

Forschungsprojekt 4.1.301 (JFP 2011)

Diffusion von neuen Technologien – Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe

Projektbeschreibung

Dr. Monika Hackel

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
E-Mail: hackel@bibb.de

Bonn, 14. April 2011

www.bibb.de

Inhaltsverzeichnis

1. Abstract	2
2. Forschungsbegründende Angaben.....	3
2.1 Zuordnung zu den Themenschwerpunkten des BIBB.....	3
2.2 Problemdarstellung	4
2.3 Projektziele	5
2.4 Forschungsstand.....	7
2.5 Theoretische Basis.....	13
2.6 Forschungsfragen	18
2.7 Forschungshypothesen	19
2.8 Transfer.....	19
3. Konkretisierung des Vorgehens.....	20
3.1 Forschungsmethoden.....	20
3.2 Interne und externe Beratung.....	23
3.3 Dienstleistungen Dritter	23
3.4 Kooperationen.....	24
4. Projekt- und Meilensteinplanung.....	24
5. Literatur	26

1. Abstract

Neue Technologien, wie z. B. Nanotechnologie, erneuerbare Energien und Biotechnologie, 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, welchen Beitrag das Berufsbildungssystem leisten kann, um den Diffusionsprozess aktiv zu unterstützen. Im Besonderen ist zu klären, wie man Veränderungen der Qualifikationsbedarfe durch technische Innovationen frühzeitig erkennen und hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Berufsbildungssystem bewerten kann. Hier stellt sich auch die Frage, welche Konsequenzen für die Weiterentwicklung von Berufen aus der technologischen Entwicklung und den hierdurch hervorgerufenen Veränderungen in Tätigkeitssystemen resultieren. Vorliegende Studien zu diesem Themenfeld beziehen sich überwiegend auf einzelne Branchen sowie Unternehmen, die neue Technologien herstellen und verbreiten, sind also sektoral angelegt und aufgrund unterschiedlicher Herangehensweisen nur bedingt geeignet, eine Gesamtbewertung zu Umfang und Dynamik der Veränderung der Qualifikationsanforderungen durch neue Technologien abzuleiten.

Mit diesem Forschungsprojekt soll demgegenüber der Frage nachgegangen werden, wie die Bewertung von Innovationen und deren Diffusion systematisiert werden kann, um ggfs. die

Grundlagen für ein Technologiemonitoring mit einem berufspädagogischem Bezug zu schaffen. Grundlage ist die exemplarische und vergleichende Untersuchung von technologischen Diffusionsprozessen in verschiedenen Branchen des produzierenden Gewerbes, unter Berücksichtigung der damit verbundenen veränderten Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte der mittleren Qualifikationsebene. Die Untersuchung konzentriert sich nicht, wie die überwiegende Zahl der Studien in diesem Themenfeld, auf einzelne Technologiefelder oder einzelne Branchen, sondern auf durch technologische Diffusionsprozesse induzierte Veränderungen der Qualifikationsbedarfe im produzierenden Gewerbe. Im Rahmen einer systemischen Gesamtbetrachtung werden neben Produkt- und Prozessinnovationen auch induzierte Organisations- und Strukturinnovationen im direkt wertschöpfenden Bereich einbezogen werden. Aus den Forschungsergebnissen lassen sich Erkenntnisse für die Weiterentwicklung von Aus- und Fortbildungsberufen generieren und Aussagen zu Entwicklungsmöglichkeiten für Facharbeiter/-innen ableiten. Im Rahmen der Analyse werden die Daten dabei hinsichtlich der Tiefenstruktur von ausgewählten Tätigkeiten und den daraus resultierenden Anforderungen untersucht. Auch wenn im Rahmen des Projektes keine vollständige Analyse hinsichtlich der veränderten Anforderungen einzelner Berufe durchgeführt werden kann, sind diese Daten für die spätere Aufgabe der Berufs- und Curriculumentwicklung von hohem Nutzen.

Die Untersuchung dieser Fragestellungen unter Berücksichtigung der Breite und Tiefe von Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Diffusion neuer Technologien erfordert ein systemisches Analyseschema und ein triangulatives Forschungsdesign. Als Analyseschema bietet sich die Tätigkeitstheorie nach Engeström (1999a) zur Untersuchung von Veränderungsprozessen in Tätigkeitssystemen an. Das auf der Tätigkeitstheorie aufbauende methodische Konzept der Entwickelnden Arbeitsforschung (Engeström 2008) eignet sich besonders, um Veränderungen frühzeitig und im Hinblick auf ihre Gestaltungspotenziale aufzudecken. Im Projekt werden zunächst Branchenanalysen auf Basis von Sekundärdaten und ergänzenden Experteninterviews durchgeführt, um technische Innovations- und Diffusionsprozesse in den unterschiedlichen Tätigkeitsfeldern zu identifizieren und hinsichtlich ihrer Relevanz für berufswissenschaftliche Fragestellungen einzuordnen. Auf der Grundlage dieser Makrodaten zur Wirtschaft- und Beschäftigungssituation sowie zur Verbreitung von neuen Technologien im produzierenden Gewerbe werden exemplarische Fälle für betriebliche Fallstudien ausgewählt. Diese Fälle werden auf der Basis der Tätigkeitstheorie nach Engeström analysiert, wobei ein Analyseschwerpunkt auf vertiefende Aufgabenanalysen zu stark veränderten oder neuen Aufgabenprofilen gelegt werden soll. Die kommunikative Validierung der Daten erfolgt durch Workshops mit den Praktikerinnen und Praktikern vor Ort und mit Branchenexperten und -expertinnen aus den ausgewählten Branchen.

2. Forschungsbegründende Angaben

2.1 Zuordnung zu den Themenschwerpunkten des BIBB

Das beantragte Forschungsprojekt gehört zum Forschungsfeld „Qualifikationsentwicklung und Erwerbstätigkeit“ im Schwerpunkt „Ausbildungsmarkt und Beschäftigungssystem“. Im Projekt werden die Veränderungen bestehender Tätigkeitsfelder und die Genese neuer Tätigkeiten durch die Diffusion von neuen Technologien im produzierenden Gewerbe sowie die damit zusammenhängenden Qualifikationsanforderungen an die Fachkräfte auf der mittleren Qualifikationsebene analysiert. Die Untersuchung ergänzt die etablierte Qualifikationsentwicklungsforschung des BIBB. Durch die empirischen Befunde zu Struktur und Inhalten sowie zur Entwicklung der Facharbeit im Kontext der Diffusion neuer Technologien kann die Berufs- und Curriculumentwicklung empirisch gestützt werden.

2.2 Problemdarstellung

Innovationen gelten in einer Volkswirtschaft als Motor für Wachstum und Fortschritt. Sie spielen in einem ressourcenarmen Land wie Deutschland eine Schlüsselrolle zur Sicherung des sozialen und wirtschaftlichen Wohlstands. Von einer Innovation spricht man, wenn eine Erfindung eine wirtschaftliche Anwendung findet und sich am Markt durchsetzt. Neben der Erfindung (Invention) stellt im Rahmen des Innovationsprozesses die Verbreitung einer Innovation über ihr erstes Anwendungsfeld hinaus einen entscheidenden Faktor dar, damit eine Innovation diese Rolle als Wachstumsmotor tatsächlich erfüllen kann. Die letzte Phase des Innovationsprozesses, in dem sich die Innovation in einer Volkswirtschaft in unterschiedlichen und vielfältigen Anwendungsfeldern und oft auch in unterschiedlichen Ausprägungsformen verbreitet, wird als Diffusion bezeichnet. Der Diffusionsprozess kann also definiert werden als Prozess der „Verbreitung einer Innovation vom Innovator auf andere Standorte und Wirtschaftssubjekte.“ (Kramar 2005: 12)

In der Mikrosystemtechnik, der Nanotechnologie, der Werkstofftechnologie, der Produktionstechnik, den optischen Technologien sowie den Bio- und Lebenswissenschaften ist in den letzten Jahren eine rasante technologische Entwicklung zu beobachten, die – eine erfolgreiche Verbreitung der Innovationen vorausgesetzt - vermutlich zu einer Dynamik der Qualifikationsentwicklung führen wird. Es ist zu erwarten, dass sich die Anforderungen an bestehende Tätigkeiten im Industrie- und Dienstleistungssektor verändern und sich daraus auch eine Änderung des Bedarfs an qualifizierten Fachkräften ergibt (vergl. BMBF 2006a, 2007). Dies gilt besonders dann, wenn durch den Diffusionsprozess die gesamte Wertschöpfungskette betroffen ist (Verfahren, Prozesse oder Produkte entwickeln, konstruieren, herstellen, verbreiten, anwenden oder instand halten).

Die Früherkennung dieser neuen Qualifikationserfordernisse spielt eine wichtige Rolle, um Beschäftigungs- und Bildungssystem aufeinander abzustimmen. Nur wenn die künftig verlangten Qualifikationen rechtzeitig erkannt werden, können darauf bezogene Aus- und Weiterbildungsangebote frühzeitig angeboten und so der Bedarf nach qualifizierten Fachkräften gedeckt werden.

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 und Freikamp 2007a, Abicht u.a. 2006, Abicht und Lehner o.J., Abicht u.a. 2005, Agemar u.a. 2003, Baron u.a. 2005, Fischer u.a. 2005, Luther und Malanowski 2004a, 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 und der Auswirkungen dieses Prozesses auf die Organisation und Struktur von Tätigkeitssystemen sowie die daraus resultierenden Anforderungen an die Qualifi-

kation der Mitarbeiter/-innen und die Ausgestaltung der Berufsprofile wird im Rahmen der angeführten Studien nicht umfassend und eindeutig beantwortet. Durch den stetig fortschreitenden technologischen Wandel besteht auch weiterhin ein kontinuierlicher Forschungsbedarf in diesem Forschungsfeld.

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, Qualitätssicherungsverfahren, 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 derselben 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 u.a. 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. Diese Grundannahmen haben forschungspraktische Konsequenzen sowohl für die Untersuchung von Diffusionsprozessen neuer Technologien als auch für die Erhebung des Qualifizierungsbedarfs.

2.3 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 Kri-

terien 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.

Die Untersuchung ist dabei zunächst auf die Identifizierung von Produkt und Prozessinnovationen ausgerichtet, die aufgrund ihrer Veränderungspotenziale und des Umfangs und der Dynamik des durch sie beeinflussten Diffusionsprozesses, Auswirkungen auf Tätigkeitsfelder im produzierenden Gewerbe erwarten lassen. Anschließend sollen exemplarisch unterschiedliche technologische Diffusionsprozesse hinsichtlich der von ihnen hervorgerufenen Auswirkungen auf bestehende Tätigkeitsfelder, unter Berücksichtigung von Veränderungen der Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen, analysiert werden.

Auf der Grundlage von Sektoranalysen sollen Fallbeispiele ausgewählt werden, die sich für eine vergleichende Analyse von Diffusionsprozessen neuer Technologien ins produzierende Gewerbe hinsichtlich ihrer Auswirkung auf Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen eignen. Zum Zeitpunkt der Antragstellung erscheint eine Fokussierung auf Nanotechnologie, optische Technologien, Werkstofftechnik, Produktionstechnik und IK-Technologien vielversprechend, da diese Technologien unterschiedliche Ausprägungen von Produkt- und Prozessinnovationen abbilden und sich hier exemplarisch Diffusionsprozesse neuer Technologien auf einer breiten Basis analysieren lassen.

In einem weiteren Analyseschritt werden die durch Diffusionsprozesse resultierenden Veränderungen der Aufgaben- und Anforderungsstrukturen von Fachkräften und der damit verbundene veränderte Qualifikationsbedarf herausgearbeitet. Bei der Auswahl der zu untersuchenden Branchen wird der Fokus auf etablierte Wirtschaftszweige des produzierenden Gewerbes gelegt, die traditionell hohe Beschäftigtenzahlen auf der mittleren Qualifikationsebene aufweisen und die durch neue Technologien stark beeinflusst werden (z. B. Elektroindustrie, Fahrzeugtechnik, Maschinen- und Anlagenbau, Chemie-Pharmaindustrie). Mit diesen Daten sollen empirisch gestützte Erkenntnisse für die strukturelle und inhaltliche Gestaltung der Aus- und Weiterbildung generiert werden. Im Vordergrund steht der inhaltliche Qualifikationsbedarf, wobei erste Aussagen zum quantitativen Bedarf an Arbeitskräften möglich sind.

