

Monika Hackel

Startpunkte für die Analyse technologischer Veränderungen aus berufspädagogischer Perspektive

Das Forschungsprojekt „DifTech“ (Diffusion neuer Technologien – Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe) untersucht exemplarisch und vergleichend unterschiedliche technologische Diffusionsprozesse neuer Technologien im produzierenden Gewerbe. Ziel des Projekts ist die Identifizierung von übergreifenden Indikatoren für die Dauerbeobachtung und die Früherkennung von veränderten Qualifikationsanforderungen, die aussagekräftig für die Berufsbildungsordnungsarbeit des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) sind. Daneben werden Ergebnisse zum aktuellen Qualifizierungsbedarf durch neue Technologien in einzelnen Branchen erwartet. In einem ersten Projektschritt wurden Sekundärdaten aus dem Themenfeld neuer Technologien ausgewertet und in ein Analyseraster eingeordnet. Der Beitrag stellt die Sektoranalyse im produzierenden Gewerbe als erste Phase des Projektes vor und erläutert die theoretischen Bezüge aus der Tätigkeitstheorie und der Diffusionstheorie. Die Informationsgehalte einer strukturierten Sekundärdatenanalyse werden am Beispiel der industriellen Fertigung von CFK (Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe) verdeutlicht und hinsichtlich ihres Nutzens für die technologische Dauerbeobachtung bewertet. Hierbei werden Perspektiven und Grenzen der Verknüpfung von technologietheoretischen Arbeiten und berufspädagogischen Fragestellungen aufgezeigt.

1 Verortung der Sektoranalyse im Projektzusammenhang

1.1 Ausgangslage und Forschungsstand

Neue Technologien spielen für die Weiterentwicklung der ökonomischen und technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands eine wichtige Rolle. Arbeitsmarktstudien prognostizieren ein hohes Entwicklungspotenzial durch die Verbreitung dieser Technologien, verbunden mit einem erhöhten Fachkräftebedarf. Voraussetzung für diese Entwicklung ist die Diffusion der Technologien in leistungsstarke Branchen des produzierenden Gewerbes, und zwar in Form von Produkt- wie Prozessinnovationen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie dieser Prozess berufsbildungspolitisch gefördert werden kann, wie Veränderungen der Qualifikationsbedarfe durch technische Innovationen frühzeitig zu erkennen und hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Berufsbildungssystem zu bewerten sind.

Im Umfeld der Technologieförderprogramme der Bundesregierung wurden bislang in zahlreichen Studien Veränderungen der Arbeitsaufgaben zu einem frühen Zeitpunkt des Innovationsprozesses untersucht (vgl. ABICHT 2004, 2008; ABICHT/FREIKAMP 2007; ABICHT u. a. 2006; ABICHT/LEHNER o. J.; ABICHT u. a. 2005; AGEMAR u. a. 2003; BARON u. a. 2005; FISCHER u. a. 2005; LUTHER/MALANOWSKI 2004; SCHÖNMANN 2001). Überwiegend wird in diesen Arbeiten das Thema aus der Perspektive von Branchen oder Unternehmen beleuchtet, die neue Technologien herstellen und verbreiten. In Abgrenzung hierzu ist eine zentrale Annahme des hier vorgestellten Projekts, dass die Diffusion neuer Technologien nicht ausschließlich trennscharf eine Technologie betrifft und im Verlauf des Diffusionsprozesses sektoral unterschiedliche Ausprägungen annehmen kann. 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. Daraus resultieren unterschiedliche Anforderungen an Ausgestaltung und Inhalte von Qualifizierung. Weitere Arbeiten im Rahmen der Früherkennungsforschung (vgl. FENZL u. a. 2009) fokussieren auch auf sogenannte Querschnittstechnologien und beleuchten z. B. unterschiedliche Ausprägungen des „Internets der Dinge“ im Rahmen eines branchenübergreifenden Vergleichs (vgl. WINDELBAND 2009) oder weisen Indikatoren und Verfahren für die Qualifikationsfrüherkennung aus (vgl. GIDION u. a. 2000; SCHÖNMANN 2001; WINDELBAND 2005).

