type: none"> • Industrielle Herstellung hochkapazitiver Lithium-Bi-Zellen • Montage hochkapazitiver Zellen • Elektrodenbeschichtung • Separatorproduktion • Qualitätsmanagement • Herstellung kleiner Ionen Bi Zellen im Kleinformat • Montage kleiner Zellen im Kleinformat |

Themenfeld 3 Nutzung nachwachsender Rohstoffe

1. Fallbeispiel Künstliches Holz (Lignin) Diesel-Innovationspreisträger 2011

Hintergrund und Technologiebeschreibung: Der im Holz vorhandene Rohstoff Lignin fällt als Abfallprodukt in der Papierindustrie an. Durch die Vermischung mit Additiven und Fasern wird ein Granulat hergestellt und wie Kunststoff weiterverarbeitet. Im Gegensatz zu Kunststoff ist es zu 100% biologisch abbaubar. Aus dem Granulat können vielfältige Produkte der kunststoffverarbeitenden Industrie gefertigt werden. Das patentierte Verfahren der Firma Tecnaro erhielt den Diesel-Innovationspreis und ist derzeit noch recht teuer, weil die Aufbereitung nicht direkt in der papierverarbeitenden Industrie erfolgt. Diese nutzt bislang den Grundstoff trotz geringem Heizwert für thermische Verfahren. Im Rahmen von Forschungsprojekten wird zurzeit an anderer Stelle ebenfalls intensiv an der Nutzbarmachung von Lignin als nachwachsendem Rohstoff (z.B. in der Elektroindustrie) gearbeitet (Fachagentur nachwachsender Rohstoffe e.V. 2012). Ein Forschungsverbund arbeitet an der Verarbeitung von Buchenholz in Bioraffinerien(Dechema). Die Lignozellulose-Bioraffinerie in Leuna soll ab Juni 2012 Basischemikalien für die Chemieindustrie (D20) produzieren. Seit Februar 2012 wird das BioEconomy Cluster als Spitzencluster im Rahmen der BMBF Hightechstrategie 2020 gefördert.

- **Einordnung der Technologie:** Stoffwandlung
- **Innovationsgrad:** radikal
- **Regionale Verteilung:** gering
- **Diffusionsfelder:** Chemie, Kunststoffindustrie

Themenfeld 4 Laser als Werkzeug

1. Fallbeispiel Laser als Werkzeug in der Industrie

Hintergrund und Technologiebeschreibung: Der Laser wird in unterschiedlicher Weise als Werkzeug verwendet und es werden immer neue Einsatzbereiche für den Laser erschlossen. Dabei dient der Laser auch als Enabler für andere innovative Entwicklungen im produzierenden Gewerbe. So findet der Laser als Werkzeug zum Schneiden, Härten, Schweißen, Zerspanen, Laserstrukturieren und in der additiven Laserfertigung Verwendung. In der Sektoranalyse wurden unterschiedliche Beispiele für neuere Entwicklungen im Bereich der Lasertechnik bearbeitet:

- a) Ultrakurzpuls-Laser OT 4: Eine der besonders innovativen und zukunftsweisenden Technologien im Bereich der „Photonics“, bei der zurzeit Aussagen zum regionalen sowie zum branchenbezogenen Verbreitungsgrad möglich sind, ist die Ultrakurzpuls-Lasertechnologie (OT 4): Bei dieser Technologie wird Laserenergie in kleinste Pulse zerteilt, was zur Folge hat, dass jeder Puls mit nur wenigen Pikosekunden (10^{-12} Sekunden) so kurz ist, dass in dieser Zeit das Licht nur einen Millimeter Strecke zurücklegen kann. In dieser kurzen Zeit werden Leistungen von mehreren hundert Megawatt erreicht. Das so bearbeitete Material verdampft, ohne vorher zu erhitzen oder gar zu schmelzen. Vorteile: keine Grate oder thermische Nebenwirkungen. Gegenüber bisherigen Lasern, bei denen nur die lokale thermische Wirkung der Laserstrahlung ausschlaggebend für den

Einsatz des Lasers ist, setzt diese Technologie auch auf die direkte photonische Wirkung. Diese Technologie unterstützt bzw. ermöglicht die hochpräzise Fertigung kleiner und kleinster Bauteile (z.B. Mikrokanäle in Einspritzsystemen). Diffusionsfelder finden sich vor allem im verarbeitenden Gewerbe, insbesondere in Metallbearbeitung, Maschinenbau, Fahrzeugtechnik und Medizintechnik (C25, 28-30, 32).

- b) Remote-Schweißen mit dem Laser (OT5): Gegenüber bisherigem Laserschweißen wird ein Scanner, der die Führung des Laserstrahls übernimmt über einen Standard-Industrieroboter geführt, Werkstücke können über weitere Entfernungen und hochgradig flexibel bearbeitet werden. Dadurch wird eine Produktivitätssteigerung erreicht (BOTTS 2005).
- c) Herstellung von Tailored Products mittels Laserschweißen (MT 4): Schon in den 1980er Jahren wurde die Technik des Laserschweißens entwickelt (Thyssen Steel GmbH). Zunächst wurden nur Bleche gleichen Materials miteinander verbunden. Thyssen Krupp bleibt in Deutschland der maßgebliche Anbieter. In den letzten 20 Jahren wurde hier das Verfahren ständig weiterentwickelt und in Kombination mit neuen Materiallegierungen können nun erhebliche Gewichtsreduktionen ohne Verlust von notwendigen Materialeigenschaften erreicht werden. Einsatzfelder sind hauptsächlich der Automobilbau (C29), aber auch der sonstige Fahrzeugbau (C30). Tailored Stripes kommen als Verstärkungsmaterialien auch in anderen Industriezweigen zum Einsatz (Schaltschrankbau (C27), Möbelindustrie (C31) Bau (F 41/F42)).
- d) Laserpunktschweißtechnik (PT-FT1) Fügeverfahren bei dem zielgenau durch den Laser ein Schweißpunkt oder eine Schweißnaht beim Fügen von Metallen hergestellt wird. Durch die Möglichkeit der Anpassung der unterschiedlichen Schweißparameter können auch Metalle verschweißt werden, die bislang als schwierig zu fügen galten.
- e) Selektives Lasersintern (unterschiedliche Verfahrensweisen je nach Hersteller z.B. SLM Selektives Laserschmelzen aus PT-FT3/OT3 oder LENS Laser Engineered Net Shaping PT-FT3). Additive Verfahren sind Urformverfahren, bei denen eine schichtweise Herstellung von Werkstücken auf Basis von CAD-Daten erfolgt. Sie werden auch mit den Begriffen Rapid Prototyping oder Rapid Manufacturing bezeichnet. Beim selektiven Sintern werden dreidimensionale Körper nach dem Schichtaufbauprinzip erstellt. Ausgangsmaterial ist ein Werkstoff in Pulverform, wobei sowohl Kunststoffe, Keramiken oder Metalllegierungen verarbeitet werden können (ZÄH 2006: 47). Es lassen sich Bauteile mit unterschiedlichen Eigenschaften von Bulk und Oberfläche erzeugen. Gegenüber klassischen Fertigungsverfahren sind mit den Verfahren darüber hinaus völlig neue Designs möglich. Hohlstrukturen und Leichtbauelemente können direkt aus dem Pulver erzeugt werden. Einsatzfelder generativer Verfahren sind die Medizintechnik, Maschinen- und Werkzeugbau, Fahrzeugbau (Leichtbau) zu finden.

- **Einordnung der Technologie:** Stoffwandlung
- **Innovationsgrad:** radikal
- **Regionale Verteilung:** je nach Ausprägung sehr verschieden
- **Diffusionsfelder:** Einsatzfelder finden sich im gesamten produzierenden Gewerbe (siehe oben)

Branchenstrukturen, Netzwerke und Informationskanäle im Bereich der optischen Technologien:

An dieser Stelle werden zunächst die Branchenstrukturen, Netzwerke und Informationskanäle im Bereich der optischen Technologien aufgezeigt. Es gilt jedoch zu beachten, dass für die Beschreibung des Diffusionsprozesses auch die Branchenstrukturen, Netzwerke und Informationskanäle zum Themenfeld Laserfertigung in den aufnehmenden Branchen reflektiert werden müssen. Fallbeispiel 2: „Additive Laserfertigung in der Zahntechnik“ soll daher die Beschreibung des aufnehmenden Sektors veranschaulichen. Die Darstellung der Diffusionsfelder für Fallbeispiel 1 „Laser als Werkzeug in der Industrie“ erfolgt im Rahmen der konkretisierten Fallbeschreibung in der zweiten Projektphase.