In der Datenerhebung werden die Qualifikationsebene der Facharbeit und deren Aufstiegsfunktionen (Techniker und Meister) sowie die betrieblichen Rahmenbedingungen zur Deckung des Bedarfes ermittelt. Durch die Erfassung von exemplarischen Aufgaben und deren Anforderungen wird ein wichtiges Ziel des Mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsprogramms 2009-2012 des BIBB berücksichtigt: „Im Hinblick auf die Gestaltung der Berufsbildung ergibt sich die Aufgabe, Kompetenzen zu erfassen, zu klassifizieren und berufstypische Zugänge zum Erwerb von Wissen und Erfahrungen zu entwickeln.“ (BIBB 2009: 22). Die Interpretation dieser betrieblichen Aufgaben im Hinblick auf Kompetenzen obliegt weiteren Forschungsprojekten.

Durch die deskriptive Beschreibung des Diffusionsprozesses werden Systemgrößen identifiziert und Indikatoren aufgedeckt die geeignet sind, um eine kontinuierliche Beobachtung der Auswirkungen technologischer Veränderungen im Hinblick auf qualifikatorische Fragestellungen durchzuführen. Durch ein solches Technologiemonitoring lassen sich die bestehenden Monitoringansätze des Bundesinstituts (Betriebsbefragungen, Stellenanzeigenanalysen, Inserentennachbefragungen, Modellrechnungen etc.). sinnvoll ergänzen. Durch das Projekt

werden somit Grundlagen für die künftige Gestaltung des Berufsbildungssystems geschaffen und Erkenntnisse für zukünftige ordnungspolitische Aufgaben gewonnen.

2.4 Forschungsstand

Die Darstellung des Forschungsstandes erfolgt in Bezug auf die Fragestellung unter mehreren Perspektiven.

1. Allgemeiner Forschungsstand zum Thema Diffusion neuer Technologien
2. Analyse von Technologietrends anhand der bestehenden Förderprogramme sowie übergeordneter politischer Zielsetzungen (Energieeffizienz, Nachhaltigkeit) des Bundes
3. Analyse des Forschungsstands im Bereich der Berufsbildungsforschung zum Themenfeld neue Technologien

Im Folgenden wird eine erste Standortbestimmung zu diesen Themenfeldern vorgenommen.

Zu 1. Allgemeiner Forschungsstand zum Thema Diffusion neuer Technologien: Zunächst müssen Studien und Befunde zur Expansion und Diffusion von neuen Technologien betrachtet werden, diese sind in der Regel auf ökonomische Fragestellungen ausgerichtet und vernachlässigen den Bereich der beruflichen Bildung. Es ist zu klären, welche Aspekte dieser Arbeiten für eine spezifische berufspädagogische Betrachtung hilfreich sein können. Folgende Ansätze erscheinen hier von Interesse:

- Arbeiten auf der Grundlage von Diffusionstheorien (Hauschildt und Salomo 2007, Rogers 1995) klassifizieren den Diffusionsprozess und seine Entwicklungsstufen. Die Berücksichtigung dieser Erkenntnisse erscheint auch im Hinblick auf eine berufspädagogische Einordnung des Diffusionsprozesses hilfreich.
- Studien, die sich mit der frühzeitigen Identifikation von Markttrends befassen (Moore 2000, Slater und Mohr 2006, Von Hippel 1986, 1988), leiten aus Diffusionsprozessen Marketingstrategien ab. Es ist zu klären, ob sich hieraus auch Strategien für die frühzeitige Identifikation von Qualifizierungsbedarf ableiten lassen.

Zu 2. Analyse von Technologietrends anhand der Förderprogramme des Bundes: Förder- oder Forschungsprogramme zielen in der Regel auf die Entwicklung und Verbreitung von neuen Technologien. Beispielsweise erfolgt im Programm „Optische Technologien“ die Entwicklung und Produktion neuer Basistechnologien (z. B. Laser, Sensoren, Bauelemente) sowie deren Implementierung in Produkte und Verfahren der Wachstumsbranchen Informations-, Energie-, Umwelt-, Produktions- und Medizintechnik. Bei einigen dieser Forschungs- und Rahmenprogramme sind neben einer technologischen Innovationsförderung auch explizit Bildungsfragen Bestandteil der Programme, sodass eine Unterstützung von Aus- und Weiterbildungsaktivitäten in Praxis und Wissenschaft erfolgt. Verstärkt rückt zudem auch der Aspekt der Konvergenz von Technologien (Coenen 2008, EU HLEG FBZW 2004) in den Blick. Damit ist die Berücksichtigung und Nutzung unterschiedlicher Technologien zur Lösung komplexer Aufgabenstellungen gemeint. Unter diesem Gesichtspunkt sind besonders die Integration von Nanotechnologie, Mikrosystemtechnik, Biotechnologie und IKT zu nennen.

Die folgende Auflistung nennt Beispiele für Förder- und Forschungsprogramme, die in Bezug auf das Projekt von Interesse sind:¹

¹ Das BIBB hat einige forschungsvorbereitende Arbeiten im Bereich neue Technologien durchgeführt (z. B. Optische Technologien; Mikrosystemtechnik), um Erkenntnisse zur Entwicklung von bedarfsgerechten Angeboten an Aus- und Fortbildungsberufen in diesen Feldern zu unterstützen. Die Schlussfolgerungen in Bezug auf die Berufsentwicklung aus den aufgeführten Programmen sind nicht eindeutig.

- Das Rahmenprogramm „Mikrosysteme“, welches insbesondere die Vernetzung zwischen Einrichtungen der Forschung und Entwicklung, Herstellern und Anwendern (besonders KMU) von Mikrosystemtechnik sowie die Verbesserung der technologischen und strukturellen Basis fördert (Laufzeit von 2004 bis 2009 mit einem Fördervolumen von ca. 260 Mio. Euro).
- Das Förderprogramm „Optische Technologien“, welches auf das Erschließen wissenschaftlich-technischer Grundlagen, die Stärkung von Innovationskraft und internationaler Wettbewerbsfähigkeit sowie die Unterstützung von Aus- und Weiterbildung in diesem Technikfeld zielt (Laufzeit von 2002 bis 2006 mit einer Förderung von ca. 280 Millionen Euro bzw. bis 2012 mit etwa 80 Millionen Euro jährlich).
- Die „Nano-Initiative – Aktionsplan 2010“ mit dem die Bundesregierung einen Maßnahmenkatalog zur Entwicklung und Ausbreitung von Nanotechnologie beabsichtigt. Schwerpunkte sind u.a. die Automobilbranche, die optische Industrie, die Pharma- und Medizintechnik sowie die Elektronik.
- Das Rahmenprogramm „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING“, bei dem die Werkstoffentwicklung und werkstoffbasierte Produktentwicklung unter Berücksichtigung des gesellschaftlichen Bedarfs und der Nachhaltigkeit gestärkt werden soll (Laufzeit von 2004 bis 2009 mit einem Fördervolumen von ca. 260 Mio. Euro).
- Das Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ mit den vier Handlungsfeldern Marktorientierung, Produktplanung, Dienstleistungen; Technologien und Produktionsausrüstungen; Zusammenarbeit produzierender Unternehmen sowie Mensch und wandlungsfähiges Unternehmen. Gefördert werden dabei Forschungsvorhaben, die geeignet sind, innovative Produktionsstrategien zu entwickeln (insbesondere für mittelständische Unternehmen).
- Das offene Forschungsprogramm IKT 2020 im Rahmen der Hightech-Strategie fördert Projekte in verschiedenen Anwendungsfeldern und Branchen (IKT-Wirtschaft, Automobil, Maschinenbau und Automatisierung, Gesundheit und Medizintechnik, Logistik und Dienstleistungen sowie Energie und Umwelt [Laufzeit bis 2011 mit einer Förderung von ca. 1,5 Milliarden Euro]).
- Der Förderschwerpunkt Entwicklung konvergenter IKT/Multimedia hat besonders die Entwicklung und pilothafte Erprobung neuartiger IKT-basierter Anwendungen zum Gegenstand, denen ein hohes Transferpotenzial, besonders für KMU, zugeschrieben wird. Die Projektinhalte reichen von der Entwicklung und Erprobung eines intelligenten IKT-basierten Energiesystems der Zukunft (Internet der Energie), über Technologieanwendungen im Bereich neuer internetbasierter Wissensinfrastrukturen (Internet der Dienste) bis hin zu einer Vernetzung von intelligenten Objekten (Internet der Dinge) sowie sicheren mobilen Anwendungen (mobiles Internet) und 3D-Simulationen und -Visualisierungen.
- Das „Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ (NIP) des Bundes fördert industrielle Forschung und experimentelle Entwicklung dieser Technologien, um deren Marktreife herbeizuführen. In diesem Programm werden bestehende Maßnahmen der Bundesregierung (z. B. 5. Energieprogramm) und neue Maßnahmen (z. B. Marktvorbereitungsaktivitäten des BMVBS) koordiniert und aufeinander abgestimmt (Laufzeit: 2008 bis 2016; 200 Mio. Euro Förderung aus Schwerpunkt FuE BMWi, 500 Mio. Euro Förderung aus Schwerpunkt Erprobung BMVBS und 700 Mio. Euro Eigenbeitrag der Industrie).
- Im Bereich der Elektromobilität liegt der Förderschwerpunkt auf zwei Schlüsselthemen: die Batterie als das Herzstück künftiger marktfähiger Elektromobile sowie die Entwicklung

neuer Systemansätze für Elektrofahrzeuge, insbesondere unter dem Aspekt Energieeffizienz, Sicherheit und Zuverlässigkeit. Deshalb fördert das BMBF die Innovationsallianz "Lithium Ionen Batterie LIB 2015" mit 60 Millionen Euro. Ein Industriekonsortium unter Beteiligung von BASF, BOSCH, EVONIK, LiTec und VW hat zugesagt, weitere 360 Millionen Euro zu investieren. Das vom BMBF geförderte Projekt "ePerformance", an dem auch Unternehmen wie Audi, Bosch, RWTH Aachen beteiligt sind, arbeitet an der Entwicklung eines grundlegend neuen Fahrzeugkonzepts für Elektrofahrzeuge.

Zu 3. Analyse des Forschungsstands im Bereich der Berufsbildungsforschung zum Themenfeld neue Technologien: Wissenschaftliche Arbeiten im Zusammenhang mit der Einführung neuer Technologien, die einen direkten berufspädagogischen Bezug aufweisen, sind hinsichtlich der Fragestellungen, der theoretisch methodischen Ausrichtung und den Ergebnissen sehr heterogen. Dies verdeutlichen die folgenden Beispiele.

- In der Expertendiskussion wird angenommen, dass die Expansion und Diffusion von neuen Technologien sowie sozio-ökonomische Entwicklungen zu Veränderungen der Erwerbsarbeit führen. Hierdurch ändern sich bestehende betriebliche Aufgaben und Prozesse in struktureller, inhaltlicher und raum-zeitlicher Perspektive. Einige Modelle auf der Grundlage des task-based approach nehmen an, dass manche Aufgaben durch Technologien ersetzt werden können. So geht die skill-biased technological change hypothesis (vergl. Autor u.a. 2003, Gathmann und Schönberg 2010, Möller und Paulus 2010) davon aus, dass technologische Innovationen dazu führen, dass vor allem einfache und permanente Aufgaben durch Technologien ersetzt werden, aber die Nachfrage nach Hochqualifizierten steigen wird (vergl. Autor u.a. 2003). Andere Studien zeigen, dass neue Aufgabenfelder auf unterschiedlichen Qualifikationsebenen entstehen können. Aufgrund der grundlegenden Informatisierung von Arbeit und der Transformation zur Wissensgesellschaft wird prognostiziert, dass es auf der Nachfrageseite an Arbeitskräften einen allgemeinen Trend zur Höherqualifizierung gibt, wie z. B. Tätigkeitsprojektionen vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung belegen (vergl. z. B. Dostal und Reinberg 1999, Schnur und Zinka 2007).² Böhle (2008) stellt in diesem Zusammenhang die These auf, dass der Wert von Facharbeit in ihrem besonderen Erfahrungswissen begründet ist. Anspruchsvolle Aufgaben für Facharbeit entstehen danach an der Grenze der technisch-wissenschaftlichen Beherrschung von Produktionsabläufen, die sich u.a. auf Qualitätsunterschiede sowie Verschleißerscheinungen und Funktionsstörungen von Überwachungs- und Steuerungssystemen auswirkt. Für das verarbeitende Gewerbe identifizieren Kowalewski und Stiller (2009) einen Strukturwandel, der mit einer Stärkung wissensintensiver Wirtschaftszweige verbunden ist, in denen auch zukünftig qualifiziertes Personal benötigt werden wird.