Im vorliegenden Projekt sollen demgegenüber, durch exemplarische Beschreibung und Vergleich unterschiedlicher Diffusionsprozesse, Indikatoren und ein forschungsökonomisches methodisches Vorgehen für die Technologiedauerbeobachtung mit Bezug zur Ordnungsarbeit des BIBB ermittelt werden. In der Analyse stehen die Auswirkungen des technologischen Wandels auf das duale System, also Veränderungen des Qualifikationsbedarfs auf der Ebene der Fachkräfte sowie der Meisterinnen und Meister, im Vordergrund, die in einem absehbaren zeitlichen Horizont von bis zu fünf Jahren zu erwarten sind. Als erster Schritt für die Identifikation unterschiedlicher Fallbeispiele dient hierbei die Auswertung von Sekundärdaten im Rahmen einer Sektoranalyse des produzierenden Gewerbes. Der in der Sektoranalyse überprüfte Informationsgehalt sozioökonomischer Innovationsstudien ist auf Grund der verwendeten Indikatoren für berufspädagogische Zwecke eher gering. Aus ihnen lassen sich lediglich Branchen identifizieren, die stark von Veränderungen im Sinne neuer Produkte und Prozesse betroffen sind, ohne dass sich Aussagen darüber hinaus ableiten ließen, in welcher Weise sich auch die Arbeitsprozesse hierdurch verändern.

1.2 Theoretische Einordnung

Als theoretische Basis für die empirische Untersuchung wird die Cultural Historical Activity Theory, genannt CHAT (vgl. ENGESTRÖM 1999, 2008), herangezogen, die im Folgenden als Tätigkeitstheorie bezeichnet wird. Dies soll die systemische Betrachtung der zu untersuchenden Fragestellung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Systemebenen ermöglichen. Eine tätigkeitstheoretische Analyse baut auf diesen fünf grundlegenden Prinzipien auf (ENGESTRÖM 1987, S. 67):

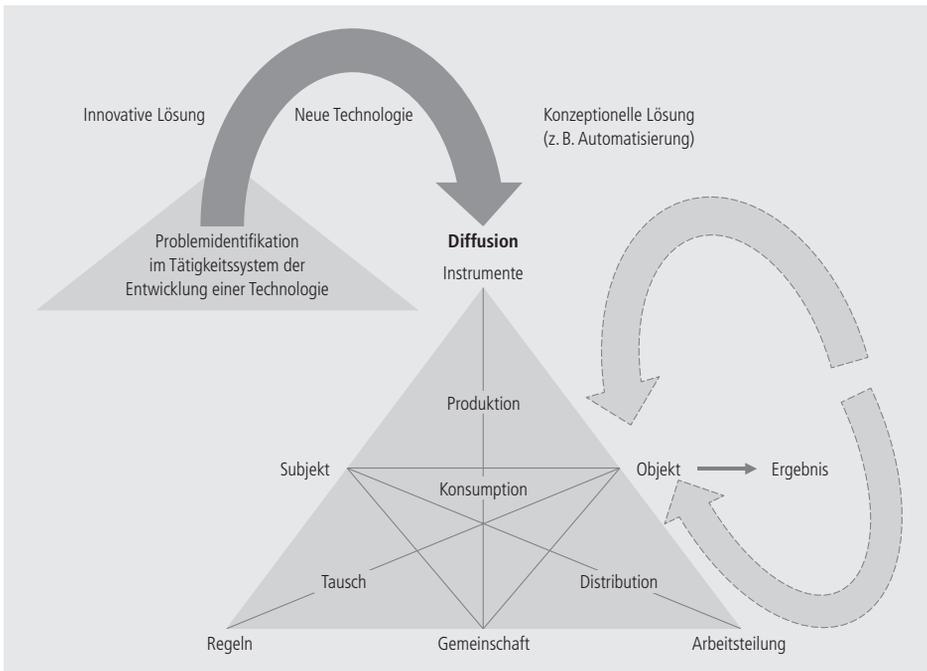
- Das Strukturmodell menschlicher Tätigkeit als zentraler Analysefokus. Hier werden Tätigkeitssysteme in Bezug auf ihre Elemente, Relationen und Prozesse geordnet und Ansätze für Widerstände innerhalb und zwischen Tätigkeitssystemen aufgedeckt.
- Das Prinzip der Historizität betrachtet Tätigkeiten vor ihrem soziokulturellen Hintergrund.
- Das Prinzip der Vielstimmigkeit besagt, dass unterschiedliche Akteure und Gruppen von Akteuren Einfluss auf die Tätigkeitssysteme nehmen.
- Das Prinzip der Berücksichtigung von Widerständen als zentraler 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. Damit wird die Untersuchung von Veränderungsprozessen in sozio-technischen Systemen der Arbeitswelt aus pädagogischer Perspektive möglich (vgl. HACKEL 2011). Das Modell der Tätigkeit stellt nach ENGESTRÖM die kleinste sinnvoll zu analysierende Einheit arbeitsteiliger Prozesse dar und enthält Elemente, die in Relationen zueinander stehen und die vier Grundprozesse Produktion, Konsumption Distribution und Tausch durchlaufen. Das Subjekt und die Gemeinschaft bedienen sich bei der Transformation eines Objekts in ein Produkt der Tätigkeit unterschiedlicher Instrumente und arbeitsteiliger Prozesse, um gesellschaftliche Aufgaben arbeitsteilig zu bewältigen. Abbildung 1 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, S. 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 beeinflusst, in dem sie entwickelt wurden, als auch von den Problemstellungen und Anforderungen aus dem aufnehmenden Tätigkeitsfeld. Dabei kann die Problemlösung in Form neuer Produktkomponenten oder Werkstoffe direkt auf das Objekt der Tätigkeit Einfluss nehmen. Ebenfalls ist es möglich, dass neue Instrumente, z. B. Produktions- und Prüfverfahren oder Organisationsprozesse, entwickelt werden und in das Tätigkeitssystem diffundieren.