Die Deutsche Agenda „Optische Technologien für das 21. Jahrhundert“ (Lenkungskreis Optische Technologien für das 21. Jahrhundert 2000) definiert Optische Technologien als „...die Gesamtheit physikalischer, chemischer und biologischer Naturgesetze und Technologien zur Erzeugung, Verstärkung, Formung, Übertragung, Messung und Nutzbarmachung von Licht“.

Das unterstreicht den Charakter der Optischen Technologien (OT) als „Querschnittstechnologie“, deren Gliederung quer zur Branchengliederung der Wirtschaft verläuft. Anwendungsgebiete in allen Branchen - so z.B. im Automobil- und Maschinenbau, in der Elektronik- und Unterhaltungsindustrie, der Informations- und Kommunikationstechnik sowie in der Messtechnik und Sensorik, der Medizin und Biotechnologie, der Beleuchtung und der Energie - zeigen die außerordentliche Vielseitigkeit der Optischen Technologien.

Die oben zitierte Definition macht aber auch deutlich, dass die Optischen Technologien in ihrer Eigenschaft als Querschnittstechnologien in sich selbst sehr breit gefächert sind und damit einen sehr heterogenen Untersuchungsgegenstand darstellen.

Die OT können in ihrer Gesamtheit als „Querschnittstechnologie“ betrachtet werden, die folgende Bereiche umfasst:

| | |
|--|--|
| Industrielle Produktionstechnik Systeme zur Lasermaterialbearbeitung Lithografiesysteme Laserquellen für industrielle Produktionstechnik Optiken für Waferstepper | Informationstechnik, Büroautomatisierung, Konsumelektronik Optische Datenspeicherlaufwerke Laserdrucker und -kopierer, Fax- und MFP-Geräte, POD-Systeme Digitalkameras und Camcorder, Scanner Barcodescanner Systeme der Drucktechnik Laserquellen für die Informationstechnik Digitale Bildsensoren |
| Bildverarbeitung, Messtechnik, Analytik Bildverarbeitungssysteme und Komponenten Spektrometer und -module Binärsensoren Systeme für die Halbleitermesstechnik Systeme für die Faseroptik-Messtechnik Messsysteme für andere Anwendungen | Beleuchtungstechnik Lampen LEDs OLEDs |
| Medizintechnik und Life Science Brillengläser und Kontaktlinsen Lasertherapiesysteme Endoskopiesysteme Mikroskope Medical-Imaging-Systeme Ophthalmologische und sonstige diagnostische Systeme Systeme für Labormedizin, Pharmaforschung, Biotechnologie | Flachdisplays LCD-Displays Plasmasdisplays OLED- und weitere Displays Displayglas und Flüssigkristalle |
| Kommunikationstechnik Systeme für optische Netzwerke Komponenten für optische Netzwerke | Energietechnik Solarzellen Solarmodule |
| | Optische Geräte und Komponenten Optische Komponenten und optisches Glas Optische Systeme Systeme und Komponenten soweit nicht anderweitig berücksichtigt |

Optech Consulting - Juni 2007

Abbildung 12 Bereiche und Segmente der OT (BMBF 2007b: 10)

Optische Technologien werden teilweise auch als Photonik bzw. Photonics umschrieben - insbesondere im Bereich der Optoelektronik. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über den Umsatz der Unternehmen der OT in Deutschland im Jahr 2008.

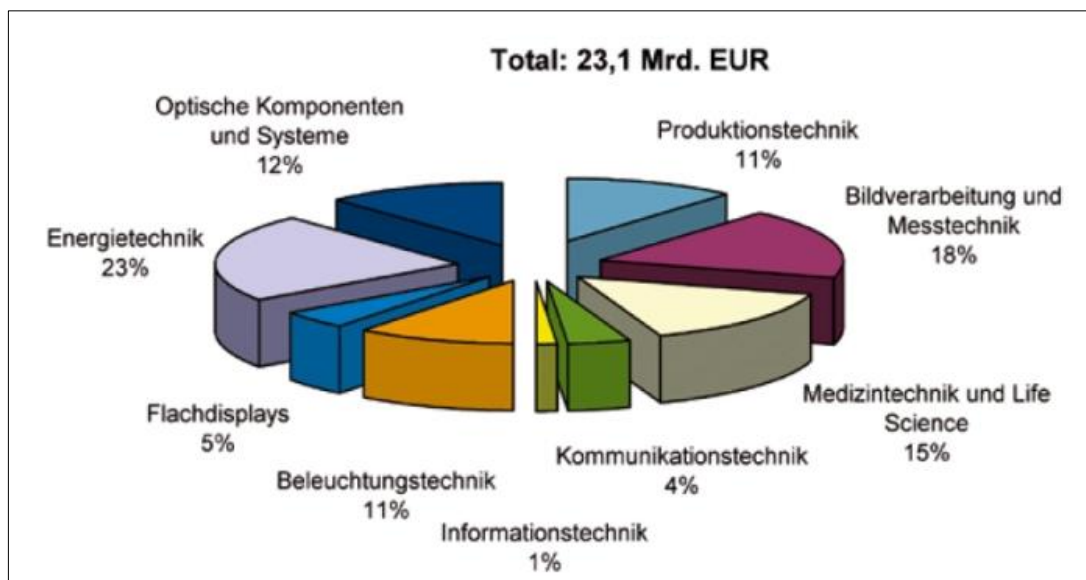


Abbildung 13 Umsatz OT Technologien Unternehmen Standort Deutschland (Mayer 2010: 9)

Von zentraler Bedeutung für die Kooperation von Wirtschaft und Forschung auf dem Gebiet der OT sind in Deutschland die einschlägigen Branchenverbände und die im „OptecNet Deutschland e.V.“ zusammengeschlossenen:



Abbildung 14 Kompetenznetze Optische Technologien (OptecNet Deutschland e.V. 2011a)

- Kompetenznetze Optische Technologien“ (www.optecnet.de/kompetenznetzeOT) (siehe Abbildung 14)
- „Deutscher Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.V. (SPECTARIS)“ (www.spectaris.de/verband/verbandsportrait.html), in dessen Rahmen insbesondere der „SPECTARIS-Fachverband Photonik + Präzisionstechnik“ (www.spectaris.de/photonik-praezisionstechnik.html) auf dem Feld der OT wirksam ist.
- die „Arbeitsgemeinschaft Laser und Lasersysteme für die Materialbearbeitung“ im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (www.vdma.org/wps/portal/Home/de/Branchen/Laser)
- der Bereich „Optische Technologien“ der VDI Technologiezentrum GmbH (www.vditz.de/forschungsfoerderung/optische-technologien)

„Unternehmen der Optischen Technologien sind in Deutschland sektoral und regional sehr gut vernetzt. Sie sind bei Hochleistungs-LED, Scheibenlasern und Faserlasern technologieführend. Darunter sind Weltmarktführer bei Lasern für Materialbearbeitung, optische Mikroskopie und innovative Beleuchtungstechnik. Sie produzieren am Standort Deutschland – auch weil hier ein etabliertes einzigartiges Aus- und Weiterbildungssystem vorhanden ist.“ (TBS 2011) Starke Anwender der OT sind danach neben Großunternehmen auch KMU und das Handwerk.

Informationsflüsse zu neuen Entwicklungen und Trends: Eine zentrale Rolle für Information und Kommunikation der Akteure auf dem Gebiet der OT spielen:

- einschlägige Fachmessen
 - „LASER World of PHOTONICS“ in München (world-of-photonics.net/de/laser/start)
 - „Internationale Fachmesse Optischer Technologien **OPTATEC**“ in Frankfurt am Main (www.optatec-messe.de/de/optatec).