Die Analyse der aus diesen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Entwicklungen resultierenden Effekte auf die Beschäftigung und die Qualifikationsentwicklung wird in Europa als wissenschaftliche und politische Aufgabe betrachtet. Die von der Europäischen Kommission gestartete Initiative „New skills for new jobs“ verfolgt das Ziel mittelfristige Prognosen des Qualifikationsbedarfs bis 2015/2020 zu erstellen. In den Vorhaben „Future skill needs in Europe“ und „Skill needs in Europe. Focus on 2020“ wurden bereits Berichte vorgelegt, die sich auf die künftige Nachfrage nach Qualifikationen in einer Reihe ausgewählter Wirtschaftssektoren beziehen. Die quantitativ angelegte Analyse lässt vermuten, dass eine verstärkte Nachfrage nach höheren und grundlegenden Qualifikationen besteht. Erste Ergebnisse weisen ebenfalls darauf hin, dass nicht nur hinsichtlich anspruchsvoller Tätigkeiten und erhöhter Qualifikationsanforderungen, sondern auch bei be-

² Im dualen System zeigt sich dieser Trend bei wissensintensiven Ausbildungsberufen, bei welchen die Quote der Auszubildenden mit Hochschulreife überdurchschnittlich hoch ist (Hall 2002).

stimmten einfachen Tätigkeiten ein weiterer Forschungsbedarf besteht (vergl. Dworschak und Zaiser 2008).

- In einem Verbundprojekt wurde eine exemplarische Untersuchung zur Identifizierung von Tätigkeiten der mittleren Ebene am Beispiel ausgewählter Wirtschaftsbereiche durchgeführt (Abicht und Lehner o.J.)³. Dabei wurde u.a. untersucht, ob sich im Zuge von Produkt- und Prozessinnovationen neue Arbeitsstrukturen und neue Tätigkeiten und Aufgaben auf der intermediären Ebene der Facharbeiter/-innen herausbilden. Die Autoren stellen fest, dass Verschiebungen von komplexen Aufgaben auf die mittlere Ebene zu beobachten sind und dass diese Aufgaben starke Innovations- und Wissensbezüge aufweisen (vergl. ebd.). Dieser Befund steht konträr zu der verbreiteten Akademisierungsthese. Parallel zum Trend der formalen Höherqualifizierung ist ein Trend der Verlagerung anspruchsvoller und komplexer Aufgaben in den direkt wertschöpfenden Bereich zu beobachten. Diese Anreicherung von Aufgaben, die durch neue Technologien, flexiblere Produktionssysteme und Organisationsformen sowie Qualitätssysteme verursacht werden, gilt mittlerweile auch für den Bereich der „einfachen Arbeit“. Angelernte Tätigkeiten in der Fertigung und Montage erreichen heute oft das Niveau von Facharbeit (Bauer u.a. 2007). Auch diese Befunde widersprechen einer einseitigen Interpretation der *skill-biased technological change hypothesis* im Sinne der Akademisierungsthese. Folgerichtig konstatieren Abicht und Lehner, dass sich aus der von ihnen vorgelegten Untersuchung noch keine deutlichen Erkenntnisse zum formalen Qualifizierungsbedarf ableiten lassen. „Manche Ergebnisse der Untersuchung sind eher Hypothesen als Feststellungen. Sie bedürfen einer vertieften Analyse.“ (Abicht und Lehner o.J.).
- In quantitativer Hinsicht sehen verschiedene Wirtschaftsprognosen bei allen neuen Technologien ein großes Entwicklungspotenzial. Das VDI-Technologiezentrum, das Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung (isw) und andere Institutionen haben mehrere Studien zur Qualifikationsentwicklung in verschiedenen Branchen, wie der Nanotechnologie, den Optischen Technologien, den Bio- und Lebenswissenschaften und anderen Feldern vorgelegt (Abicht 2008, Abicht und Freikamp 2007b, Abicht u.a. 2006, Abicht und Lehner o.J., Abicht u.a. 2004a, 2004b, Abicht u.a. 2005, Baron 2004, Baron u.a. 2005, Fischer u.a. 2005, Luther und Malanowski 2004b, Novello von Bescherer 2004). Studien⁴ im Bereich der Nanotechnologie zeigen, dass hier steigende Umsätze in einer Größenordnung von bis zu einer Billion Euro weltweit erwartet werden. Eine Hochrechnung auf der Basis einer Unternehmensbefragung des VDI TZ (BMBF 2009: 58) ergab für Deutschland eine Gesamtzahl von 740 Nanounternehmen, von denen ca. 50% als sogenannte Kernunternehmen der Nanotechnologie bezeichnet wurden. Bei diesen 370 Unternehmen werden 60% der Geschäftsaktivitäten durch Nanotechnologie bestimmt. Bei den anderen Unternehmen handelt es sich um Großunternehmen und mittelständische Unternehmen aus klassischen Industriebranchen, bei denen die Nanotechnologie eine ergänzende Nebenaktivität darstellt. Eine Prognose geht davon aus, dass die Zahl der Beschäftigten von 27.300 (Stand 2008) in den deutschen Nanotechnologieunternehmen mit bis zu 500 Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen bis auf 35.890 Mitarbeiter/-innen im Jahr 2010 (+31 %) und auf 43.200 Mitarbeiter/-innen (+58%) im Jahr 2013 steigen wird (Abicht 2008). Ferner wird von ca. 114.000 indirekt Beschäftigten in diesem Feld ausgegangen. Bis 2015 wird prognostiziert, dass fast jeder Industriebereich durch diese Schlüsseltechnologie beeinflusst wird (Luther und Malanowski 2004b). Hierbei ist davon auszugehen, dass durch das Zusammenwirken von Technologie

³ Im Hinblick auf das geplante Projekt sind hier vor allem die Ergebnisse aus dem Bereich der Medizintechnik und der Nanotechnologie von Interesse.

⁴ Das isw hat von 2002 bis 2005 ein Projekt zur Ermittlung der Qualifikationsentwicklung im gewerblich-technischem Bereich in der Nanotechnologie in Deutschland durchgeführt.

und bestehenden Qualifikationsstrukturen unterschiedliche Effekte ausgelöst werden (Windelband u.a. 2008). Dieser Sachverhalt verdeutlicht, dass der Einfluss von Nanotechnologie im produzierenden Gewerbe umfassender untersucht werden sollte. In Europa liegt ebenfalls eine Studie mit quantitativen Aussagen zu Personalbedarfsentwicklungen vor. Das europäische Netzwerk zur Nanotechnologie „Nanoforum“ führte im Jahr 2004, zusammen mit der Europäischen Kommission, eine Onlinebefragung zu Entwicklungen in der Nanowissenschaft und -technologie (N&N) durch, an der sich 720 Personen aus 32 europäischen Ländern beteiligten. Dabei wurde die Entwicklung der Humanressourcen als eine Priorität identifiziert und ein dringender Bedarf an Aus- und Weiterbildung für die Nanotechnologie geäußert (Malsch und Oud 2004). Allerdings ist unklar, für welche Bildungsbereiche (berufliche Bildung oder spezialisierte Studiengänge) dieser Bedarf besteht. Auch im Bereich der Optischen Technologien wird ein erhöhter Bedarf an Fachkräften auf allen Ebenen prognostiziert (BMBF 2006b). Eine Hochschätzung auf Basis einer Unternehmensbefragung ergibt eine Steigerung des Personalbestands in kleineren und mittleren Unternehmen von 27.3000 Beschäftigten im Jahr 2004 auf etwa 51.000 Beschäftigte im Jahr 2010 (vgl. Abicht 2004). In anderen aktuellen Vergleichsstudien (vergl. Mayer 2010) bestätigten sich die für Deutschland erwarteten Beschäftigungszuwächse und wurden zum Teil sogar übertroffen. Selbst die Wirtschaftskrise hat 2009 nur zu einem geringfügigen Rückgang der Beschäftigtenzahlen gegenüber den Prognosen geführt.

- Das isw hat zur Analyse von Trendqualifikationen eine eigene Methode, das sogenannte Branchenscouting entwickelt (Abicht u.a. 1999)⁵. In der isw-Studie wurden für fünf Nanobereiche (Nanoanalytik, -chemie, -biotechnologie, -optik und -elektronik) 14 clusterspezifische und vier Cluster übergreifende Qualifikationsprofile entwickelt und als Handlungsempfehlungen für die nanotechnologisch orientierte Aus- und Weiterbildung bereitgestellt (vergl. ABICHT et al. 2005). In Bezug auf die Berufs- und Curriculumentwicklung wird jedoch eingeräumt, dass die erstellten Qualifikationsprofile nicht den Anspruch haben neue Berufsprofile zu repräsentieren. Sie hätten vielmehr das Ziel, auf die aus der Entwicklung der Nanotechnologie abgeleiteten Anforderungen aufmerksam zu machen und Vorschläge für deren Umsetzung in der Bildungspraxis zu unterbreiten (Schumann 2008). In einer weiteren Studie wurde der Weiterbildungsbedarf in Nanotechnologieunternehmen untersucht (Abicht 2008)⁶. Der Autor stellt fest, dass aufgrund der hohen Innovations- und Wachstumsorientierung in den Unternehmen der Nanotechnologie – unabhängig von der Größe des Unternehmens – zukünftig ein großer Personalbedarf besteht. Dieser Personalbedarf korrespondiert mit einem permanenten Bedarf an Weiterbildung auf allen Ebenen (Akademiker/-innen und Facharbeiter/-innen), wobei der Bedarf im Bereich der Akademiker/-innen quantitativ höher eingeschätzt wird als auf Facharbeiterebene. Nach dieser Studie besteht der größte Bedarf im Bereich der überfachlichen Kompetenzen sowie bei natur- und technikwissenschaftlichen Kompetenzen.⁷ Insgesamt liegen wichtige Befunde in Bezug auf den

⁵ Das Branchenscouting dient dem Erkennen und Bewerten von innovativen Qualifikationsanforderungen und erfolgt auf fünf Ebenen bzw. in fünf Schritten. Im gesellschaftlichen System werden Trends mit einem Einfluss auf betriebliche Innovationsprozesse und Qualifikationsentwicklungen erfasst. Auf der nächsten Ebene, der betrieblichen Systeme, werden besonders innovative Unternehmen, die sogenannten Trendsetter oder Schlüssellieferanten im untersuchten Bereich identifiziert und analysiert. Im dritten Schritt wird die Ebene der Arbeitssysteme in diesen Unternehmen und Einrichtungen untersucht. In diesen Arbeitsbereichen erfolgt dann die Untersuchung von Tätigkeitssystemen, die von einem oder mehreren Beschäftigten erfüllt werden. Schließlich werden auf der Ebene des Berufssystems innovative Tätigkeitsanforderungen einzelner Beschäftigter erfasst (vergl. Abicht und Freikamp 2007a, Schumann 2008).

⁶ Die Untersuchung erfolgt mittels eines Fragebogen, den 194 von 567 Nanotechnologie-Unternehmen beantwortet haben (Rücklaufquote 34 %).

⁷ Folgende Weiterbildungsschwerpunkte wurden genannt: Projektmanagement (70 %), F&E-Management (67 %), Materialwissenschaften (66%), Englisch (49 %), fachübergreifendes Denken (48 %), Physik (45 %) und Chemie (43 %). Für den Bereich Herstellung fokussiert sich der Weiterbildungsbedarf auf Verarbeitung (Funktionalisierung) von Nanopartikeln (37 %), physikalische Beschichtungsverfahren PVD, MOPVP, Sputtern (34 %), chemi-

Personal- sowie Bildungsbedarf im Bereich der Nanotechnologie vor, die auch Fragen der Gestaltung von Ausbildungsberufen tangieren.

- Studien auf der Basis der Tätigkeitstheorie befassen sich mit der Bewältigung von Veränderungsprozessen, die durch den kontinuierlichen gesellschaftlichen und technologischen Wandel hervorgerufen werden. Einige der vorliegenden Studien befassen sich mit der Einführung neuer Technologien (Hackel 2011, Hasu 2000, Kerosuo u.a. 2010, Pihlaja 2005) und behandeln Fragen der qualitativen Veränderungen von Tätigkeitssystemen und deren Konsequenzen für organisationale und berufliche Bildungsprozesse.