Abbildung 1: Ein tätigkeitstheoretischer Analyseansatz zur Untersuchung von technologischen Diffusionsprozessen



Die Tätigkeitstheorie nimmt hinsichtlich der Ausdifferenzierung der Systemelemente im Systemmodell der Tätigkeit keine Spezifizierung vor. So werden alle Hilfsmittel (Werkzeuge, Maschinen, aber auch Zeichen und Symbole), die Subjekt und Gemeinschaft zur Transformation des Objekts der Tätigkeit heranziehen, unter dem Begriff „Instrumente“ zusammengefasst. Die im Rahmen der Sektoranalyse durchgeführten Technologieanalysen machen jedoch eine ausführlichere Definition des Begriffs und

eine Konkretisierung des Strukturelements „Instrumente“ der Tätigkeitstheorie notwendig. Im Projekt wird daher der Technik und Technologiebegriff in Anlehnung an Definitionen der allgemeinen Technologie (vgl. ROPOHL 1999; WOLFFGRAMM 1994)¹ differenziert. Nach ROPOHL (1999, S. 31) wird Technik in dreifacher Hinsicht definiert:

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

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

Zur Realisierung eines technologischen Grundvorgangs werden Arbeitsgegenstände (Stoffe) durch Energieeinträge verändert und durch Informationen gesteuert (vgl. WOLFFGRAMM 1994, S. 74). Dabei werden die Grundvorgänge nach ihrer Funktion (Wandlung, Transport, Speicherung) und nach der Objektkategorie (Stoff, Energie, Information) folgendermaßen klassifiziert (vgl. MÜLLER 1970, S. 59):

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

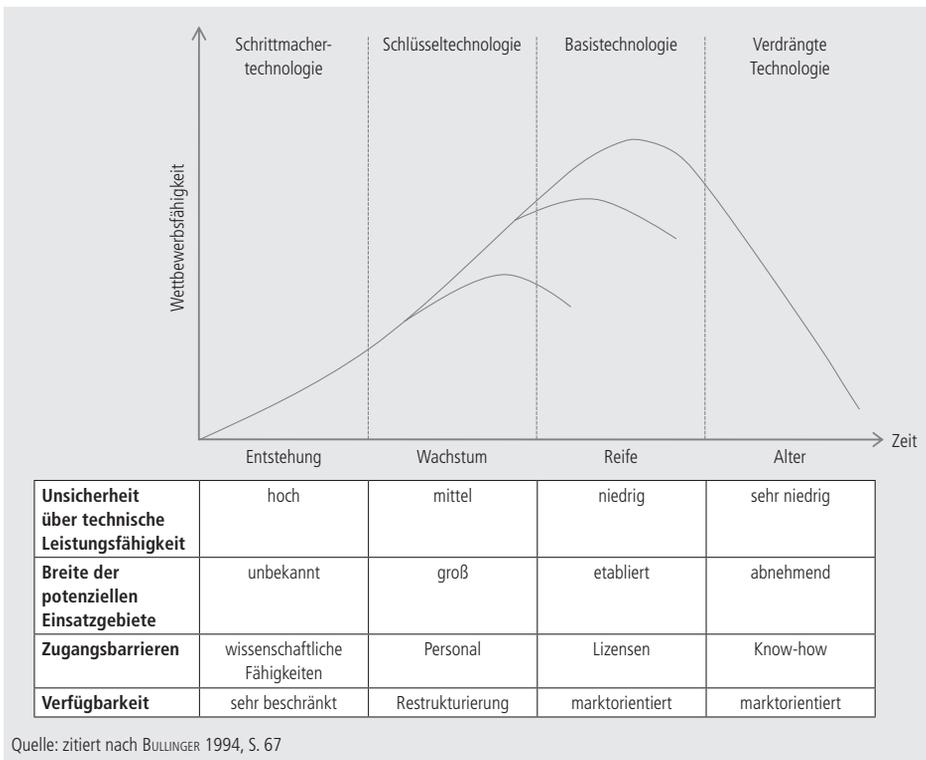
Innerhalb des technischen Systems wird eine Umsetzung der Eingangsgrößen und des inneren Zustands in die Ausgangsgrößen vorgenommen. Als Endzustand steht