- Informationszentren zu neuen Entwicklungen im Bereich der Lasertechnik in Deutschland sind die regionalen Laserzentren und Institute für Laserfertigung von (Fach-)Hochschulen. Sie kooperieren mit der Industrie im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten, entwickeln Weiterbildungsmaßnahmen und veranstalten Fachveranstaltungen rund um die Laserfertigung:
 - LZH Laserzentrum Hannover (www.lzh.de/)
 - LZN Laserzentrum Nord (www.lzn-hamburg.de)
- Eine besondere Informationsquelle im Bereich der OT im Internet ist die europäische Technologieplattform für Optische Technologien „Photonics21“ (www.photonics21.org/aboutPhotonics.php)
- Die Firma Trumpf als Weltmarktführer in der Herstellung von Lasern bietet mit der Plattform <http://www.laser-community.de> ebenfalls Informationen zu neuen Entwicklungen rund um den Laser.
- Periodika: Laser Technik Journal, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA Weinheim

Ebene der mittleren Qualifikation: Die Unternehmen der OT-Branche „...schaffen seit Jahren einen Zuwachs an Arbeitsplätzen von durchschnittlich vier Prozent p.a. Der Anteil akademisch ausgebildeter Mitarbeiter liegt bei etwa 20 Prozent“. (BMBF 2011: 4)

In Hinblick auf die Ebene der mittleren Qualifikation sind in erster Linie die folgenden OT-relevanten Berufe von Bedeutung: Feinoptiker, Mechatroniker, Industriemechaniker (Geräte- und Feinwerktechnik), Industriemechaniker (Produktionstechnik), Werkzeugmacher, Mikro-technologe, Zerspanungsmechaniker, Verfahrensmechaniker (ABICHT 2004: 54, OptecNet Deutschland e.V. 2005).

Das isw Institut untersuchte im Jahr 2004 die Entwicklung der Facharbeiterausbildung in der OT-Branche. Dabei zeigte sich, dass die Ausbildung von Facharbeitern für den Hauptleistungsbereich in den Optischen Technologien, die Produktion, - mit Ausnahme der Mechatroniker/Mechatronikerinnen - gegenüber der Ausbildung in den kaufmännischen Berufen eher kleinteilig ist. Die Situation hat sich seither nicht grundsätzlich geändert. Offensichtlich bedingen ein hoher Automatisierungsgrad in den Unternehmen sowie Auslagerungstendenzen im Bereich der Massenproduktion einen geringeren Bedarf an Mitarbeitern auf Facharbeiter-niveau als in der Vergangenheit (ABICHT 2004: 55). Dass die Ausbildung zum Mechatroniker/zur Mechatronikerin hiervon nicht betroffen ist, ist ein Indiz für die Flexibilität und vielseitige Einsetzbarkeit der Mechatroniker/-innen. Inwiefern ggf. die Absicht, deutsche OT-Unternehmen strategisch stärker auch auf internationalen Volumenmärkten der Branche zu etablieren, in der nahen Perspektive zu wachsenden Ausbildungszahlen im Facharbeiterbereich führen könnte, ist gegenwärtig nicht abzusehen. Ausbildungsberufe, die im Bereich der Optischen Technologien im Zusammenhang mit Lasertechnik ausgebildet werden, sind (BMBF 2007a, Photonics BW 2011)

- Feinoptiker/-in
- Elektroniker/-in für Geräte und Systeme
- IT Systemelektroniker/-in
- Mechatroniker/-in,
- Industriemechaniker/-in

- Feinwerkmechaniker/-in
- Physiklaborant/-in
- Mikrotechnologe/-in

In den Anwenderbranchen sind zunehmend auch Fertigungsberufe der Diffusionsbranchen mit Lasertechnik konfrontiert (z.B. Karosserie- und Fahrzeugbaumechaniker/-innen, (<http://www.bayern-photonics.de/jobs-karriere/ausbildung>). Für die Weiterbildung im Bereich der OT ist das hohe Engagement der o.g. Kompetenznetzwerke sowie der Firmen selbst charakteristisch. Auskunft über die vielfältigen Inhalte und Formen der Qualifizierung geben z.B. die „Ausbildungsatlanten“ und weitere Infomaterialien der regionalen Kompetenznetzwerke der OT(OptecNet Deutschland e.V. 2011b).

2. Fallbeispiel Additive Laserfertigung Zahntechnik

Ein Fallbeispiel in einem spezifischen Diffusionsfeld der additiven Laserfertigung soll im Bereich der Medizintechnik durchgeführt werden. Als Beispiel für ein Diffusionsfeld, das bislang eine hoch spezialisierte handwerkliche Domäne in der Medizintechnik darstellt. Daneben ist die mittelständisch geprägte Dentalindustrie ein relevanter Partner in diesem Tätigkeitsfeld, zu dieser Subbranche gehören ca. 200 Hersteller von zahnmedizinischen und zahntechnischen Produkten.

Branchenakteure und Netzwerkstrukturen und Informationsflüsse im Diffusionsfeld „Zahntechnik“

- Der Verband deutscher Zahntechniker Innungen VDZI (www.vdzi.de)
- Der deutsche Verband der deutschen Dental Industrie (VDDI) (www.vddi.de)
- Die internationale Dentalschau (IDS) findet alle zwei Jahre in Köln statt
- Die Onlineplattform der Zahntechniker Community bietet Informationen zu Berufsschulen, Meisterschulen (Zeitschriften im Bereich der Zahntechnik, www.muffel-forum.de/)
 - Zeitschriften:
 - ZTM-aktuell.de - Fachwissen zu Zahntechnik, Information zur Laborführung u.a. zahntechnische Portal, das ein Laborverzeichnis, Fachartikel, Tipps zur Laborführung und Fortbildung für Zahntechniker bietet. (Verlag: Spitta)
 - das dental labor (Verlag: Neuer Merkur) Fachblatt für die gesamte Zahntechnik und ihre Randgebiete
 - dentalinside (Verlag: Flash Media) Die Zeitschrift für die Dentalbranche
 - QZ - Quintessenz Zahntechnik (Verlag: Quintessenz) Aktuelles Sammelwerk zu allen Bereichen der Zahntechnik
 - ZT Zahntechnik Zeitung (Verlag: Oemus Media)
 - ZWL Zahntechnik Wirtschaft Labor (Verlag: Oemus Media) Ratgeber für Praxislabore zu allen fachlichen und wirtschaftlichen Aspekten der modernen Laborführung

Ebene der mittleren Qualifikation: Der Beruf des Zahntechnikers/der Zahntechnikerin ist ein Ausbildungsberuf im Handwerk mit der Weiterbildungsmöglichkeit zum Zahntechnikermeister/zur Zahntechnikermeisterin

Tabelle 6 Zahntechniker

| Berufsordnung | Sozialverspfl.- Beschäftigte 2009 | Ausbildungsberufe mit Tätigkeits- und Ausbildungschlüssel |
|--|---|---|
| Berufsordnung TS(2003): 303 TS(2010): 82593 | 44094 | <i>Weiterbildungsberuf: Zahntechnikermeister/ Zahntechnikermeisterin</i> Ausbildung: Zahntechniker/Zahntechnikerin |

Themenfeld 5 Informations- und Kommunikationstechnologie

1. Fallbeispiel Augmented Reality in der Produktion

Hintergrund und Technologiebeschreibung: Augmented-Reality-Verfahren (IKT4): Unter Augmented Reality (AR) wird die computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung verstanden. Eines der gängigsten Einsatzszenarien für AR ist die Einblendung erläuternder Informationen über existierende Räume. Neu ist eine Erweiterung der Realität durch Zusatzinformationen, die über das Internet hinzugefügt werden können. Dies ermöglicht scheinbar grenzenlose neue Einsatzformen, zumal die Tools für die Erstellung neuer Applikationen immer einfacher werden. Neu ist weiterhin Interaktivität in Echtzeit sowie die Verbindung realer und virtueller Objekte im 3-dimensional Raum.