Die Bewertung und Interpretation der Datenlage durch die Akteure im Feld der Berufsbildung macht deutlich, dass eine solche Bewertung auch auf Basis strategischer und politischer Entscheidungsgrundlagen vorgenommen wird. So sieht das Aus- und Weiterbildungsnetzwerk in der Mikrosystemtechnik (AWNENT) bislang noch keinen Bedarf an einer neuen Erstausbildung zur Nanotechnologie (AWNENT 2006). Auch wenn insgesamt ein steigender Bedarf an Fachkräften im intermediären Bereich konstatiert wird, präferiert das AWNET eine Weiterentwicklung des Mikrotechnologen/der Mikrotechnologin, der nach Meinung von AWNET eine gute Basis für andere Hochtechnologiebereiche bildet. Experten und Expertinnen beurteilen die gegenwärtige Ausbildungsordnung als ausreichend und flexibel, da sie eine Integration neuer nanotechnologischer Inhalte ermöglicht. Allerdings wird auch eingeräumt, dass es Inhalte der Nanotechnologie (z. B. Viskosimetrie, Chromatographie, Synthese von Nanopartikeln) gibt, die nicht in der Ausbildungsordnung des Mikrotechnologen/der Mikrotechnologin berücksichtigt sind. Ferner wird auf den Ausbau von betrieblichen Entwicklungsmöglichkeiten (Fortbildungsberufe) hingewiesen und eine bessere Verzahnung mit der Hochschulbildung gefordert.

Die Bewertungen vorliegender Befunde in Bezug auf die Ausbildung innerhalb optischer Technologien sind kontrovers. Das BMBF konstatiert für den Bereich Optische Technologien einen gewissen Entwicklungsbedarf an neuen spezifischen Berufsbildern: „Die Nachfrage nach qualifizierten Mitarbeitern wird für die nächsten Jahre in Deutschland zunehmen. Einschlägige Aus- und Weiterbildungsangebote sollen auf allen Bildungsebenen ansetzen, damit zusätzliche, gut ausgebildete Fachkräfte die Unternehmen in der anstehenden Wachstumsphase unterstützen.“ (BMBF 2002, S. 11). Das BIBB hat eine Vorstudie im Bereich Optische Technologien durchgeführt und mit Experten und Expertinnen Ansätze für konkrete innovationsunterstützende Maßnahmen in der beruflichen Bildung diskutiert. Damals wurde nach vorliegenden Erkenntnissen im Feld der Optischen Technologien kein Bedarf für einen speziellen Ausbildungsberuf gesehen (vgl. Blötz/Tillmann 2005).

Eine umfassende Einordnung des vorliegenden Forschungsstandes kann an dieser Stelle noch nicht vorgenommen werden. Die systematische Darstellung der Ergebnisse der angeführten Programme und vorliegenden Studien mit ihren Implikationen für die Gestaltung der Berufsbildung, insbesondere für die Entwicklung und Modernisierung von Ausbildungsberufen, ist Bestandteil der Sekundäranalyse in der ersten Projektphase.

Fazit: Die erste Auswertung vorliegender Studien und deren Befunde verweist auf einen weiteren Forschungsbedarf im Feld der Anforderungen und Entwicklung von Qualifikationen im Hochtechnologiebereich. Die vorliegenden empirischen Studien bilden nur einen Ausschnitt aus dem produzierenden Gewerbe, da nur Unternehmen befragt worden sind, die solche Technologien herstellen und verbreiten oder Einrichtungen der Forschung und Entwicklung (z. B. im Bereich der Nanotechnologie). Da davon auszugehen ist, dass viele neue Technologien Querschnittstechnologien darstellen, die auch in andere Wirtschaftszweige und Branchen dif-

sche Verfahren CVD, PECVD, MOCVD (30 %), Sol-Gel-Verfahren (28 %) und Nanopartikelsynthesen (25 %). Im Bereich Charakterisierung und Analyse werden Weiterbildungsschwerpunkte auf den Gebieten Rastermikroskopie (43 %), Partikelgrößenmessung, PCS (36 %) und optische Mikroskopie (33 %) gesehen.

fundieren, sollte der Qualifikationsbedarf auch verstärkt unter diesem Gesichtspunkt untersucht werden.

Im europäischen Raum wird ebenfalls ein weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf gesehen, wie folgende Forderung von Teilnehmern und Teilnehmerinnen auf einer europäischen Tagung zum Ausdruck bringt:

„Participants agreed that an effort should be made to develop a road map for new skill needs in close collaboration with industry, science and education. This could help establish a system for technology monitoring and identifying occupational profiles, complemented by regular surveys and data collection.“ (CEDEFOP 2006, S. 2)

Diesen Bedarf belegt auch die Schlussfolgerung der Europäischen Kommission auf der Tagung des Europäischen Rates vom März 2008. Dort wird eingefordert, „in Anbetracht des zunehmenden Fachkräftemangels in verschiedenen Wirtschaftszweigen [...], unter Berücksichtigung der Auswirkungen des technologischen Wandels und der Bevölkerungsalterung eine umfassende Einschätzung der künftigen Qualifikationserfordernisse in Europa bis zum Jahr 2020 vorzunehmen und Maßnahmen zur frühzeitigen Erkennung des künftigen Bedarfs vorzuschlagen.“ (Dworschak/Zaiser 2008, S. 10)

2.5 Theoretische Basis

Als theoretische Basis für diese empirische Untersuchung wird die Cultural Historical Activity Theory CHAT (Engeström 1999b, 2008) herangezogen. Durch den Rückgriff auf diesen, im Folgenden als Tätigkeitstheorie bezeichneten Ansatz wird eine systemische Betrachtung der zu untersuchenden Fragestellung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Systemebenen erreicht. Eine tätigkeitstheoretische Analyse baut auf fünf grundlegenden Prinzipien auf (Engeström 1987: 67):

- Das Strukturmodell menschlicher Tätigkeit als zentralem Analysefokus. Hier werden Tätigkeitssysteme in Bezug auf ihre Elemente, Relationen und Prozesse geordnet und Ansatzpunkte für Widerstände innerhalb und zwischen Tätigkeitssystemen aufgedeckt.
- Das Prinzip der Historizität betrachtet Tätigkeiten vor ihrem sozio-kulturellen Hintergrund.
- Das Prinzip der Vielstimmigkeit besagt, dass unterschiedliche Akteure und Gruppen von Akteuren auf Tätigkeitssysteme Einfluss nehmen.
- Das Prinzip der Berücksichtigung von Widerständen als zentralem Lerngegenstand im Veränderungsprozess ermöglicht die Einordnung von Veränderungen hinsichtlich ihrer Relevanz für die Weiterentwicklung von Tätigkeitssystemen.
- Das Prinzip der Möglichkeit der expansiven Erweiterung von Tätigkeitssystemen geht davon aus, dass durch Reflexion und Diskurs Veränderungsprozesse aktiv gestaltet werden können.

Die Tätigkeitstheorie bietet mit dem Modell der Tätigkeit ein Analysemodell von Vergangenheit, Gegenwart und antizipierter Zukunft und bietet einen geeigneten Rahmen zur Untersuchung von Veränderungsprozessen in sozio-technischen Systemen der Arbeitswelt aus pädagogischer Perspektive (Hackel 2011). Das Modell der Tätigkeit stellt nach Engeström die kleinste sinnvoll zu analysierende Einheit arbeitsteiliger Prozesse dar. Das Modell ist in Abbildung 1 dargestellt und wird im Folgenden kurz erläutert.

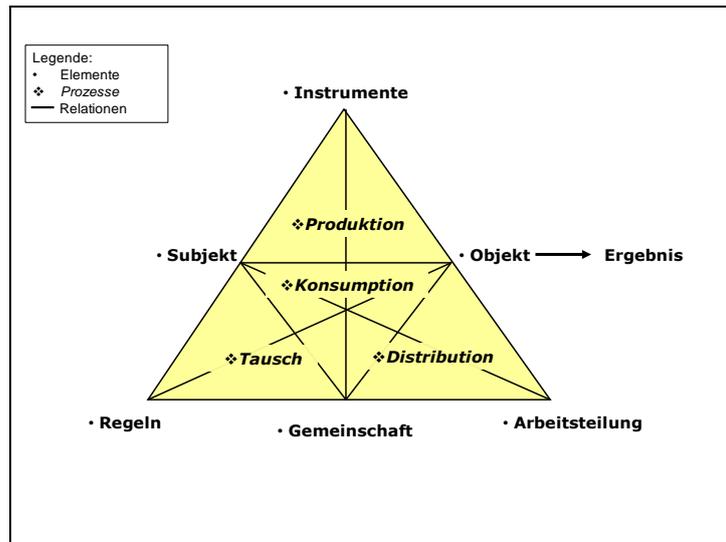


Abbildung 1: Strukturmodell menschlicher Tätigkeit (Engeström 1999b: 91)

Das Tätigkeitssystem als kleinste sinnvoll zu analysierende Strukturform kollektiver menschlicher Arbeitsprozesse ermöglicht die Analyse von Dynamiken und Prozessen innerhalb und zwischen Tätigkeitssystemen und berücksichtigt dabei auch die historische Bedingtheit von Arbeitsprozessen als kulturellem Phänomen. Das Modell beinhaltet die Elemente der Tätigkeit, die in Relationen zueinander stehen und durch intermediär vermittelte Prozesse auf das Objekt der Tätigkeit einwirken. Das Objekt der Tätigkeit, welches in das gewünschte Ergebnis der Tätigkeit umgeformt wird, gilt als zentrales Element zur Definition eines Tätigkeitssystems. Jedes Tätigkeitssystem enthält nur ein Objekt der Tätigkeit, auf welches die Subjekte des Tätigkeitssystems motivational ausgerichtet sind und durch welches die einzelnen Handlungen und Operationen im Tätigkeitssystem grundsätzlich bestimmt werden. Diesen Prozess nennt Engeström Produktion. Um das Objekt in der gewünschten Weise zum Ergebnis der Tätigkeit umzuformen, arbeiten unterschiedliche gesellschaftliche Gruppen, im Modell als Gemeinschaft bezeichnet, arbeitsteilig zusammen. Sie benutzen zu diesem Zweck Instrumente (Materialien, Werkzeuge, Sprache, Symbole), um das Objekt in der gewünschten Form umzugestalten. Regeln bestimmen sowohl die Austausch- und Verteilungsprozesse der Subjekte in Gemeinschaft und Arbeitsteilung als auch den Umgang mit den Instrumenten hinsichtlich des Objekts. Der Prozess der Konsumption bezeichnet den Nutzen, den sowohl die einzelnen Akteure (Element: Subjekt) als auch Gruppen (Element: Gemeinschaft) innerhalb des Tätigkeitssystems aus den anderen Prozessen im System ziehen.

Durch die Einordnung der vielfältigen Aspekte im Modell der Tätigkeit nach Elementen, Relationen und Prozessen lassen sich die unterschiedlichen Einflussfaktoren darstellen. Durch Schwerpunktsetzungen bezüglich der behandelten Fragestellung kann eine vertiefte Analyse einzelner Aspekte vorgenommen werden, ohne andere systemische Einflussfaktoren auszublenken. Dieser Aspekt erscheint besonders für die Entwicklung von Grundlagen für ein Monitoringsystems relevant, da eine systematische Darstellung aller Systemgrößen für die Ableitung von relevanten Indikatoren von entscheidender Bedeutung ist (vergl. Brandt und Volkert 2003).

Arbeiten auf Grundlage der Tätigkeitstheorie beschäftigen sich in jüngerer Zeit intensiv mit Prozessen und Effekten, die durch die Verschränkung mehrerer Tätigkeitssysteme hervorgerufen werden (vergl. Bodrožić 2008, Engeström 2001, Sannino u.a. 2009). Die Diffusion neuer Technologien und die damit verbundenen Auswirkungen auf Aufgabenverteilung und Qualifikationsanforderungen stellen einen solchen Prozess dar. Durch den Transfer einer neuartigen technischen Lösung in ein historisch gewachsenes Tätigkeitssystem werden Herausforderungen,

Schwierigkeiten und Anforderungen an das dort etablierte arbeitsteilige System sichtbar, aus denen sich Qualifizierungsbedarfe ableiten und Veränderungen in der Arbeitsteilung unterschiedlicher Gruppen von Akteuren (z. B. Berufe, Hierarchieebenen) erklären lassen. Die Tätigkeitstheorie ist anschlussfähig für andere theoretische Ansätze und Modelle, die sich mit spezifischeren Themenstellungen befassen. Im Zusammenhang mit der Implementierung und Verbreitung von neuen Technologien sind hier Innovations- und Diffusionstheorien zu berücksichtigen. Die Diffusionstheorie beschäftigt sich mit den Prozessen, die durch die Einführung und Verbreitung von Innovationen in einem sozialen System, wie z. B. einer Organisation, einem Unternehmen oder einem Markt, ausgelöst werden. Die bekanntesten Theorien stammen von Hauschildt (Hauschildt und Salomo 2007) und Rogers (1995) und bilden auch heute noch die Basis für andere Innovations- oder Diffusionsmodelle. Auch wenn diese Modelle nicht genuin auf bildungswissenschaftliche Implikationen ausgerichtet sind, finden sich hier doch Hinweise für eine tätigkeitstheoretische Betrachtung.