1 Kritik an der Definition von Ropohl wird hinsichtlich ihres Anspruchs, die Arbeitslehre als didaktisches Konzept zu begreifen, geäußert (Schmayl 2004). Im Rahmen des hier vorliegenden Projektes wurde die allgemeine Technologie lediglich als Systematisierungsansatz zur Konkretisierung des Technologiebegriffs verwendet.

das Produkt. Darunter wird hier ein Wirtschaftsgut oder Konsumgut verstanden, das in einem technologischen Prozess am Ende der Wertschöpfungskette geschaffen wird. Güter, die als Ausgangsmaterial in einen Produktionsprozess eingehen, sind entweder Rohstoffe oder Halbzeuge. Das Produkt entspricht in der Tätigkeitstheorie dem Objekt der Tätigkeit, das über verschiedene Reifegrade bzw. Bearbeitungsstände zum Ergebnis oder Produkt des Tätigkeitssystems transformiert wird.

Durch diese technologische Spezifizierung ergeben sich im Hinblick auf die Sektoranalyse zwei zentrale Aspekte: Zu fragen ist nach der Ausprägung einer Technologie gemäß der Klassifizierung der allgemeinen Technologie und nach der Prozesskette, die dabei durchlaufen wird. Hierdurch kann z. B. festgestellt werden, ob es sich um einen in der Branche neuartigen Prozess im Sinne einer radikalen Innovation handelt oder um eine inkrementelle Innovation, die ein bewährtes Verfahren oder einen bekannten technologischen Prozess lediglich für ein neues Produkt oder ein innovatives Material modifiziert.

Abbildung 2: **Technologielebenszyklus nach Arthur D. Little**



Zusätzlich ist es, bezogen auf die Technologie, auch notwendig, das tätigkeitstheoretische Prinzip der Historizität zu berücksichtigen und Technologien hinsichtlich ihres Innovationsgehalts und des zeitlichen Verlaufs des Diffusionsprozesses einzuschätzen, also die Frage zu beantworten, was eigentlich unter dem Begriff „neue“ Technologien zu verstehen ist. Betrachtet man Technologien anhand ihres Innovationsgrades, kann die Klassifizierung nach Arthur D. Little zum Lebenszyklus von Technologien (vgl. SPECHT u. a. 2002, S. 70) helfen, eine Fokussierung nach dem Reifegrad vorzunehmen. Hier wird der Einsatz einer Technologie in Relation zu ihrem Marktpotenzial gesetzt.