Das Museum of London bietet beispielweise eine kostenlose App an, die durch GPS und Geotagging Nutzern ermöglicht, Informationen und historische Bildaufnahmen in 3D über den zeitgenössischen Gebäuden und Orten eingeblendet zu sehen. Dies ermöglicht scheinbar grenzenlose neue Einsatzformen, welche in nahezu allen Bereichen denkbar sind: Kultur, Bildung, Werbung und insbesondere auch im Produktionsgewerbe, wo Arbeitsabläufe durch AR-Technologien vereinfacht werden können. Monteure können sich beispielweise den nächsten Arbeitsschritt oder benötigte Arbeitsmittel direkt in ihr Sichtfeld einblenden lassen; Chirurgen können sich Informationen zum Ablauf einer Operation anzeigen lassen und für Designer wäre es bald möglich, ein Haus in "echt" inklusive Möblierung, Bepflanzung etc. lebendig werden zu lassen.

Zudem ist es möglich an verschiedenen Orten via Konferenzschaltung zusammenzuarbeiten. In der industriellen Produktion wird es dank AR möglich, digitale Planungsdaten effizient mit realen Gegenständen abzugleichen. Die Technologie ermöglicht ferner den breiten Einsatz von digitalen Absicherungsmethoden bei der Kombination von digitalen Daten mit realen Prototypen bzw. Konstruktionen.

- **Einordnung der Technologie:** Informationswandlung
- **Innovationsgrad:** radikal
- **Regionale Verteilung:** mittel
- **Diffusionsfelder:** Die AR-Verfahren finden vor allem Anwendung bei der Planung, Konstruktion, in der Fertigung und bei der Modellierung von technischen Systemen und Architekturen. Teilweise werden AR-Techniken auch im Entertainmentbereich verwendet. Die Technologie ist im verarbeitenden Gewerbe C verbreitet, C20 - C22 chemische und

pharmazeutische Industrie und C26-C30 Elektrotechnik, Computertechnik, Fahrzeug- und Maschinenbau. Außerdem ist sie teilweise in der Energieversorgung (D) und im Bauhauptgewerbe (F) diffundiert. Entwicklungspotenziale sind insbesondere in der Herstellung von Bekleidung (C 14), Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (C 27), Maschinenbau (C 28), Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (C 29), sonstiger Fahrzeugbau (C 30), Herstellung von Möbeln (C 31), Herstellung von sonstigen Waren (C 32) sowie im Bereich Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen (C 33) zu erwarten.

2. Fallbeispiel IKT Apptechnologie

Hintergrund und Technologiebeschreibung: App-Technologie (IKT 5): Unter sogenannten Apps werden Mini-Anwendungen für mobile Endgeräte wie Smartphones oder Tablets sowie mittlerweile auch für smart TV-Geräte verstanden, welche über „App-Stores“ bezogen und direkt auf dem Gerät installiert werden können. Weit über 500.000 Apps werden über die jeweiligen Betriebssysteme (Apple, Google, Samsung, LG, Microsoft, BlackBerry) angeboten. Die Apps sind teilweise kostenfrei oder i.d.R. unter 5,00 € erhältlich.

Open Source basierende Betriebssysteme ermöglichen die Produktion über Herstellergrenzen hinweg, d.h., dass auch „Hobby-Programmierer“ Apps entwickeln können (außer beim Betriebssystem Apple). Das Besondere an den Mini-Anwendungen ist, dass sie sehr vielfältig sind und das tägliche Leben vereinfachen. Angefangen beim Kalender und Taschenrechner über Informationsdienste und Games bis hin zu Augmented Reality Anwendungen, die Möglichkeiten sind nahezu grenzenlos. Ebenso vielfältig ist die Bandbreite der Anwendungen. Sie reicht von einfachsten Werkzeugen und Spaßanwendungen mit nur wenigen Funktionen bis hin zu Programmpaketen mit umfangreichen Funktionalitäten. Bekannte Apps sind etwa Facebook, Twitter, Google Maps, Bar-Code-Scanner, YouTube, Musikstreaming Dienste wie Soundcloud, Radio, TV etc.. Teilweise werden hierbei auch normale Webseiten zur mobilen Nutzung angepasst.

- **Einordnung der Technologie:** Informationswandlung
- **Innovationsgrad:** radikal (die Verbreitung im Bereich der Anwendungen für die Produktion steht erst am Anfang)
- **Regionale Verteilung:** mittel (regionale Schwerpunkte konnten aus den Daten nicht abgeleitet werden)
- **Diffusionsfelder:** Entwicklungspotenziale im verarbeitenden Gewerbe sind insbesondere dort zu erwarten, wo mobile Endgeräte wie z.B. Smartphones oder auch Tablets eingesetzt werden, da diese die Grundlage zur Ausführung von Apps sind. Wie im oberen Abschnitt beschrieben, sind vielfältige Veränderungen durch den Einsatz von Augmented-Reality Anwendungen zu erwarten. Diese AR-Anwendungen werden i.d.R. über Apps ausgeführt. Demnach sind hier die gleichen Wirtschaftszweige wie bei AR betroffen: Herstellung von Bekleidung (C 14), Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (C 27), Maschinenbau (C 28), Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (C 29), sonstiger Fahrzeugbau (C 30), Herstellung von Möbeln (C 31), Herstellung von sonstigen Waren (C 32) sowie im Bereich Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen (C 33).

Branchenstrukturen, Netzwerke und Informationskanäle: Für den IKT-Bereich existieren verschiedene Definitionen und Abgrenzungen. Der Vorstand der Informationstechnischen Gesellschaft (ITG) beschrieb sie folgendermaßen (Infoconomy 2007):

„Die Informationstechnik befasst sich mit der Entwicklung von Methoden, Produkten, Anwendungen und Diensten zur Umsetzung, Verarbeitung, Übermittlung, Speicherung und Sicherheit von Information. Die Informationstechnik umspannt ein weites Feld mit Fachbereichen wie

- *Auswirkungen der Informationstechnik auf Mensch und Gesellschaft, europäische und weltweite Standardisierung*
- *Dienste, Anwendungen und Endgeräte*
- *Fernsehen, Film und elektronische Medien*
- *Audiokommunikation*
- *Kommunikationstechnik in Fest-, Mobil- und Satellitennetzen, einschließlich Konvergenz von Netzen und Diensten sowie Rundfunk*
- *Technische Informatik mit dem Schwerpunkt ingenieurwissenschaftlicher Anwendungen der Informatik*
- *Hochfrequenztechnik*
- *Mikro- und Nanoelektronik*
- *Übergreifende Gebiete, insbesondere zum Maschinenbau, der Medizin- und Biotechnik, der Verkehrstechnik (Telematik), der Messtechnik sowie den Werkstoffen und Bauelementen.“*

Bei IKT handelt es sich um eine Querschnittstechnologie, die als Grundlage unserer heutigen Informationsgesellschaft bezeichnet werden kann und somit in vielfältigen Bereichen angewendet wird. Die Beschäftigtenzahlen der ITK-Wirtschaft sind entsprechend hoch bei rund 830.000 im Jahre 2009 (BITKOM 2009: 6).

In der nachfolgenden Abbildung sind die Beschäftigtenzahlen in den IKT-Kernbereichen dargestellt, daraus wird ersichtlich dass der größte Teil der Beschäftigten im Bereich der Software und IT-Services zu finden sind, auf die sich auch die ausgewählten Fallbeispiele beziehen.