Der Vergleich der deskriptiven Beschreibung unterschiedlicher Tätigkeitssysteme auf der Grundlage eines einheitlichen Analyserahmens beleuchtet Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Strukturen von Tätigkeitssystemen und zeigt Muster für die Interpretation der gewonnenen Daten auf. Die Beschreibung der Diffusionsprozesse auf dieser Grundlage bildet die Produktinnovationen als Veränderungen des Objekts der Tätigkeit ab, während Prozessinnovationen ein verändertes Instrument (z. B. in Form eines neuen Werkzeugs oder eine neue Form der arbeitsteiligen Organisation eines Tätigkeitssystems) darstellen. Die Beurteilung, ob die Diffusion einer oder mehrerer neuer Technologien in ein bestehendes Tätigkeitssystem für berufspädagogische Fragestellungen relevant ist, lässt sich über die Analyse der Widerstände auf den Relationen Subjekt/Instrumente/Arbeitsteilung und Subjekt/Arbeitsteilung/Objekt herbeiführen. Durch die Feinanalyse dieser Relationen kann der Qualifizierungsbedarf der einzelnen Mitarbeiter/-innen und Berufsgruppen aufgedeckt werden.

Die in Deutschland noch wenig rezipierte Tätigkeitstheorie bietet eine theoretische Rahmung für die *berufswissenschaftliche* Qualifikationsforschung, die sich trotz zahlreicher empirischer Studien mit bemerkenswerten Befunden zu beruflicher Arbeit, Qualifikationen und Kompetenzen (noch) nicht im Gefüge der Wissenschaften etabliert hat (vergl. Pahl 2005, Rauner 2000, 2002, Teichler 1995). Der berufswissenschaftliche Forschungsansatz zielt im Kern darauf, „einen Zusammenhang herzustellen zwischen den in der Berufsarbeit inkorporierten Kompetenzen, der Entwicklung von Berufsbildern und der Begründung von Inhalten, Zielen und Strukturen beruflicher Bildung“ (Rauner 2002: 317). Qualifikationsforschung dieser Art hat deshalb den Anspruch, (berufliche) Arbeit, Anforderungen und Kompetenz in Bezug auf die Entwicklung von Berufen und Curricula zu analysieren und zu beschreiben. Epistemologisch geht es somit um die bildungstheoretische Frage der Auswahl, Legitimation und Strukturierung von Lerninhalten. Ansatzpunkte für die Feinanalyse der Daten hinsichtlich des Qualifizierungsbedarfs finden sich auch bei der Expertiseforschung, die sich ebenfalls mit der Entstehung, Entwicklung und Struktur von (herausragendem) Wissen und Können in Domänen (z. B. Franke 2001) beschäftigt und dafür ein theoretisches Fundament und ein methodisches Instrumentarium zur Verfügung stellt. Die tätigkeitstheoretischen Analysekriterien lassen sich durch die Berücksichtigung dieser berufspädagogischen Ansätze verfeinern.

Eine tätigkeitstheoretische Betrachtung bleibt nicht wie manche eher empirisch-motivierte Ansätze – wie es etwa der Strukturfunktionalismus (Mansfield und Mitchell 1996, Parsons 1939)) oder andere Ansätze der empirischen Qualifikationsforschung (Norton 1985, Vargas Zuniga 2004) – bei einer Analyse der funktionalen Arbeitsteilung oder von Arbeitsvollzügen stehen, sondern berücksichtigt auch die im Tätigkeitssystem vorherrschenden und auf das Tätigkeitssystem einwirkenden sozialen Regeln. Bei der Entstehung und Konstruktion von Berufen handelt es sich um ein gesellschaftlich-kulturelles Phänomen, welches durch normative Setzungen

(z. B. Bildungsziele) und interessen geleiteten Aushandlungsprozessen (z. B. Curriculumentwicklung) und somit durch soziale Gestaltungsprozesse beeinflusst wird. Die subjektiven Kategorien der beruflichen Kompetenz und Identität sind eingebettet in gesellschaftliche und kulturelle Rahmenbedingungen und Traditionen. Aus gutem Grund beschränkte sich der klassische berufsbildungstheoretische Anspruch (z. B. Spranger 1975) von beruflicher Bildung nie allein auf die Reproduktion des Arbeitsvermögens in einem instrumentell verengten Verständnis (vergl. Kutscha 2008). Eine auf die Berufs- und Curriculumentwicklung ausgerichtete empirische Qualifikationsforschung begnügt sich nicht mit einer bloßen objektiven Analyse von Arbeitsaktivität, -aufgaben und -inhalten. In einer tätigkeitstheoretischen Analyse wird dieser Aspekt auch durch die Betrachtung der in Tätigkeitssystemen ablaufenden Prozesse - Produktion, Konsumtion, Distribution und Tausch - aufgegriffen.

Die folgende Abbildung zeigt das tätigkeitstheoretische Analysemodell in einer an die Forschungsfrage angepassten Form. Hierbei wurde in Anlehnung an Bodrožić (2008) das Strukturmodell menschlicher Tätigkeit nach Engeström erweitert. Bodrožić fasst die Diffusion technischer Innovationen als einen gesellschaftlichen Problemlöseprozess auf und bezieht sich hier auf die Ausführungen von Seidel (1976: 117-119). Der Diffusionsprozess wird dabei unter zwei Gesichtspunkten betrachtet. Problemlösungen aus dem Ursprungsfeld einer Technologie durchlaufen einen Transformationsprozess und werden als konzeptionelle Lösungen in andere Tätigkeitsfelder transferiert. Die Diffusion neuer Lösungen wird somit sowohl vom Tätigkeitssystem des Feldes, in dem sie entwickelt wurde, beeinflusst als auch von den Problemstellungen und Anforderungen aus dem aufnehmenden Tätigkeitsfeld. Dabei kann die Problemlösung sowohl in Form neuer Produktkomponenten oder Werkstoffe direkt auf das Objekt der Tätigkeit Einfluss nehmen (hellblaue Pfeile) als auch in Form von Instrumenten, wie neuen Produktions- und Prüfverfahren oder Organisationsprozessen, in das Tätigkeitssystem diffundieren.

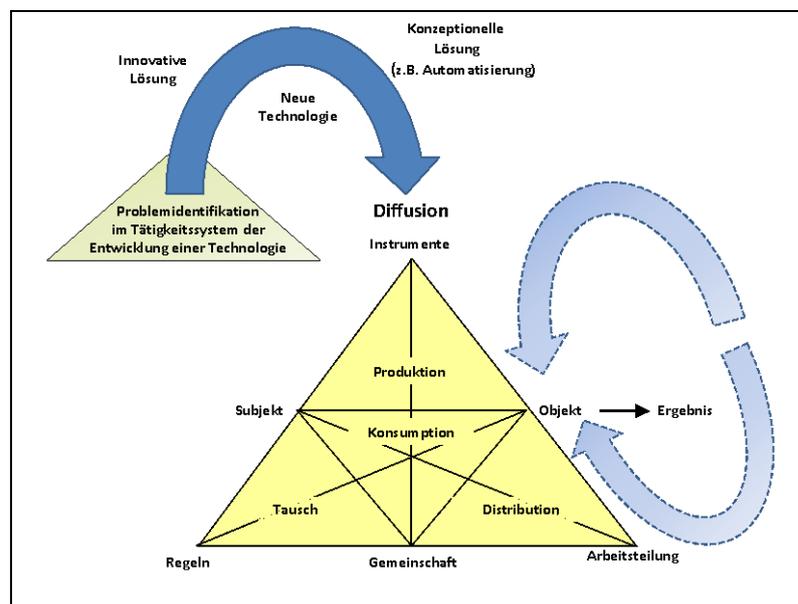


Abbildung 2: Ein tätigkeitstheoretischer Analyseansatz zur Untersuchung von Diffusionsprozessen

Die kulturhistorische Tätigkeitstheorie geht vom Prinzip der historischen Entwicklung von Tätigkeitssystemen aus und betrachtet diese immer auch vor dem Hintergrund ihrer historisch gewachsenen sozio-kulturellen Bezüge. Im Zusammenhang mit der Einführung und Diffusion neuer Technologien wird dies auch durch das Modell der Pfadabhängigkeit (*path dependence*) angenommen. Die Pfadabhängigkeit hat sich inzwischen zu einem der meist verwendeten Erklärungskonzepte in der sozialwissenschaftlichen und ökonomischen Forschung entwickelt (Beyer 2006). Sie betont die Historizität von Institutionen, wobei angenommen wird, dass sich in der Vergangenheit getroffene Entscheidungen und internalisierte Denkmuster und Routinen auf die

Gegenwart und zukünftige Entwicklungen auswirken. Die Pfadabhängigkeit engt potenzielle Handlungsalternativen ein und beeinflusst zukünftige Entwicklungsrichtungen in maßgeblicher Weise. Mit anderen Worten: Die Entwicklungsvergangenheit einer Organisation, eines Produktes, einer Technologie usw. beeinflusst und begrenzt künftige Entwicklungsmöglichkeiten und Vorgehensweisen. In Bezug auf die Analyse der Diffusion neuer Technologien ins produzierende Gewerbe bedeutet dies, dass neben der Analyse der lokalen Tätigkeitssysteme vor Ort auch eine Auseinandersetzung mit den Bedingungen und Festlegungen in der übergeordneten Community of Practice (z. B. Verbände, Branchen, Netzwerke) erfolgen muss, um Aussagen und Empfehlungen bezüglich zukünftiger Entwicklungen zu erhärten. Engeström u.a. (2007) weisen darauf hin, dass Studien zur Pfadabhängigkeit zwar die Beschränkungen durch Pfadfestlegungen aufzeigen, aber wenig Hinweise zur Überwindung dieser Beschränkungen bieten. Hier geht die Tätigkeitstheorie einen Schritt weiter, indem, im Sinne einer pädagogischen Betrachtung, der Entwicklungsgedanke aufgegriffen wird. Tätigkeitssysteme werden als lernende Systeme verstanden, die durch Reflexion und Diskurs bei der Erweiterung ihrer Handlungsmöglichkeiten unterstützt werden können.

Entwicklungsprozesse werden also tätigkeitstheoretisch als kollektive Lernprozesse verstanden. Damit ist die Tätigkeitstheorie eine Lerntheorie, die kollektive Lernprozesse in der Arbeitswelt erklärt und ein Vorgehen zur Unterstützung dieses Lernprozesses anbietet. Dabei geht sie davon aus, dass durch Veränderungen im Zeitverlauf Widerstände im Tätigkeitssystem auftreten, die durch kollektive Aushandlungsprozesse bewältigt werden können. Dieser Bewältigungsprozess wird bei Engeström *expansives Lernen*⁸ genannt. Um eine expansive Transformation des Tätigkeitssystems im Sinne einer Erweiterung der kollektiven Handlungsfähigkeit des Systems zu befördern, kommt der Identifizierung und der Reflexion dieser Widerstände durch die unterschiedlichen Akteure im System eine besondere Bedeutung zu. In engem Zusammenhang mit der Tätigkeitstheorie steht daher das methodische Konzept der Entwickelnden Arbeitsforschung. Im Zentrum dieses Konzepts steht eine Abfolge von methodischen Schritten zur Analyse von Veränderungsprozessen: die historische und die real-empirische Analyse der Tätigkeitssysteme in Bezug auf die Fragestellung, die Spiegelung der Daten in die Community of Practice und die gemeinsame Erarbeitung einer Zone der nächsten Entwicklung auf der Grundlage des Datenmaterials. In einem kollektiven Aushandlungsprozess wird die Vielstimmigkeit der Akteure und Gruppen von Akteuren berücksichtigt. Aufgrund dieser Vielstimmigkeit kann der Transformationsprozess unterschiedliche Ausprägungen annehmen. Die Möglichkeit einer expansiven Erweiterung im Sinne einer adäquaten Weiterentwicklung des Tätigkeitssystems im Hinblick auf aktuelle Herausforderungen ist dabei eine mögliche Ausprägung.

Bei den Lernenden kann man zudem zwischen der lokalen Community of Practice und der übergeordneten Community of Practice, als einer Interessengemeinschaft in einem Praxisfeld, unterscheiden. Während in der Community of Practice vor Ort an lokalen Lösungen zur Bewältigung von Widerständen gearbeitet wird, erarbeitet die übergeordnete Community of Practice übergreifende Konzepte, Prozeduren und Werkzeuge für die zu bearbeitende Problemstellung. Auf Basis der Tätigkeitstheorie lassen sich also frühzeitige Einführungsprozesse neuer Technologien bei einzelnen Branchenvorreitern als Lerngegenstand der übergeordneten Community of Practice heranziehen und für die Weiterentwicklung des Praxisfeldes nutzen. Ein solches Vorgehen unter Berücksichtigung eines berufspädagogischen Analysefokus kann frühzeitige Weichenstellungen im Berufsbildungssystem befördern.