Folgende Stufen werden unterschieden:

- Technologien in Forschung & Entwicklung (F&E): Die wirtschaftliche Realisierung ist noch nicht erkennbar oder sehr unsicher. Eine vertiefte berufspädagogische Tätigkeitsanalyse ist nicht sinnvoll, da noch nicht abgeschätzt werden kann, ob und in welchen Ausprägungen die Technologie adaptiert wird. Da diese Vorstufe noch keine Relevanz für die Wettbewerbsfähigkeit aufweist, ist sie in der Grafik nicht aufgeführt.
- Schrittmachertechnologien: Erste Auswirkungen der Nutzung auf das Marktpotenzial und die Wettbewerbsdynamik sind bereits erkennbar. Eine vertiefte berufspädagogische Tätigkeitsanalyse ist dann sinnvoll, wenn aufgrund ökonomischer und/oder politischer Weichenstellungen eine weitere Verbreitung der Technologie zu erwarten ist.
- Schlüsseltechnologien: Sie beeinflussen signifikant die gegenwärtige Wettbewerbsfähigkeit. Dabei stellt das Fehlen geeigneten Personals eine Zugangsbarriere für die Verbreitung dar. Es ist zu erwarten, dass die Ergebnisse einer vertieften berufspädagogischen Tätigkeitsanalyse bei frühen Nutzerinnen und Nutzern zeitnah in Empfehlungen zur Gestaltung des Berufsbildungssystems einfließen können.
- Basistechnologien: Diese werden von den Wettbewerbern in etwa gleichem Maße beherrscht. Hier ist zu erwarten, dass die Technologie aufgrund der Breite ihrer Anwendung bereits ihren Weg in das Berufsbildungssystem gefunden hat.
- Verdrängte Technologien: Diese Technologien sind bereits durch neue verdrängt worden.

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

Auch der Begriff der Technologiediffusion bedarf einer Definition. Allgemein bezeichnet der Begriff „Diffusion“ im Zusammenhang mit Innovationen „die Ausbrei-

tung einer Neuerung in einem sozialen System, von ihrer Quelle bis zum letzten Übernehmer“ (FANTAPIÉ ALTOBELLI 1991, S. 2). In der ökonomischen Diffusionsforschung werden das Muster der Diffusion und die Geschwindigkeit ihrer Ausbreitung untersucht. Dieser zeitliche Ablauf der Ausbreitung wird auch als Diffusionsprozess bezeichnet. Die primären Einflussfaktoren auf diesen Prozess sind (vgl. ROGERS 1995):

- die Innovation selbst. Hier spielt die Ausprägung der Technologie eine besondere Rolle. Zur Klassifizierung und Einordnung kann auf die oben erläuterten Konzepte der allgemeinen Technologie (vgl. ROPOHL 1999; WOLFFGRAMM 1994) und zum Technologielebenszyklus (vgl. LITTLE 1985) zurückgegriffen werden;
- die Kommunikationskanäle, über welche die potenziellen Anwender Informationen über die Innovation erhalten;
- das soziale System, also die Gesamtheit der Individuen, die aufgrund gemeinsamer Merkmale und eines ähnlichen Problemlösungsverhaltens das Marktpotenzial für die Neuerung darstellen;
- der Zeitraum, über den sich der Diffusionsprozess erstreckt.

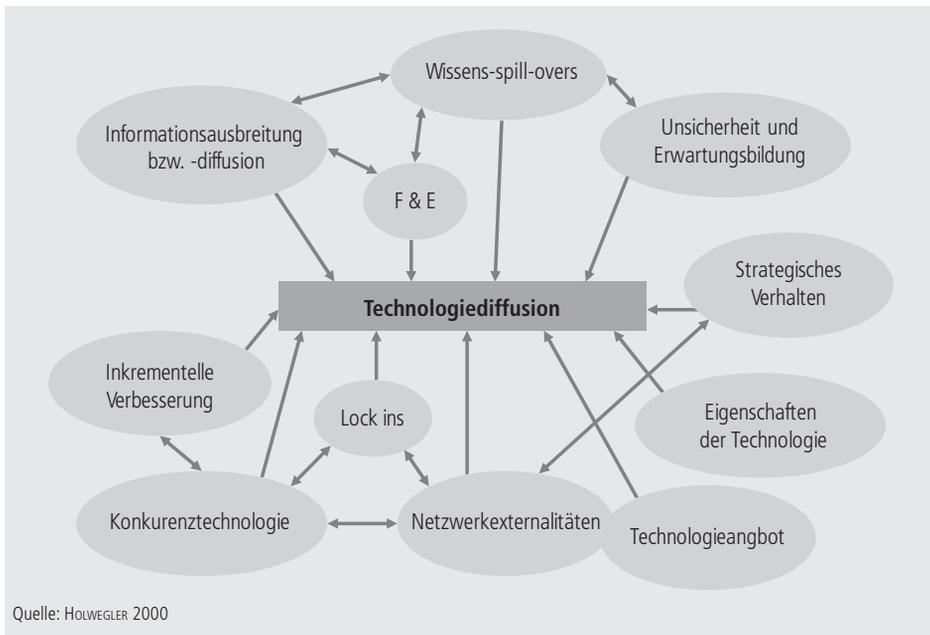
Nach DOSI (1991) kann man verschiedene nachfrageseitige Modelle der Diffusionsforschung unterscheiden. Diese untersuchen, welche Faktoren aufseiten der Übernehmer dazu führen, dass Technologien sich in einem sozialen System verbreiten. Zugleich zeigen sie verschiedene Facetten des Diffusionsprozesses auf, die auch im Hinblick auf eine berufspädagogische Betrachtung zu berücksichtigen sind.