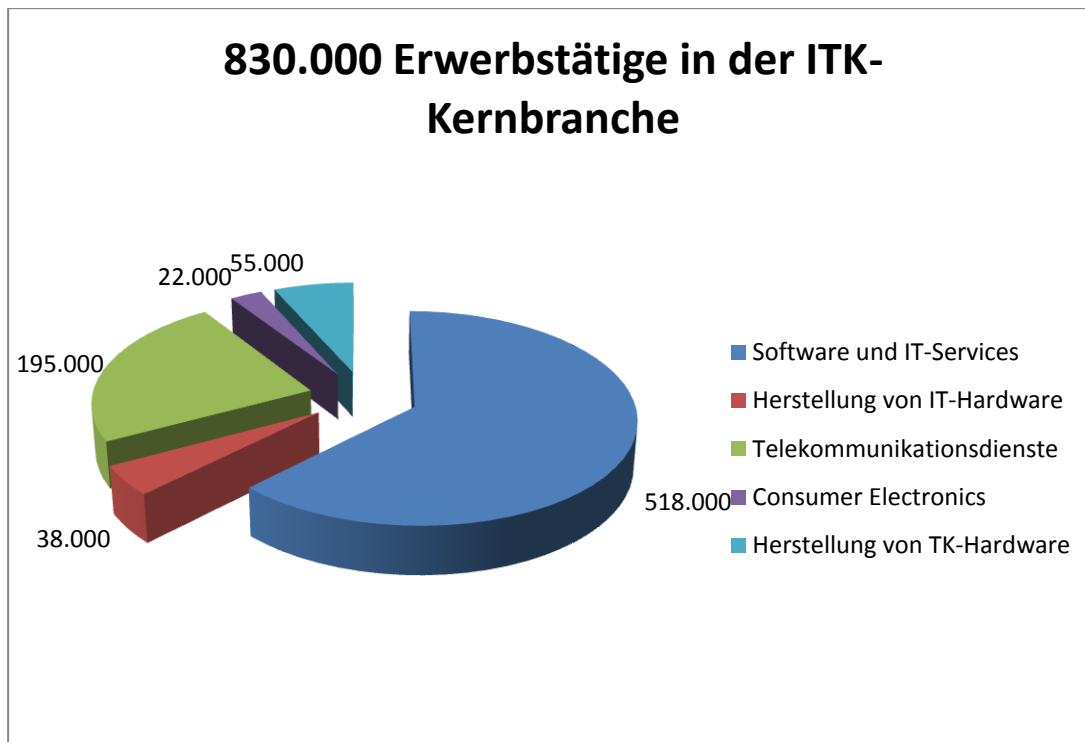


Abbildung 15 Anzahl der Beschäftigten in den IKT-Kernbranchen; Quelle: ISW/BITKOM

Netzwerke: Im Folgenden werden Netzwerke, Verbände, Cluster, Forschungskooperationen, Unternehmen und weitere wichtige Branchenakteure in Deutschland (Bundesebene und ggf. Landesebene) dargestellt:

- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
- Fraunhofer-Verbund IuK-Technologie, als größter europäischer Forschungsverbund für Informations- und Kommunikationstechnik (IuK)
- Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V.
- Leibniz-Gemeinschaft, Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e.V.
- Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.
- BITKOM, Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V., als Branchenverband der deutschen Informations- und Telekommunikationsbranche
- VATM, Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten
- ANGA, Verband Deutscher Kabelnetzbetreiber e.V.
- BREKO, Bundesverband Breitbandkommunikation e.V.
- VDE, Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik e.V.
- VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Institut für Innovation und Technik
- VDI, Verein Deutscher Ingenieure e.V.
- ZVEI, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.
- ZVEH, Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke
- BDI, Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.
- DIHK, Deutscher Industrie- und Handelskammertag e.V.
- IKT-Strategie der Bundesregierung "Deutschland Digital 2015" und BMBF-Förderprogramm "IKT 2020 - Forschung für Innovation"

- Technologieverbund „Virtuelle Technologien und reale Produkte“
- Industriekreis „Augmented Reality“
- Softwarecluster, Spitzencluster im Rahmen der Hightechstrategie 2020

Unternehmen aus dem Bereich der IKT Branche sind sehr vielfältig und reichen von Großkonzernen wie beispielsweise der Deutschen Telekom AG bis hin zu Kleinunternehmen. Die Mitgliederlisten oben genannter Verbände bieten einen Überblick (BITKOM 2011) hierzu, wobei die wichtigsten Unternehmen in der folgenden Tabelle 6 aufgeführt werden:

Tabelle 7 Wichtige IKT-Unternehmen in Deutschland

| Unternehmen | Sitz des Unternehmens | Anzahl der Beschäftigten | Jahresumsatz | Brancheneinordnung | Quellen |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Deutsche Telecom AG | Bonn, Nordrhein-Westfalen | 246.777 (Dez 2010) | 62,4 Mrd. € im Jahr 2010 | Branche Telekommunikation | Geschäftsbericht Deutsche Telecom AG (2010) |
| SAP AG | Walldorf, Baden-Württemberg | 53.513 (Dez 2010) | 12,5 Mrd. € im Jahr 2010 | Software-Branche, Größter europäischer und weltweit viertgrößter Softwarehersteller | Geschäftsbericht SAP AG (2010) |
| Infineon Technologies AG | Neubiberg, Bayern | 25.216 (Dez 2010) | 3,295 Mrd. € im Jahr 2010 | Branche Halbleitertechnologie | Geschäftsbericht Deutsche Infineon Technologies AG (2010) |
| IBM Deutschland GmbH | Sindelfingen, Baden-Württemberg | Ca. 3.000 | 99,9 Mrd. € im Jahr 2010 (weltweit) | Branche Informationstechnik | Geschäftsdaten unter www.ibm.com/ibm/de/de |
| Microsoft Deutschland GmbH | Unterschleißheim, Bayern | Ca. 2.700 | - | Software-Branche | Geschäftsdaten unter www.microsoft.com |

Ebene der mittleren Qualifikation

Im Bereich IKT gibt es insgesamt neun direkt zuzuordnende Ausbildungsberufe, siehe Tabelle 8.

Tabelle 8 Ausbildungsberufe im IKT Bereich (Quelle: BERUFENET der Arbeitsagentur)

| Berufsbezeichnung | Gruppe | TS |
|--|-------------------------|-----|
| Assistent/-in - Informatik (Betriebsinformatik) | Ausbildungsberufe - BFS | 774 |
| Assistent/-in - Informatik (Wirtschaftsinformatik) | Ausbildungsberufe - BFS | 774 |
| Fachberater/-in - Integrierte Systeme | Ausbildungsberufe - Abi | 774 |
| Fachberater/-in – Softwaretechniken | Ausbildungsberufe - Abi | 774 |

| Berufsbezeichnung | Gruppe | TS |
|---|--------------------------|-----|
| Fachinformatiker/-in - Systemintegration | Ausbildungsberufe - Dual | 774 |
| Informatikkaufmann/frau | Ausbildungsberufe - Dual | 774 |
| IT-System-Kaufmann/frau | Ausbildungsberufe - Dual | 774 |
| Kfm. Ass./Wirtschaftsassistent/-in - Informationsverarbeitung | Ausbildungsberufe - BFS | 774 |
| Techn. Assistent/-in - Elektronik und Datentechnik | Ausbildungsberufe - BFS | 622 |

Eine aktuelle Studie aus dem Softwarecluster (DIRSCH-WEIGANT 2011) nimmt zu Qualifizierungsfragen Stellung, daraus geht hervor, dass in der Branche ein Fachkräftemangel vor allem auf der akademischen Ebene erwartet wird. In diesem Zusammenhang wird auch an anderer Stelle auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Durchlässigkeit zwischen dualer Aus- und Weiterbildung und Hochschulbildung zu verbessern (HAMMAN 2012).

In Bezug auf technische Spezialkenntnisse wird in der oben genannten Studie (DIRSCH-WEIGANT 2011) ein Bedarf nach vertiefenden Qualifikationsangeboten in den Bereichen Zuverlässigkeit und Sicherheit von Systemen, Benutzerschnittstellen und Human Computer Interaction, Cloud Computing sowie mobile Endgeräte gesehen. Außerdem wird ein verpflichtender Anteil an Wirtschaftswissen und eine Orientierung an Schlüsselkompetenzen (Kommunikationsfähigkeit, Team- und Konfliktfähigkeit, Zeit- und Projektmanagement) auf allen Ebenen der Informatik Aus- und Weiterbildung genannt. Die ausgewählten Fallbeispiele beziehen sich auf die Bereiche Human Computer-Interaction (Augmented Reality) und mobile Endgeräte (App-Technologie), weil hier spezifische Anwendungsfelder im produzierenden Gewerbe gesehen werden.