Die Auswahl der Methoden erfolgt vor dem Hintergrund der Fragestellungen und schöpft das breite Spektrum sozialwissenschaftlicher Methoden aus. Auch hier kann auf eine große Nähe zur berufswissenschaftlichen Qualifikationsforschung verwiesen werden, die keinem einheitli-

⁸ Der Begriff ist nicht mit dem von Klaus Holzkamp (1995) geprägten Begriffsverständnis *expansiven Lernens* im Sinne einer Erweiterung der subjektiven Handlungsmöglichkeiten identisch.

chen und eindeutigen, also einem positivistischen, interpretativ-hermeneutischen oder sozialkritischen Paradigma folgt, welches sich auf die Art der Erfassung sozialer Phänomene und damit auch die Methodenauswahl auswirkt. In Abhängigkeit von den Forschungsfragen und Untersuchungsgegenstände werden oft triangulativ Daten erhoben und in der Regel auch qualitative Verfahren berücksichtigt. Im Vordergrund dieser Art sozialwissenschaftlicher Forschung steht die Offenlegung der Tiefenstruktur von Arbeit und Kompetenz, das Verstehen von Arbeitsteilung und Arbeitsprozessen in Tätigkeitssystemen sowie die Ableitung von Implikationen für Bildungsziele in Auseinandersetzung mit den Akteuren der Berufsbildungspraxis in einer Domäne (Becker und Spöttl 2008, Pahl und Rauner 1998, Przygodda und Bauer 2004, Rauner 2004, 2005).

In der folgenden Tabelle werden die theoretischen Überlegungen noch einmal zusammengefasst, indem die Fragestellungen des vorliegenden Forschungsantrags den fünf grundlegenden Prinzipien der Tätigkeitstheorie zugeordnet und die angeführten Anschluss- und Vertiefungsmöglichkeiten für weitere Theorieansätze eingeordnet werden.

Tätigkeitstheoretisches Prinzip	Strukturmodell der Tätigkeit	Historizität	Vielstimmigkeit	Widerstände als Lerngegenstand	Möglichkeit der expansiven Transformation
Analysefokus	Veränderung der Tätigkeitssysteme und Qualifikationsanforderungen durch die Technologiediffusion (Arbeitsteilung; Breite und Tiefe von Arbeitsaufgaben)	Hintergründe und Bedingungen für Technologiediffusion in unterschiedlichen Branchen	Analyse der Arbeitsteilung vor Ort und Einordnung bezüglich der Relevanz für die Branche (Funktions- teilung und Entwicklungs- wege)	Widerstände die durch die Technologiediffusion hervorgerufen und durch die Tätigkeitssysteme bewältigt werden müssen (Relevanz von Veränderungen im Hinblick auf Qualifikation)	Einführungsprozesse einzelner Branchenvorreiter als Ausgangspunkt und Lerngegenstand für Weiterentwicklung innerhalb der Branche
Theoretische Vertiefung durch andere Ansätze	Berufswissenschaftliche Ansätze zur <ul style="list-style-type: none"> • Qualifikationsforschung • Expertiseforschung 	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusionstheorien • Modell der Pfadabhängigkeit 			<ul style="list-style-type: none"> • Diffusionstheorien • Modell der Pfadabhängigkeit

Tabelle 1: Zusammenfassende Darstellung der theoretischen Überlegungen

2.6 Forschungsfragen

Im Forschungsprojekt werden folgende fünf originäre Forschungsfragen verfolgt sowie eine Fragestellung, die sich auf den Verwertungszusammenhang der Untersuchung bezieht:

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 Beschäftigungsfelder 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?

2.7 Forschungshypothesen

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 (und 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.

2.8 Transfer

Die deskriptiven Beschreibungen von Systemgrößen im technologischen Diffusionsprozess sollen als Grundlage für den Aufbau eines Technologiemonitorings mit berufspädagogischer Ausrichtung genutzt werden. Die erwarteten Projektergebnisse in Form von empirischen Daten zum Qualifikationsbedarf, den Aufgaben und den Anforderungen in betrieblichen Arbeitssystemen im Kontext neuer Technologien haben eine hohe Relevanz für Berufsbildungsverantwortliche in Politik, Wissenschaft, Bildungspraxis und den Interessenverbänden der Wirtschaft. Die Daten sollen insbesondere der (Weiter-)Entwicklung von Aus- und Fortbildungsberufen dienen.

Folgende Aktivitäten und Produkte sind im Einzelnen geplant:

- Veröffentlichung der Ergebnisse in nationalen und internationalen referierten Fachzeitschriften.
- Vorstellung des Projektes auf einschlägigen wissenschaftlichen und berufsbildungspolitischen Konferenzen.

- Durchführen von mindestens einem Experten-Workshop mit Vertretern und Vertreterinnen aus Ministerien, Arbeitgeber- und Arbeitnehmerverbänden sowie anderen relevanten Organisationen zur Kommunikation und Diskussion der Ergebnisse sowie zur Ableitung von Maßnahmen.
- Erstellung von Handlungsempfehlungen für Akteure und Entscheidungsträger im Ordnungsbereich der beruflichen Bildung.

3. Konkretisierung des Vorgehens

3.1 Forschungsmethoden

Um die Diffusion neuer Technologien zukünftig frühzeitig identifizieren zu können, müssen zunächst die Systemgrößen identifiziert werden, die als Indikatoren für die Diffusion neuer Technologien im Sinne eines berufsbildungsspezifischen Technologiemonitorings geeignet sind. Die Indikatorik bestehender Innovationspanels ist stark an volkswirtschaftlichen und ökonomischen Fragestellungen ausgerichtet und bietet nur wenig Anhaltspunkte für die Identifizierung von ordnungsrelevanten Veränderungen der Qualifikationsanforderungen durch neue Technologien. Diese Einschätzung wird auch von anderen Akteuren der berufswissenschaftlichen Qualifikationsforschung geteilt – wie folgendes Zitat aus dem Frequenz-Konsortium zum Ausdruck bringt:

„Zukünftige Qualifikationsanforderungen oder gar Fachkräftemangel in neuen Branchen oder Bereichen lassen sich nicht aus offiziellen Statistiken ableiten, da sich diese Bereiche nicht über die vorhandenen Klassifikationen und Nomenklatur erfassen lassen und die qualitative Tiefe fehlt. Wenn der Reifegrad einer Technologie beispielsweise noch nicht sehr ausgeprägt ist, wird qualitative Information darüber benötigt, wie sich die Tätigkeiten im jeweiligen Bereich verändern, bevor eine solide quantitative Bewertung des Beschäftigungspotenzials möglich und machbar ist. Am wertvollsten scheint hier der Blick auf Veränderungen in der Arbeit, am konkreten Arbeitsplatz und im Arbeitsprozess zu sein.“ (Dworschak und Zaiser 2008: 10)

Gleichwohl ist eine allein lokale Betrachtung der Auswirkungen von Diffusionsprozessen neuer Technologien nicht ausreichend für die Ableitung von Empfehlungen für das Berufsbildungssystem. Die auf Grundlage der Analyse einzelner Arbeitsplätze gewonnen Erkenntnisse müssen hinsichtlich ihrer Relevanz für die übergeordnete Community of Practice (z. B. Branchen/Verbände) eingeordnet werden.

Um ein umfassendes Bild über die veränderten Qualifikationsanforderungen durch die Diffusion neuer Technologien zu gewinnen, ist es zum einen notwendig innovative Technologien in Bezug auf diese Themenstellung einzuordnen. Hier kann durch die Einordnung der Ergebnisse in bestehende Forschungsergebnisse ein Überblick geschaffen werden. Daneben ist aber auch eine deskriptive Analyse des Diffusionsprozesses hinsichtlich der durch diesen Prozess hervorgerufenen Einflüsse auf Tätigkeitssysteme und Arbeitsaufgaben notwendig. Für einen deskriptiven Analyseprozess auf Grundlage der Tätigkeitstheorie bietet sich ein Forschungsdesign im Sinne des methodischen Konzepts der Entwickelnden Arbeitsforschung an. Hierbei werden auf der Grundlage einer historischen und einer real-empirischen Analyse Daten gesammelt und diese mit Akteuren eines Praxisfeldes in einem partizipativ gestalteten Forschungsprozess reflektiert. Auf dieser Basis werden Ansatzpunkte für die weitere Entwicklung des Tätigkeitsfeldes erarbeitet. Die Forschungsmethoden für die Datenerhebung in der historischen und real-empirischen Analyse werden dabei spezifisch mit Hinblick auf die Fragestellung der Analyse ausgewählt. In Abbildung 3 wird das Untersuchungsdesign auf der Grundlage der Analyse-schritte der Entwickelnden Arbeitsforschung dargestellt und anschließend im Hinblick auf die Fragestellung des Projekts erörtert:

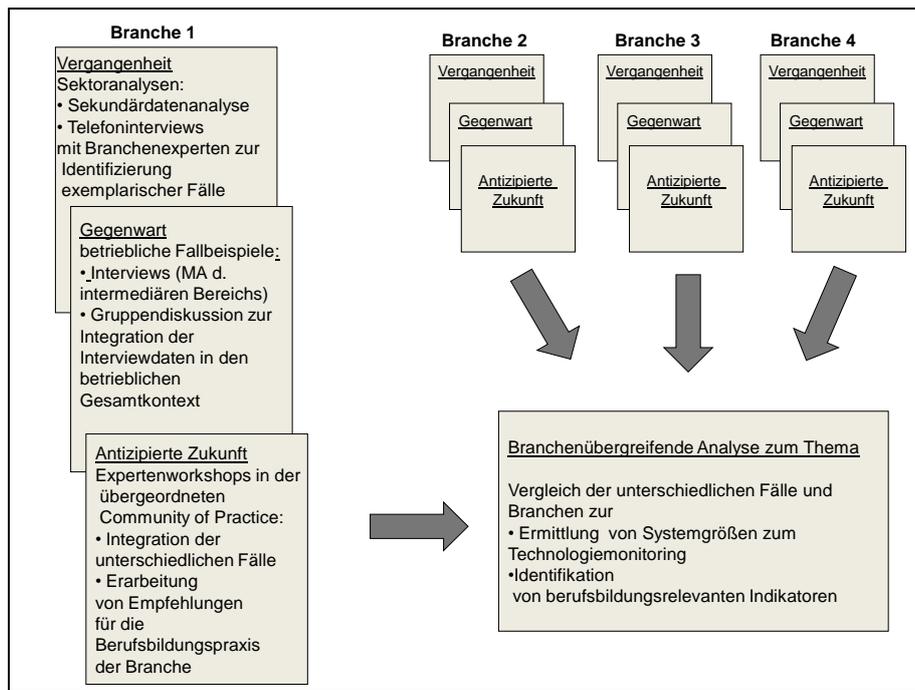


Abbildung 3 Untersuchungsdesign (in Anlehnung an Engeström 2008: 285)

1. Analyse der Vergangenheit - historische Analyse: Im Zentrum der historischen Analyse steht die Beschreibung der vorherrschenden historisch gewachsenen Makrostruktur von Tätigkeitssystemen sowie die Identifikation von Tätigkeitsfeldern einzelner Branchen, die von der Diffusion neuer Technologien betroffen sind. Dies geschieht zum einen in Form von Branchenanalysen, die sich am Konzept der „berufswissenschaftlichen Sektoranalyse“⁹ (Becker und Spöttl 2008: 75ff) orientieren. Hierzu werden Sekundärdatenanalysen und ergänzenden Telefoninterviews durchgeführt. Die Sekundärdatenanalyse dient dazu, relevante Informationen (ökonomische Makrodaten, Wirtschaftsdaten, Kennzahlen usw.) über Branchen im produzierenden Gewerbe zu sammeln und im Hinblick auf die Untersuchungsfragen auszuwerten. Die Kriterien für die Makroanalyse ergeben sich aus üblichen wirtschaftlichen und betrieblichen Kennzahlen (z. B. Branchen, Geschäftsfelder, Unternehmensstrukturen, Beschäftigungsstrukturen, Investitionen, Forschung- und Entwicklung, Technologieniveau, -einsatz und -entwicklung usw.) von Unternehmen. Durch ergänzende Telefoninterviews mit Branchenexperten und -expertinnen sowie Managern und Managerinnen unterschiedlicher Technologiecluster sollen Hinweise zum Verbreitungsgrad, zu Produktionstechnologien und zur Relevanz neuer Technologien in den einzelnen Branchen gewonnen werden. Damit können erste Erkenntnisse zur Entwicklung der Branchen ermittelt, relevante Teilräume innerhalb einzelner Branchen für die Auswahl von Fallstudien definiert und Untersuchungseinheiten für die Fallstudien identifiziert werden. In diesem Arbeitsschritt werden alle Branchen aus den Abschnitten C bis G und J als Untersuchungseinheiten der EU-einheitlichen statistischen Systematik der Wirtschaftszweige (NACE Rev.2) ausgewählt. Dies sind: C verarbeitendes Gewerbe / Herstellung von Waren, D Energieversorgung, E Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung, F Baugewerbe/Bau, G Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen (ohne Handel) sowie J Information und Kommunikation. Dies umfasst somit alle Unternehmen und Einrichtungen zur Ausübung einer freiberufl-

⁹ Das Konstrukt „Sektor“ wird im Projekt berufswissenschaftlich verstanden und folgt nicht der Drei-Sektor-Hypothese von Fourastie (1954). Hier sind Fachgebiete, Geschäftsfelder oder Wirtschaftszweige gemeint (z. B. Kfz- oder IT Sektor), die vergleichbare Produktions- oder Dienstleistungsstrukturen haben und sich so besser zur Untersuchung der Berufsstrukturen abgrenzen lassen (vergl. Becker und Spöttl 2008).

chen Tätigkeit mit Sitz in Deutschland, die ihre hauptsächlich ausgeübte wirtschaftliche Tätigkeit in den oben aufgeführten NACE-Abschnitten haben. Daraus ergibt sich eine große, noch zu bestimmende Grundgesamtheit. Allein im verarbeitenden Gewerbe (D) sind in Deutschland fast 40.000 Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigten registriert.