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

Ungleichgewichtsmodelle gehen demgegenüber davon aus, dass Entscheidungen für oder gegen eine Innovation durch historische Entwicklungen oder Netzwerkexternalitäten geprägt sind. Modelle mit steigenden Erträgen, Netzwerkexternalitäten und Pfadabhängigkeiten betrachten nicht die Übernahme einer Technologie, sondern erklären die Entscheidung zwischen unterschiedlichen Technologien. Dabei kann der Nutzen einer Technologie von der Zahl der Anwenderinnen und Anwender abhän-

gen. Wird dieser Nutzen erst spät erreicht, ist aufgrund von Technologiefestlegung bereits eine Entscheidung für eine andere Technologie gefallen, die nur schwer wieder zurückgenommen werden kann („lock in“). Diese Modelle erklären auch Entscheidungen innerhalb von Netzwerken gegen eine rational betrachtet effektivere Technologie. Evolutorische Modelle dagegen gehen davon aus, dass nicht rationales Gewinnmaximierungsstreben den Ausschlag für eine Technologieentscheidung gibt; vielmehr wird eine solche Entscheidung erst dann gegen das vorherrschende Routineverhalten durchgesetzt, wenn das Unternehmen seine Ziele zu verfehlen droht (Marktanteil, Verkaufszahlen). HOLWEGLER (2000) leitet aus einem Vergleich dieser verschiedenen Modelle Einflussgrößen auf die Technologiediffusion ab (siehe Abbildung 3), wobei er zusätzlich auch das Technologieangebot mit seinen Eigenschaften berücksichtigt.

Abbildung 3: **Determinanten der Technologiediffusion**



Betrachtet man die in der Diffusionsforschung identifizierten Einflussgrößen auf die Technologiediffusion, wird deutlich, dass aufgrund der Unsicherheiten, mit denen der Innovationsprozess in der frühen Phase in F&E behaftet ist, eine Fokussierung auf Schlüsseltechnologien sinnvoll erscheint. Dies folgt man der Definition des Technologielebenszyklusmodells von Arthur D. Little (vgl. SOMMERLATTE/DESCHAMPS 1985, S. 52–53), Technologien, die zwar bereits im Arbeitsmarkt zu beobachten sind

und signifikant die gegenwärtige Wettbewerbsfähigkeit beeinflussen, sich aber noch nicht flächendeckend durchgesetzt haben. Gleichzeitig erscheint es notwendig, Netzwerkstrukturen, Kommunikationskanäle und Wertschöpfungsketten zu berücksichtigen, um so einen Überblick über die Informationsflüsse zu neuen Technologien in den jeweiligen sozialen Systemen und Netzwerken der Subsektoren zu gewinnen.

1.3 Methodisches Vorgehen im Projekt

Der methodische Ansatz der Arbeitsforschung baut auf den oben skizzierten Tätigkeitstheoretischen Grundlagen auf und ermöglicht durch den Wechsel zwischen sozialwissenschaftlicher Analyse und Reflexion mit den partizipierenden Praktikerrinnen und Praktikern einen ertragreichen Forschungsprozess. Ein ähnliches Vorgehen hat sich auch in der berufspädagogischen Qualifikationsforschung (vgl. z. B. WINDELBAND 2005, 2009) bewährt. Der Unterschied zu diesen Ansätzen liegt in der starken Betonung eines partizipativen Lernprozesses der „Community of Practice“ und damit in der stärkeren Verankerung in einer pädagogischen Theorie. Das Projekt verläuft in vier Forschungsphasen:

- Phase 1: In dieser frühen Phase im Projekt wird die in diesem Papier erläuterte Sektoranalyse in Form einer Sekundärdatenauswertung zur Ausprägung der technologischen Diffusion in einzelnen Branchen und Branchensegmenten des produzierenden Gewerbes durchgeführt; ebenfalls werden die vorherrschenden Netzwerkstrukturen beleuchtet. Auf der Basis der Ergebnisse dieser Analyse werden dann betriebliche Fallbeispiele ausgewählt.
- Phase 2: Im Zentrum der Untersuchung stehen die betrieblichen Fallbeispiele, die mehrere aufeinander aufbauende Schritte durchlaufen. Zunächst werden Interviews mit Schlüsselpersonen der „Community of Practice“ durchgeführt, um die Angemessenheit und Realisierbarkeit betrieblicher Fallbeispiele einzuschätzen. Danach werden in problemzentrierten Interviews auf der Ebene der Facharbeiterinnen und -arbeiter sowie Meisterinnen und Meister Hinweise zu veränderten Arbeitsaufgaben, Herausforderungen und Qualifizierungsbedarfen identifiziert. In einer ergänzenden Gruppendiskussion mit relevanten Entscheiderinnen und Entscheidern werden diese im betrieblichen Zusammenhang reflektiert, wobei bereits lokale Lösungsansätze erörtert werden können.
- Phase 3: Die in den Fallbeispielen gewonnenen Daten werden in einem Workshop mit Branchenvertreterinnen und -vertretern reflektiert, um die Relevanz der Ergebnisse und den möglichen Qualifizierungsbedarf innerhalb der Branche zu ermitteln.
- Phase 4: In einem letzten Schritt erfolgt ein branchenübergreifender Fallvergleich zur Identifizierung von Indikatoren für ein auf Dauer angelegtes Technologiemonitoring mit genuin berufspädagogischer Zielsetzung.

2 Herausforderungen und Strategien der Sektoranalyse

Die Herausforderung in der ersten Projektphase bestand darin, eine kriteriengeleitete Auswahl hinsichtlich der zu untersuchenden Technologiefelder und Branchen herbeizuführen. Hierzu wurde auf Grundlage der beiden weiter oben konkretisierten Begriffe – Technologie und Diffusion – ein Raster zur Beschreibung von Technologiefeldern erarbeitet. Darüber hinaus wurde eine Trichterstrategie zur Eingrenzung des Forschungsfelds abgeleitet, um die Komplexität der Themenstellung bezüglich des Forschungsfelds und der zu untersuchenden Technologiebereiche zu reduzieren.

Aus forschungsökonomischen Gründen wurden die Aktivitäten der Innovationsforschung der Bundesressorts herangezogen, um sogleich einen systematischen Einstieg in das Thema zu finden. Diese Ressourcen wurden unter der Perspektive reflektiert, inwieweit sich Anknüpfungspunkte für eine berufspädagogische Dauerbeobachtung finden lassen bzw. inwiefern es wünschenswert wäre, diese Aktivitäten des Bundes aus berufspädagogischer Sicht zu ergänzen. Vor allem die sozioökonomische Innovationsforschung und die Innovationsforschung im Zusammenhang mit der Forschungsförderung der Bundesregierung erschienen interessante Ausgangspunkte zu sein.

- Die sozioökonomische Innovationsforschung dient dem Vergleich des Innovationspotenzials einzelner Branchen und im europäischen Wirtschaftsraum. Im zweijährigen Rhythmus untersucht das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung im Auftrag der Bundesregierung das Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft auf Branchenebene. Hierbei werden u. a. folgende Indikatoren zugrunde gelegt: Ausgaben für Innovationen, Beteiligung an Innovationsprojekten, Anzahl der Produktinnovationen (Marktneuheiten, Sortimentsneuheiten, Nachahmerinnovationen), Prozessinnovationen (Umsatzanstieg durch Kosteneinsparung bzw. Qualitätsverbesserung). Die Ergebnisse dieser Studie wurden eingegrenzt auf das Forschungsfeld „produzierendes Gewerbe“ und sodann ausgewertet. Da die Indikatoren dieser Studie nicht gezielt auf technologische Fragen ausgerichtet sind, ist der Informationsgehalt für eine technologische Dauerbeobachtung eher gering. Es lassen sich jedoch Branchen mit hoher Innovationsintensität identifizieren, deren Analyse sinnvoll erscheint.
- Innovationsforschung zur Unterstützung der Hightech-Strategie der Bundesregierung und der Forschungsförderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Hier wurden im Foresight-Prozess unter Verwendung eines Multimethodenansatzes (Bibliometrie, Monitoring, Inventorensouting, Online-Befragung) Leitmärkte und Schlüsseltechnologien identifiziert, die als Ausgangspunkt für eine zielgerichtete Förderpolitik in den nächsten Jahren gelten. Diese Leit-