5 Zielerreichung

| Nr. | Meilenstein (MS) | Soll | Ist |
|-------|---|----------|----------|
| MS 1 | Start des Projektes | 01.07.11 | 01.07.12 |
| MS 2 | Projektziele formuliert/Projektplan erstellt | 31.07.11 | 31.07.12 |
| MS 3 | Relevante Studien beschafft und Sekundärdaten analysiert | 31.10.11 | 01.12.12 |
| MS.4 | Telefoninterviews geführt und ausgewertet | 01.12.11 | * |
| MS 5 | Branchentrends zur Diffusion von neuen Technologien entwickelt (Zwischenbericht) | 01.03.12 | 16.03.12 |
| MS 6 | Erhebungsinstrumente entwickelt | 01.03.12 | ** |
| MS 7 | Betriebliche Fallstudien durchgeführt | 31.05.13 | |
| MS 8 | Daten der Fallstudien ausgewertet | 30.06.13 | |
| MS 9 | Experten-Workshops durchgeführt | 31.07.13 | |
| MS 10 | Daten der Experten-Workshops ausgewertet | 31.08.13 | |
| MS 11 | Gesamtauswertung durchgeführt | 30.09.13 | |
| MS 12 | Empfehlungen erarbeitet | 31.10.13 | |
| MS 13 | Workshop mit Berufsbildungsexperten durchgeführt | 30.11.13 | |
| MS 14 | Fachveröffentlichung erstellt | 30.11.13 | |
| MS 15 | Abschlussbericht erstellt | 31.12.13 | |
| MS 16 | Referierter Beitrag erstellt | 30.09.13 | |

* Interviews wurden nach Bedarf geführt weitere sind in Planung.

** Eine erste Version der Erhebungsinstrumente wurde entwickelt. Eine abschließende Beratung hierzu wird am 24.03.12 in der 2. Sitzung des Projektbeirats vorgenommen.

| Arbeitspakete/Arbeitsschritte | 2011 | | 2012 | | | | 2013 | | | |
|---|------|-----------|----------|----|-----|----|------|----------|-----------|--------------|
| | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV |
| Beschaffen aller relevanten Studien und Makrodaten | X | X (MS 2) | | | | | | | | |
| Branchenanalyse mittels Sekundärdatenanalysen und ergänzenden Telefoninterviews | X | X(MS 3+4) | X | | | | | | | |
| Entwickeln von Branchentrends (Zwischenbericht) | | x | X (MS 5) | | | | | | | |
| Entwicklung der Erhebungsinstrumente (Interviewleitfäden und Moderationskonzepte) | | | X (MS 6) | | | | | | | |
| Durchführen der betrieblichen Fallstudien | | | | X | X | X | X | X (MS 7) | | |
| Auswerten der Fallstudien | | | | X | X | X | X | X (MS 8) | | |
| Durchführen der branchenspezifischen Experten-Workshops | | | | | X | X | X | X | X (MS9) | |
| Auswerten der Experten-Workshops | | | | | | X | X | X | X (MS 10) | |
| Gesamtauswertung | | | | | | | | X | X (MS 11) | |
| Erarbeitung von Empfehlungen | | | | | | | | | X | X (MS12) |
| Durchführen eines Workshops (Fachöffentlichkeit) | | | | | | | | | | X (MS 13) |
| Erstellen von Publikationen | | | | | | | | X | X | X (MS 14+16) |

6 Ausblick und Transfer

Die Ergebnisse der ersten Projektphase zeigen die Komplexität und Vielschichtigkeit des Themas. Es ist eine Fülle von Informationen zu neuen Technologien verfügbar. Die Förderlandschaft und Netzwerkaktivitäten sind sowohl regional als auch bundesweit organisiert und werden in der Struktur der Branchenklassifikation des NACE Rev. nur unzureichend abgebildet. Auffällig ist wie unterschiedlich und häufig auch nachrangig das Thema Berufsbildung auf der mittleren Qualifikationsebene von den einzelnen Netzwerkakteuren aufgegriffen wird. Im Umfeld neuer Technologien sind einzelne Netzwerke und Akteure anzutreffen, die sehr engagiert auch Fragestellungen aus dem Bereich Qualifikation bearbeiten. Häufig sind diese Aktivitäten aber eher auf die akademische Ebene fokussiert. Hier gilt es relevante Akteure zu identifizieren und für Fragen der Facharbeiterqualifizierung zu sensibilisieren und als Partner für die Qualifikationsforschung zu gewinnen. Dezidierte Aussagen zu Qualifizierungsbedarfen auf der mittleren Qualifikationsebene sind in der Sekundärliteratur nur in geringem Umfang zu finden. Diese Befunde sprechen für den Bedarf einer systematischen technologischen Dauerbeobachtung durch das BIBB. Daneben wird im Kampf um Fördertöpfe häufig ein Hype (GRUNWALD 2011) um bestimmte Technologiethemen entfacht, wobei gesellschaftliche Themen als Argumentationsmuster hinzugezogen werden. Die Nachvollziehbarkeit mancher Prognosen von Interessenverbänden hinsichtlich der Arbeitsmarktwirksamkeit bestimmter Technologien ist dann nicht immer gegeben. Für die Ordnungsarbeit des BIBB ist es daher notwendig, eine systematische und sachliche Dauerbeobachtung von Technologien und deren Effekte auf die berufliche Bildung anzustreben. Für diese Dauerbeobachtung erscheint eine multiperspektivische Betrachtung unter Einbeziehung unterschiedlicher Informationskanäle zielführend. Auch das FreQueNz Netzwerk spricht sich für Methodenvielfalt und Vernetzung in der Früherkennungsforschung (ABICHT et al. 2007: 16) aus. Die Ergebnisse der ersten Projektphase unterstützen diese Forderung. Die vielfältigen Ausgangspunkte und möglichen methodischen Zugänge für die Technologiedauerbeobachtung mit berufspädagogischem Bezug machen daneben aber auch die Notwendigkeit einer strategischen Eingrenzung und reflektierten Nutzung unterschiedlicher Methoden deutlich.

Aktuell wird die Feldphase des Projekts vorbereitet. Durch die noch ausstehende deskriptive Beschreibung und den Vergleich unterschiedlicher Diffusionsprozesse soll herausgearbeitet werden, welche Indikatoren sich für die Ableitung konkreter Handlungsanweisungen für die Technologiedauerbeobachtung des BIBB eignen. Ziel ist es, den wissenschaftlichen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen in der Ordnungsabteilung einen Überblick über die Zugangswege und Kriterien für die Technologiedauerbeobachtung anzubieten und einen Entscheidungsbaum zur Verfügung zu stellen, der die Einordnung von Technologien hinsichtlich einer forschungsökonomisch und methodisch sinnvollen Weiterbearbeitung ermöglicht. Auch sollen Schnittstellen zu den bestehenden Monitoringansätzen des BIBB reflektiert und aufgezeigt werden, wie diese sich durch die Berücksichtigung der ermittelten Indikatoren erweitern und ergänzen lassen.

Theorien dienen unter anderem dazu, die Komplexität eines Untersuchungsfeldes zu reduzieren, indem sie Erklärungsmuster anbieten und Analysefelder aufzeigen. Die Tätigkeitstheorie hat sich in der Vergangenheit besonders in der Analyse von lokalen arbeitsteiligen Tätigkeitssystemen bewährt und wurde erst in jüngerer Zeit durch die Einbeziehung überge-

ordneter Netzwerkstrukturen erweitert. Im Rahmen des Projekts wird die Tätigkeitstheorie durch Aspekte der Diffusionsforschung, der allgemeinen Technologie und der Früherkennungsforschung erweitert. Hierdurch wird ein theoretisches Gerüst für die Qualifikationsforschung vorgeschlagen, welches im methodischen Ansatz der Entwickelnden Arbeitsforschung (DWR) auch anschlussfähig für unterschiedliche und bewährte Methoden aus der Früherkennungsforschung ist. Durch die Analyse betrieblicher Tätigkeitssysteme im Kontext von Netzwerken der Innovations- und Berufsbildungsforschung ist das Projekt anschlussfähig an die aktuellen tätigkeitstheoretischen Arbeiten im internationalen Kontext und leistet hier einen Beitrag.