Zum anderen ist im Zusammenhang der historischen Analyse auch die Ausprägung des Diffusionsprozesses neuer Technologien in den einzelnen Branchen zu analysieren. Hier sind die verfügbaren empirischen Studien zum Qualifikationsbedarf in unterschiedlichen Bereichen von neuen Technologien (z. B. Frequenz und isw) auszuwerten. Analysekriterien sind hier Geschäftsfelder, Innovationen, Tätigkeiten/Aufgaben, Anforderungen, Kompetenzen und Hinweise zur Berufsbildung. Ergänzend werden zu diesem Themenfeld auch Telefoninterviews mit Experten und Expertinnen (z. B. Netzwerkkordinatoren/-kordinatorinnen, Vertreter/-innen von Branchen und Verbänden) durchgeführt, die über aktuelle Trends hinsichtlich der Diffusion neuer Technologien Auskunft geben können.

2. Analyse der Gegenwart - real-empirische Analyse: Auf der Basis des ersten Untersuchungsschritts wird eine begründet abgeleiteten Fallauswahl für betriebliche Fallstudien in Form von Tätigkeitsanalysen getroffen. Kriterien zur Auswahl der Fälle für die real-empirische Analyse ergeben sich aus der Themenstellung des geplanten Projektes. In erster Linie interessieren die Diffusion von neuen Technologien im produzierenden Gewerbe und die Implikationen für Arbeitssysteme auf mittlerer Qualifikationsebene. Deshalb sind typische Fälle in den oben genannten NACE-Abschnitten von Interesse, die sich durch eine hohe Innovationsfähigkeit (Produkte, Prozesse, Technologie, Organisation und Humankapital) auszeichnen und bei denen ein Einfluss beobachtbar ist. Solche Fälle repräsentieren typische Trendsetter, Innovationstreiber oder „Early Adaptors“ in Branchen, die durch neue Technologien beeinflusst werden. In diesen Unternehmen wird die Arbeit (Struktur, Organisation, Aufgaben und Anforderungen) im intermediären Bereich im Feld der neuen Technologie genauer untersucht. Um Unterschiede in der Diffusion neuer Technologien auf einer breiten Basis zu beschreiben, kann eine Berücksichtigung von Fällen sinnvoll sein, die keine Vorreiterrolle bezüglich der Innovationsfähigkeit einnehmen, die aber durch die Diffusion von neuen Technologien in spezifischer Weise betroffen sind. Da es sich um eine explorative Studie handelt, wird keine Sättigung im Sample angestrebt. Die Fallauswahl soll aus forschungsökonomischen Gründen auf maximal 3 Fälle je Branche beschränkt werden, die es erlauben die heterogenen Aspekte des Themas auf einer breiten Basis abzubilden. Es ist eine Methodentriangulation aus leitfadengestützten Interviews und Gruppendiskussion vorgesehen. Dabei werden jeweils 3 Mitarbeiter/-innen der Facharbeiter- und Meisterebene mittels leitfadengestützten Interviews zu den Veränderungen Ihrer Arbeitsaufgaben durch die Einführung neuer Technologien befragt. In einer halbtägigen Gruppendiskussion werden die Ergebnisse aus diesen Interviews mit relevanten Vertretern und Vertreterinnen der Betriebe (aus Geschäfts- und Produktionsleitung, Personalentwicklung, Ausbildung, Arbeitsplanung und Fertigung) hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Aus- und Weiterbildung reflektiert. Dieses Vorgehen ermöglicht die Partizipation vieler unterschiedlicher Akteure und hat den Vorteil, dass unterschiedliche Aspekte unter Berücksichtigung Ihrer Relevanz zur Forschungsfrage eingeordnet werden können. Zudem wird in diesem Schritt der in der methodischen Abfolge der Entwickelnden Arbeitsforschung geforderte Forschungsschritt der Spiegelung der Daten ins Forschungsfeld erfüllt. Weiter stellt der Diskurs in der lokalen Community of Practice einen ersten Validierungsschritt im Sinne einer kommunikativen Validierung dar.

3. Entwicklung eines antizipierten Zukunftsmodells: In branchenspezifischen Expertenworkshops werden die aggregierten Daten aus den Sektoranalysen und mehreren Fallbeispielen einer Branche reflektiert und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Branche eingeordnet. In diesem Forschungsschritt steht vor allem die Integration der Daten in den Branchenzusammenhang und die Einordnung der Ergebnisse hinsichtlich ordnungsrelevanter Empfehlungen im Vordergrund. Mit diesem Schritt wird der im methodischen Konzept der Entwickelnden Arbeitsforschung angestrebte Prozess des expandierenden Lernens in der übergeordneten Community of Practice angestoßen. Durch die Partizipation, der an der Gestaltung des Tätigkeitssystems beteiligten Schlüsselpersonen wird gleichzeitig der Transfer der Forschungsergebnisse in die jeweiligen Praxisfelder angeregt und damit ein gestaltungsorientiertes Berufsbildungskonzept befördert. Durch einen Vergleich der Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei der Erarbeitung einer branchenspezifischen Zone der nächsten Entwicklung können außerdem weitere Systemgrößen identifiziert werden, welche die Diffusion neuer Technologien in Branchen des produzierenden Gewerbes beeinflussen.
4. Die erhobenen Daten aus den Interviews, den Gruppendiskussionen und den Workshopdokumentationen werden einer vergleichenden Analyse auf der Basis des theoretischen Analysekonzepts unterzogen. So können Einflussgrößen auf den Diffusionsprozess neuer Technologien im produzierenden Gewerbe ermittelt und hinsichtlich ihres Veränderungspotenzials für berufliche Aus- und Weiterbildung bewertet werden. Ziel dieses Analyseschrittes ist die systematische Ableitung von Indikatoren für ein Technologiemonitoringsystem, das auf die spezifischen Fragestellungen beruflicher Bildung ausgerichtet ist.

3.2 Interne und externe Beratung

Da es sich bei diesem Projekt um eine grundlegende empirische Forschung handelt, welche eine Implikation für die Berufs- und Curriculumentwicklung haben kann, ist eine Einbindung der Sozialpartner und ausgewiesener Wissenschaftler/-innen empfehlenswert. Wissenschaftler/-innen mit Expertise im Feld der Qualifikationsforschung können das Projekt in methodischen Fragen unterstützen, Zugang zum Forschungsfeld ermöglichen und zur Verbreitung der Ergebnisse beitragen. Für die Sozialpartner sind die empirischen Daten zur Verbreitung von neuen Technologien und der Entwicklung der Qualifikationsanforderungen ebenfalls relevant. Ferner sind für potenzielle Folgeaktivitäten im Bereich der Ordnung der beruflichen Bildung eine Beteiligung der Arbeitgeber- und Arbeitnehmerverbände sinnvoll. Vor diesem Hintergrund soll ein Projektbeirat mit fünf ausgewählten Experten und Expertinnen aus Wissenschaft (2) und Praxis/Sozialpartner (3) eingerichtet werden. Die zu benennenden Personen sollten Erfahrung in der empirischen Qualifikations- und Bildungsforschung sowie der Berufsentwicklung haben. Aus dem Wissenschaftsbereich kommen Experten und Expertinnen aus dem Frequenz-Netzwerk (Fraunhofer oder isw) oder Universitäten (z. B. ITB Bremen oder biat Flensburg) in Frage.

Die interne Beratung erfolgt innerhalb der Abteilung 4 in enger Zusammenarbeit mit den ausgewiesenen Qualifikationsforschern und -forscherinnen der Abteilung 2. Hierzu soll eine Arbeitsgruppe gebildet werden, die regelmäßig die Planung und Durchführung der Untersuchung sowie die Datenauswertung bespricht.

3.3 Dienstleistungen Dritter

Eine Vergabe von Dienstleistungen an Dritte ist im geringen Umfang vorgesehen. Die empirischen Untersuchungen sollen durch Mitarbeiter/-innen aus dem BIBB durchgeführt werden. Dabei ist eine Kooperation mit einem Forschungsinstitut möglich. Es ist zu klären, ob Teilaufträ-

ge (z. B. die Durchführung einzelner Fallstudien) ausgeschrieben werden. Bewerber/-innen und Institutionen sollten Erfahrung in dieser Art der Forschung sowie im Feld der neuen Technologien und weiterhin Zugang zu Unternehmen in diesem Feld haben.

Für die Eingabe und Auswertung der Daten ist die Unterstützung durch studentische Hilfskräfte und/oder Praktikanten und Praktikantinnen wünschenswert. Bei der Erstellung der Transkripte ist teilweise eine Fremdvergabe vorgesehen.

3.4 Kooperationen

Das Projekt soll im BIBB unter Federführung des Arbeitsbereiches 4.4 in Kooperation mit dem Arbeitsbereich 4.3 und der Früherkennungsforschung im Arbeitsbereich 2.2 bearbeitet werden.

Als externe Kooperation ist vorgesehen, mit den Projektträgern der BMBF-Technologieprogramme, den Technologienetzen, den Spitzenorganisationen der Wirtschafts- und Sozialpartner, den Verbänden VDMA, ZVEI und SPECTARIS und evtl. mit anderen Forschungsinstituten (z. B. Fraunhofer) zusammenzuarbeiten. Aus den Erfahrungen des hier geplanten Designs ist vor allem eine methodologische Weiterentwicklung der Qualifikationsforschung zu erwarten sowie Empfehlungen für ein sektorales Qualifikationsmonitoring des BIBB für neue Technologien.

4. Projekt- und Meilensteinplanung

Das Projekt hat eine Laufzeit von III/2011 bis IV/2013. Projektstart ist der 01.07.2011.

Nr.	Meilenstein (MS)	Termin
MS 1	Start des Projektes	01.07.11
MS 2	Projektziele formuliert/Projektplan erstellt	31.07.11
MS 3	Relevante Studien beschafft und Sekundärdaten analysiert	31.10.11
MS.4	Telefoninterviews geführt und ausgewertet	01.12.11
MS 5	Branchentrends zur Diffusion von neuen Technologien entwickelt (Zwischenbericht)	01.03.12
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

Projektplan

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)

5. Literatur

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 2007a.

ABICHT, LOTHAR; FREIKAMP, HENRIETTE: Ermittlung von Trendqualifikationen als Basis zur Früherkennung von Qualifikationserfordernissen. Schlussbericht zum Projekt. Halle 2007b.

ABICHT, LOTHAR; FREIKAMP, HENRIETTE; UWE, SCHUMANN: 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; SCHLICHT, ECKKEHARD; SCHUMANN, UWE: Untersuchungscluster Nanobiotechnologie und Nanoanalytik. - Zwischenbericht zum Projekt Ermittlung von Trendqualifikationen im Bereich der Nanotechnologie. Halle 2004a.

ABICHT, LOTHAR; SCHLICHT, ECKKEHARD; SCHUMANN, UWE: Untersuchungscluster: Nanooptik und Nanoanalytik. - Zwischenbericht zum Projekt Ermittlung von Trendqualifikationen im Bereich der Nanotechnologie. Halle 2004b.

ABICHT, LOTHAR; SCHLICHT, ECKKEHARD; 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.

AUTOR, DAVID H; LEVY, FRANK; MURNANE, RICHARD J: The Skill Content of Recent Technological Change: An empirical exploration*. In: Quarterly Journal of Economics, 118 (2003) 4, S. 1279-1333

AWNETH: AWNETH - Zwischenbilanz 2003-2005, Aus- und Weiterbildungsnetzwerke für die Mikrosystemtechnik,. Berlin 2006.

BARON, WALDEMAR: Impulse für Bildungsprozesse in den Optischen Technologien-Fachkräfte gewinnen - Zukunft sichern. In: Laser Technik Journal, 1 (2004) 2, S. 30-34

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

BAUER, WALDEMAR u.a.: Weiterbildungsprofile und Arbeits- und Lernprojekte. In: Ergebnisse aus dem Projekt Weiterbildung im Prozess der Arbeit (WAP). Universität Bremen: ITB Forschungsberichte, 28 (2007)

BECKER, MATTHIAS; SPÖTTL, GEORG: Berufswissenschaftliche Forschung. Frankfurt am Main 2008

BEYER, JÜRGEN: Pfadabhängigkeit. Über institutionelle Kontinuität, anfällige Stabilität und fundamentalen Wandel. Frankfurt / New York 2006

BIBB: Berufsbildung zukunftsfähig gestalten. Mittelfristiges Forschungs- und Entwicklungsprogramm des Bundesinstituts für Berufsbildung 2009 - 2012. Bonn 2009.

BMBF: Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands. Bonn, Berlin 2006a.

BMBF: Förderprogramm Optische Technologien. Bonn, Berlin 2006b.

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

BMBF: nano.DE-Report 2009. Status Quo der Nanotechnologie in Deutschland. Bonn, Berlin 2009.

BODROŽIĆ, ZLATKO: Post-Industrial Intervention. An Activity-Theoretical Expedition Tracing the Proximal. Development of Forms of Conducting Interventions. Department of Education. Helsinki 2008.

BÖHLE, FRITZ: Facharbeit im Wandel - Konzepte und Ergebnisse industriesoziologischer Forschung. In: FISCHER, MARTIN; SPÖTTL, GEORG (Hrsg.): Forschungsperspektiven in Facharbeit und Berufsbildung. Strategien und Methoden der Berufsbildungsforschung. Frankfurt am Main 2008, S. 48-62

BRANDT, MARTIN; VOLKERT, BERND: Regionales Monitoring zur Wissensökonomie - Ansatzpunkte, Anforderungen, Grenzen Arbeitsbericht. Stuttgart 2003.

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

COENEN, CHRISTOPHER: Konvergierende Technologien und Wissenschaften. Der Stand der Debatte und politischen Aktivitäten zu <<Converging Technologies>>. Berlin 2008.

DOSTAL, WERNER; REINBERG, ALEXANDER: Ungebrochener Trend in die Wissensgesellschaft. 1999. - URL: <http://doku.iab.de/kurzber/1999/kb1099.pdf>

DWORSCHAK, BERND; ZAISER, HELMUT: Future skill needs - ein Thema auf der europäischen Agenda. In: Frequenz Newsletter (2008), S. 10

ENGESTRÖM, YRJÖ: Learning bei expanding: An activity-theoretical approach to developmental research Helsinki 1987

ENGESTRÖM, YRJÖ: Expansive Visibilization of Work: An Activity -Theoretical Perspective. In: Computer Supported Collaborative Work, 8 (1999a), S. 63-93

ENGESTRÖM, YRJÖ: Lernen durch Expansion. Marburg 1999b

ENGESTRÖM, YRJÖ: Expansive Learning at Work: toward an activity theoretical reconceptualisation. In: Journal of Education and Work, 14 (2001) 1, S. 133-156

ENGESTRÖM, YRJÖ (Hrsg.): Entwickelnde Arbeitsforschung. Die Tätigkeitstheorie in der Praxis. Berlin 2008

ENGESTRÖM, YRJÖ; KEROSUO, HANNELE; KAJAMAA, ANU: Beyond Discontinuity. Expansive Organizational Learning Remembered. In: Management Learning, 38 (3) (2007), S. 319-336

EU HLEG FBZW, (EU HIGH LEVEL EXPERT GROUP "FOR SIGHTING THE NEW TECHNOLOGIE WAVE"): Converging Technologies - Shaping the Future of European Societies. (Alfred Nordmann, Rapporteur). Brüssel 2004. - URL: http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/ntw/pdf/final_report_en.pdf

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

FRANKE, GUIDO: Komplexität und Kompetenz: Ausgewählte Fragen der Kompetenzforschung. Bielefeld 2001

GATHMANN, CHRISTINA; SCHÖNBERG, UTA: How General Is Human Capital? A Tasked-Based approach. In: Journal of Labor Economics, 28 (2010) 1, S. 1-49

HACKEL, MONIKA: Auf dem Weg zum interdisziplinären mechatronischen Konstruktionsprozess. Entwickelnde Arbeitsforschung im Maschinen- und Anlagenbau. Frankfurt am Main 2011

HALL, ANJA: BIBB Stellenanzeigenanalyse 2001. BIBB Vorhaben 20501 Früherkennungssystem Qualifikationsentwicklung. Bonn 2002. - URL: <http://www.bibb.de/de/1947.htm>

HASU, MERVI: Constructing Clinical Use: An Activity-Theoretical Perspective on Implementing New Technology. In: Technology Analysis & Strategic Management, 12 (2000) 3, S. 369-382

HAUSCHILDT, JÜRGEN; SALOMO, SÖREN: Innovationsmanagement. 4. Auflage München 2007

HOLZKAMP, KLAUS: Lernen: subjektwissenschaftliche Grundlegung. Frankfurt am Main 1995

KEROSUO, HANNELE; KAJAMAA, ANU ; ENGESTRÖM, YRJÖ Promoting Innovation and Learning through Change Laboratory: An Example from Finnish Health Care. In: Central European Journal of Public Policy 4(2010) 1, S. 110-131

KOWALEWSKI, JULIA; STILLER, SILVIA: Strukturwandel im deutschen Verarbeitenden Gewerbe. In: Wirtschaftsdienst, 89 (2009) 8, S. 548-555

KRAMAR, HANS: Innovation durch Agglomeration. Zu den Standortfaktoren der Wissensproduktion. Wien 2005.

KUTSCHA, GÜNTHER: Beruflichkeit als regulatives Prinzip flexibler Kompetenzentwicklung – Thesen aus berufsbildungstheoretischer Sicht. In: bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, 14 (2008)

LUDWIG, JOACHIM u.a. (Hrsg.): 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 (2004a) 2, S. 26-33

LUTHER, WOLFGANG; MALANOWSKI, NORBERT: Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt: Innovations- und Technikanalyse. Düsseldorf 2004b

- MALSCH, INEKE; OUD, MIREILLE: Outcome of the open consultation on the European strategy for nanotechnology. In: Nanoforum. org Report (2004)
- MANSFIELD, BOB; MITCHELL, LINDSAY: Towards a Competent Workforce. Hampshire 1996.
- MAYER, ARNOLD: Optische Technologien. Wirtschaftliche Bedeutung in Deutschland. Aktualisierung 2010. Tägerwilen 2010. - URL: www.optischetechnologien.de
- MÖLLER, JOACHIM; PAULUS, WIEBKE: Perspektiven einer modernen Berufsforschung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, 24 (2010), S. 11-35
- MOORE, GEOFFERY A.: Crossing the chasm-and beyond. In: Strategic Management of Technology and Innovation (2000), S. 265-272
- NORTON, ROBERT E.: DACUM handbook. Columbus 1985
- NOVELLO VON BESCHERER, WIEBECKE: Qualifikationsbedarf Oberflächentechnik. Info Phys Tech Nr. 55. Düsseldorf 2004. - URL: <http://www.techportal.de/uploads/publications/315/phystech55.pdf>
- PAHL, G.: Praxis Forschung Wissenschaft - Konstruktionsmethodik - VADEMECUM. Ein kurzer Leitfaden beim Entwickeln und Anwenden von Konstruktionsmethoden. In: Konstruktion : Zeitschrift für Produktentwicklung, 57 (2005) 5, S. 64-69
- PAHL, JÖRG PETER; RAUNER, FELIX: Betrifft: Berufsfeldwissenschaften. Beiträge zur Forschung und Lehre in den gewerblich-technischen Fachrichtungen. . Bremen 1998.
- PARSONS, TALCOTT: The professions and social structure. In: Social Forces, 17 (1939) 4, S. 457-467
- PIHLAJA, JUHA: Learning in and for production: An activity-theoretical study of the historical development of distributed systems of generalizing. 2005. - URL: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/19827/learning.pdf?sequence=1>
- PROI EUROPE: European Innovation Scoreboard 2008: Comparative Analysis of Innovation Performance. In: Pro-Inno Europe Paper, 15 (2009)
- PRZYGODDA, KARIN; BAUER, WALDEMAR: Ansätze berufswissenschaftlicher Qualifikationsforschung im BLK-Programm "Neue Lernkonzepte in der dualen Berufsausbildung". In: RAUNER, FELIX (Hrsg.): Qualifikationsforschung und Curriculum. Bielefeld 2004, S. 61-80
- 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, F: Qualifikationsforschung und Curriculum. Bielefeld 2004
- 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
- RAUNER, FELIX: Der berufswissenschaftliche Beitrag zur Qualifikationsforschung und zur Curriculumentwicklung. In: PAHL, JÖRG PETER; RAUNER, FELIX; SPÖTTL, GEORG (Hrsg.): Berufliches Arbeitsprozesswissen. Ein Forschungsgegenstand der Berufswissenschaften. Baden-Baden 2000, S. 329-352

- RAUNER, FELIX: Qualifikationsforschung und Curriculumentwicklung. In: FISCHER, MARTIN; RAUNER, FELIX (Hrsg.): Lernfeld: Arbeitsprozess. Baden-Baden 2002, S. 317-339
- RAUNER, FELIX (Hrsg.): Handbuch der Berufsbildungsforschung. Bielefeld 2005
- ROGERS, EVERETT M.: Diffusion of innovations. New York 1995
- SANNINO, ANNALISA; DANIELS, HARRY; GUTIÉRREZ, KRIS D. (Hrsg.): Learning and expanding with activity theory. Cambridge 2009
- SCHNUR, PETER; ZINKA, GERD: Arbeitskräftebedarf bis 2015. Die Grenzen der Expansion. In: IAB Kurzbericht 1(2007)
- SCHÖNMANN, KLAUS (Hrsg.): Qualifikationen von morgen. Ein deutsch-französischer Dialog. Bielefeld 2001
- SCHUMANN, UWE: Neue Fachkräftebedarfe im Bereich der Nanotechnologie. In: lernen & lehren, 23 (2008) 89, S. 21-26
- SEIDEL, RAINER: Denken - Psychologische Analyse der Entstehung und Lösung von Problemen. Frankfurt am Main 1976
- SLATER, STANLEY F.; MOHR, JAKKI J.: Successful development and commercialization of technological innovation: insights based on strategy type. In: Journal of Product Innovation Management, 23 (2006) 1, S. 26-33
- SPRANGER, EDUARD: Allgemeinbildung und Berufsschule. In: STRATMANN, KARLWILHELM; BARTEL, WERNER (Hrsg.): Berufspädagogik. Köln 1975, S. 42-57
- SUCHMANN, LUCY A: Plans and situated actions. The problem of human-machine communication. Cambridge 1987
- TEICHLER, ULRICH: Qualifikationsforschung. In: ARNOLD, ROLF; LIPSMEIER, ANTONIUS (Hrsg.): Handbuch der Berufsbildung. Opladen 1995, S. 501-508
- VARGAS ZUNIGA, FERNANDO: 40 questions on labour competency. Montevideo 2004
- VON HIPPEL, ERIC: Lead users: A source of novel product concepts. In: Management science, 32 (1986) 7, S. 791-805
- VON HIPPEL, ERIC: The sources of innovation. New York 1988
- WINDELBAND, LARS; SPÖTTL, GEORG; FISCHER, ANDREAS: Frühzeitige Identifizierung des Qualifikationsbedarfs für eine nachhaltige Entwicklung und Gestaltung von Berufsprofilen. In: FISCHER, MARTIN; SPÖTTL, GEORG (Hrsg.): Forschungsperspektiven in Facharbeit und Berufsbildung. Strategien und Methoden der Berufsbildungsforschung. Frankfurt am Main 2008, S. 247-259