Veröffentlichungen

Hackel, Monika; Bertram, Bärbel; Blötz, Ulrich; Laaser, Ilse; Reymers, Magret; Tutschner, Herbert; Wasiljew, Elke (2011). Diffusion neuer Technologien – Veränderung von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe. In: Fraunhofer IAO (Hrsg.) FreQueNz Newsletter 2011 (S.5)

Literaturverzeichnis

ABELE, Eberhard; REINHART, Gunther: Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München 2011

ABICHT, Lothar: Qualifizierungsbedarf KMU Optische Technologien. Empirische Studie. Düsseldorf 2004

ABICHT, Lothar: Weiterbildungsbedarf in Unternehmen der Nanotechnologie. Studie auf der Basis einer quantitativen Unternehmensbefragung. Düsseldorf 2008

ABICHT, Lothar u.a.: Ermittlung von Trendqualifikationen als Basis zur Früherkennung von Qualifikationsentwicklungen. Ziele - theoretisch-methodischer Ansatz - Ergebnisse. Halle/München/Raesfeld (NRW) 1999

ABICHT, Lothar; FREIKAMP, Henriette: Ermittlung von Trendqualifikationen als Basis zur Früherkennung von Qualifikationserfordernissen. Schlussbericht zum Projekt Halle 2007

ABICHT, Lothar; FREIKAMP, Henriette; SCHUMANN, Uwe: Ermittlung von Qualifikationserfordernissen in der Nanotechnologie. In: Cedefop panorama series 129 (2006)

ABICHT, Lothar; LEHNER, Franz: Verbundprojekt "Identifizierung von Tätigkeiten der mittleren Ebenen. Eine exemplarische Untersuchung am Beispiel ausgewählter Wirtschaftsbereiche". Gelsenkirchen o.J.

ABICHT, Lothar u.a. (ABICHT, Lothar u.a.): Auf der Suche nach neuen Qualifikationen. Methoden der Früherkennung von Qualifikationsentwicklungen. Bielefeld 2007

ABICHT, Lothar; SCHLICHT, Eckehard; SCHUMANN, Uwe: Abschlussbericht Trendqualifikationen im Bereich der Nanotechnologie. Halle 2005

AGEMAR, Thorsten; LENTGE, Henning; HARTMANN, Hans-Jürgen: Weiterbildungsangebote Optische Technologien, Bestandsaufnahme und Analyse. Düsseldorf 2003

BARON, Waldemar; HEYBROCK, Eckhard; KORTE, Sabine: Aus-/Weiterbildung-Berufsausbildung in innovativen Technologiefeldern. In: VDI Z-Integrierte Produktion, 147 (2005) 6, S. 64

BITKOM: Wachstumskräfte stärken. Die Hightech-Agenda für die 17. Wahlperiode – 1. Auflage. 2009. - URL: http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM-Hightech-Agenda_2009.pdf (Stand: 10.11.2011)

BITKOM: Mitgliederübersicht BITKOM. 2011. - URL: <http://www.bitkom.org/de/mitglieder/2854.aspx> (Stand: 21.11.2011)

BMBF (BMBF): Duale Berufsausbildung in innovativen Technologiefeldern. Hochqualifizierte Fachkräfte für unsere Zukunft. Bonn, Berlin 2007a

BMBF: Optische Technologien. Wirtschaftliche Bedeutung in Deutschland. Bonn, Berlin 2007b

BMBF: Forschung und Innovation für Deutschland. Bilanz und Perspektiven. Bonn, Berlin 2009

BMBF (BMBF): Photonik Forschung Deutschland. Licht mit Zukunft. Bonn, Berlin 2011

BOTTS, Michael: Robotergeführtes Remote-Schweißen: Mit Abstand schnell und flexibel Schweißen. 2005. - URL: <http://www.innovations-report.de/html/berichte/verfahrenstechnologie/bericht-49403.html> (Stand: 18.11.11)

BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN GIEßEREIINDUSTRIE: Mittelstand mit Schlüsselfunktion. 2011. - URL: http://www.bdguss.de/de/rolle_bedeutung.html (Stand: 20.11.2011)

CEDEFOP: Skills need in Europe. Cedefop Panorama series 160. Luxembourg 2008

CUHLS, Kerstin; GANZ, Walter; WARNKE, Philine (CUHLS, Kerstin; GANZ, Walter; WARNKE, Philine): Foresight-Prozess im Auftrag des BMBF. etablierte Zukunftsfelder und ihre Zukunftsthemen. Karlsruhe, Stuttgart 2009

DIRSCH-WEIGANT, Andrea: IT-Fachkräfte durch Qualifizierung sichern. Bedarfsanalyse und Handlungsempfehlungen für den Softwarecluster. Darmstadt 2011

DOSI, Giovanni: The Research on Innovation Diffusion: An Assessment. In: NAKICENOVIC, NEBOJSA; GRÜBLER, ARNULF (Hrsg.): Diffusion of Technologies and Social Behavior. Berlin 1991

EßER, Gerd; SPUR, Günter; HARMS, Robert: Ergebnisse einer Expertenbefragung zum Management von Produktionsinnovationen. Berichte aus der INPRO-Innovationsakademie. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 3/2011 (2011), S. 105-110

FACHAGENTUR NACHWACHSENDER ROHSTOFFE E.V.: Lignin als nachwachsender Rohstoff für Elektronikbauteile. 2012. - URL: http://www.nachwachsenderrohstoffe.de/presseservice/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/archive/2012/february/article/lignin-als-nachwachsender-rohstoff-fuer-elektronikbauteile/?tx_ttnews%5Bday%5D=07&cHash=f575b541e0a09275aa63921da18035cf (Stand: 09.02.2012)

FISCHER, Friedhelm u.a.: Optische Technologien im Handwerk - Qualifizierungsangebot und Bedarf - Einschätzung aus Sicht von Anwenderbetrieben, Herstellerunternehmen, Bildungsträgern und Technologietransferstellen des Handwerks. Düsseldorf 2005

GABLER VERLAG, (HERAUSGEBER): Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: sekundärer Sektor. 2011. - URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/71517/sekundaerer-sektor-v5.html>

GENSICKE, Miriam; KUWAN, Helmut; MARTINETZ, Simone: Früherkennung von Qualifikationsentwicklungen durch Fallstudien und quantifizierende Befragungen - Das integrierte Forschungskonzept des ADeBar-Verfahrens. In: ABICHT, Lothar u.a. (Hrsg.): Auf der Suche nach neuen Qualifikationen. Bielefeld 2007

GESAMTMETALL: Betriebe und Beschäftigte nach Branchen 2010. 2011. - URL: <http://www.gesamtm Metall.de/gesamtmetall/meonline.nsf/Graph/cfbc170e048c5284c1256bba005165b5?OpenDocument&popup=1Gesamtm Metall> (Stand: 05.07.2011)

GIDION, Gerd u.a.: Spurensuche in der Arbeit – Ein Verfahren zur Erkundung künftiger Qualifikationserfordernisse. Bielefeld 2000

GREGERSEN, S. u.a.: Betriebliche Gesundheitsförderung durch Personalentwicklung Teil II: Praxistransfer eines Qualifizierungsprogramms zur Prävention psychischer Belastungen. In: Das Gesundheitswesen, 72 4, S. 216-221

GRIMM, Vera u.a.: Nanotechnologie: Innovationsmotor für den Standort Deutschland. Baden-Baden 2011

GRUNWALD, Armin: Hope- Hype- and Fear-Technologien. Einführung ins Schwerpunktthema. In: TAB Brief, Nr.39 (2011), S. 6-8

HAMMAN, Samir: Die Perspektive des Software-Clusters. In: GLOBISCH, Sabine u.a. (Hrsg.): Bildung für Innovationen - Innovationen in der Bildung. Die Rolle durchlässiger Bildungsangebote in Clusterstrukturen. Münster 2012

HAUSCHILDT, Jürgen: Innovationsmanagement. München 2004

HOFFSCHROER, Michael u.a.: Instrumentarium zur Dauerbeobachtung der betrieblichen Qualifikationsentwicklung unter Nutzung der Netzwerke der Wirtschaft - Methodischer Hintergrund, Konzept und bisherige Erfahrungen. In: ABICHT, Lothar u.a. (Hrsg.): Auf der Suche nach neuen Qualifikationen. Bielefeld 2007

HOLWEGLER, Bernhard: Implikationen der Technologiediffusion für technologische Arbeitslosigkeit. Stuttgart 2000

INFOCONOMY: ITG-Definition Informationstechnik (Informationstechnische Gesellschaft im VDE). 2007. - URL: <http://www.infoconomy.de/Informationstechnologie.84.0.html> (Stand: 22.03.12)

INNTEX INNOVATION NETZWERK TEXTIL E.V.: Innovationsreport Textil 2011. Chemnitz 2011

IW CONSULT GMBH: Branchenranking. Deutschlands Zukunftsbranchen. Empirische Bestandsaufnahme und Ableitung eines Rankings. Köln 2009

JORK, K.; SCHLAMP, S.: SALUS - Salutogenese-Screening. 2000

KAISER, Marius: Ein "Smart Grid" für Deutschland – Beitrag zum Klimaschutz? EN-Server Unabhängiges Magazin für Umweltpolitik. 2010. - URL: <http://www.ensaver.de/2010/07/ein-%e2%80%9esmart-grid%e2%80%9c-fur-deutschland-%e2%80%93-beitrag-zum-klimaschutz/> (Stand: 05.03.2012)

KLEINER, Michael: Berufswissenschaftliche Qualifikationsforschung im Kontext der Curriculumentwicklung. Hamburg 2004

LENKUNGSKREIS OPTISCHE TECHNOLOGIEN FÜR DAS 21. JAHRHUNDERT: Deutsche Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert. Potenziale, Trends und Erfordernisse. In: (Hrsg.): Düsseldorf 2000, S. IX.

LUDWIG, Joachim u.a. (LUDWIG, Joachim u.a.): Arbeitsforschung und Innovationsfähigkeit in Deutschland. München und Mering 2007

LUTHER, Wolfgang; MALANOWSKI, Norbert: Das wirtschaftliche Potential der Nanotechnologie. In: Technikfolgenabschätzung-Theorie und Praxis, Karlsruhe, 13 (2004) 2, S. 26-33

MAYER, Arnold: Optische Technologien. Wirtschaftliche Bedeutung in Deutschland - Aktualisierung 2010. Tägerwilen 2010

MÜLLER, Johannes: Grundlagen der Systematischen Heuristik Berlin 1970

NIETNER, Larissa: Batteriewechselsysteme für Elektromobilität. Wissenschaftliche Studie. Hochschule Konstanz 2011

ÖKOINSTITUT E.V.: Zukunft Elektromobilität? Potenziale und Umweltauswirkungen. Berlin 2012. - URL: <http://www.oeko.de/oekodoc/1348/2012-001-de.pdf> (Stand: 01.02.2012)

OPTECNET DEUTSCHLAND E.V.: Wege in die Zukunft - Berufschancen in den Optischen Technologien. Eine Sonderschau zu Berufsbildern der Optischen Technologien im Rahmen der Messe „LASER 2005. World of Photonics“ 13.-16. Juni 2005, München“. 2005. - URL: www.optecnet.de/download/optecnet-broschueren-flyer/BroschuereWegeindieZukunft

OPTECNET DEUTSCHLAND E.V.: Kompetenznetze optische Technologien. (2011a)

OPTECNET DEUTSCHLAND E.V.: Optecnet Studium. 2011b. - URL: <http://www.optecnet.de/jobsundbildung/Studienangebote> (Stand: 24.11.11)

PHOTONICS BW: Lehrberufe in den optischen Technologien in Baden Württemberg. 2011. - URL: <http://www.photonicsbw.de/jobs-und-bildung/ausbildung> (Stand: 10.12.2011)

PROI EUROPE: European Innovation Scoreboard 2008: Comparative Analysis of Innovation Performance. In: Pro-Inno Europe Paper, 15 (2009)

QUASCHNING, Volker: Wie viel Solarstrom brauchen wir? In: Sonne Wind & Wärme, 03/2011 (2011), S. 26-28

RAMMER, Christian u.a.: Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft 2010, Indikatorenbericht. Mannheim 2011

RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: Tagung vom 13./14. März 2008 in Brüssel. Schlussfolgerungen des Vorsitzes. 7652/1/08 REV1. Brüssel 2008. - URL: http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/de/ec/99429.pdf

RAUNER, Felix: Die Befähigung zur (Mit-)Gestaltung von Arbeit und Technik als Leitidee beruflicher Bildung. In: HEIDEGGER, Gerald; GERDS, Peter; WEISENBACH, Klaus (Hrsg.): Gestaltung von Arbeit und Technik. Ein Ziel beruflicher Bildung. Frankfurt am Main 1988, S. 32-51

RICHTER, Gabriele: Psychologische Bewertung von Arbeitsbedingungen. 2001

RICHTER, Peter; NEBEL, Claudia; WOLF, Sandra: Ressourcen in der Arbeitswelt - Replikationsstudie zur Struktur und zur Risikoprädiktion des SALSA-Verfahrens. In: Wirtschaftspsychologie, 8 (2006) 2-3, S. 14-21

ROPOHL, Günter: Allgemeine Technologie: eine Systemtheorie der Technik. Wien, München 1999

ROTHER, Franz W.; SEIWERT, Martin; REES, Jürgen: Elektromobilität. Energiewirtschaft hadert mit Umstellung auf Elektroautos. 2010. - URL: <http://www.wiwo.de/unternehmen/auto/elektromobilitaet-energiewirtschaft-hadert-mit-umstellung-auf-elektroautos/5639790.html> (Stand: 26.11.11)

SCHÖNMANN, Klaus (SCHÖNMANN, Klaus): Qualifikationen von morgen. Ein deutsch-französischer Dialog. Bielefeld 2001

SOLARSERVER: Gebäudeintegrierte Photovoltaik: Ein Nischenmarkt mit Perspektive. 2011a. - URL: <http://www.solarserver.de/solar-magazin/solar-report/gebäudeintegrierte-photovoltaik.html>, (Stand: 20.11.2011)

SOLARSERVER: Photovoltaik: Solarstrom und Solarzellen in Theorie und Praxis. 2011b. - URL: <http://www.solarserver.de/wissen/basiswissen/photovoltaik.html> (Stand: 28.11.2011)

STAHL-ONLINE: Stahl in Zahlen. 2011. - URL: http://www.stahl-online.de/Deutsch/Linke_Navigation/Stahl_in_Zahlen/index.php?highmain=4&highsub=0&highsubsub=0 (Stand: 20.11.11)

SUCHMANN, Lucy A: Plans and situated actions. The problem of human-machine communication. Cambridge 1987

T-SYSTEMS: Mehr Intelligenz im Stromnetz. 2011. - URL: <http://www.t-systems.de/tsip/de/144076/startseite/loesungen/branchen/uebersichtutilities/smartmetering-homemanagement> (Stand: 20.11.2011)

TBS, (TECHNOLOGIE STIFTUNG BERLIN): SWOT-Analyse Optische Technologien Deutschland. 2011. - URL: <http://www.tsb-optik.de/optische-technologien/swot-ot> (Stand: 17.11.11)

VAHS, Dietmar; BURMESTER, Ralf: Innovationsmanagement. Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung. 3. Auflage. Stuttgart 2005

WERLE, Raymund: Institutionelle Analyse technischer Innovation. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 57 (2005) 2, S. 308-332

WOLFFGRAMM, Horst: Allgemeine Technologie Teil 1 Hildesheim 1994

ZÄH, Michael F.: Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid Technologien. Anwender-Leitfaden zur Auswahl geeigneter Verfahren. München 2006