märkte werden durch relevante neue Technologien unterstützt, die in der gesamten Volkswirtschaft wirksam sind. Im Rahmen des Foresight-Prozesses (vgl. CUHLS u. a. 2009) wurde zusätzlich eine Unterscheidung nach dem Etablierungsgrad von Forschungsfeldern vorgenommen und die Forschungsthemen in diesen Feldern aufgelistet. Etablierte Forschungsfelder sind demnach technologische Forschungsfelder, die in Forschungsperspektive und Struktur bereits gefestigt sind. Durch die Konzentration auf diese Felder konnte im Projekt eine erste Eingrenzung der Technologiebereiche vorgenommen werden. Da sich die Untersuchung auf die Diffusion als letzte Phase im Innovationsprozess bezieht und unter ordnungspolitischen Gesichtspunkten vor allem Diffusionsprozesse mit einer gewissen Breitenwirksamkeit relevant sind, ist davon auszugehen, dass Diffusionsprozesse vor allem in den Technologiefeldern zu beobachten sind, die sich in der Forschung bereits etabliert haben. Die Ergebnisse dieser Studie wurden als Ausgangspunkt für die eigene Sekundärdatenanalyse herangezogen, indem die genannten Technologiefelder in ihren Unterausprägungen hinsichtlich ihres Diffusionsgrads, ihrer Prozessketten und ihrer möglichen Qualifikationsveränderungen untersucht wurden.

Ausgangspunkt für die Filterstrategie zur Identifikation von Fallbeispielen war die Branchenklassifikation des NACE Rev.² Aus den Branchen des produzierenden Gewerbes wurden zunächst die Branchen ausgewählt, in denen eine hohe Innovationsaktivität nach der Innovationserhebung des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) von 2010 (vgl. RAMMER u. a. 2011) besteht. Diese Angaben wurden sodann mit den Ergebnissen einer Studie des Instituts der deutschen Wirtschaft in Köln (vgl. IW CONSULT GMBH 2009) verglichen und – dort, wo nötig – erweitert, weil die Indikatoren dieser Studie auch einzelne technologische Aspekte berücksichtigen. Eine erste Begrenzung des Technologiefokus wurde mithilfe der im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung erarbeiteten Foresight-Studie zu etablierten Zukunftsfeldern (vgl. CUHLS u. a. 2009) vorgenommen. Aus diesen Feldern wurden im Rahmen der Sekundärdatenanalyse Technologien in unterschiedlicher Detailtiefe mithilfe der identifizierten Kriterien analysiert.

Die Sekundärliteratur zu den identifizierten Branchen und Technologiefeldern wurde anhand eines Kriterienkatalogs systematisiert und in Kurzüberblicken zu unterschiedlichen Technologiefeldern zusammengefasst und mittels qualitativer Interviews validiert und ergänzt. Auf dieser Grundlage konnten Hinweise für eine gezielte Fallauswahl für die ausstehenden empirischen Arbeitsschritte gewonnen werden.

2 Der NACE Rev ist eine gründliche Revision der europäischen Klassifikation der Wirtschaftszweige, die im Jahr 2001 durchgeführt wurde.

3 Informationsgehalt der Sekundärdaten am Beispiel „Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoffe (CFK)“ in der industriellen Fertigung

Die folgende Beschreibung der CFK-Technologie in der industriellen Fertigung im Leichtbau entstand in der Auseinandersetzung mit dem Themenfeld Materialwissenschaften und soll einen exemplarischen Überblick über den Informationsgehalt der systematischen Analyse von Sekundärdaten geben. Sie stellt dabei nur ein Beispiel der unterschiedlichen Technologien dar, die in der Sektoranalyse betrachtet wurden.

Zunächst erfolgte eine systematische Analyse der Technologie entlang den aus der allgemeinen Technologie abgeleiteten Kriterien. Hieraus konnte die folgende Technologiebeschreibung zusammengefasst werden: CFK sind Leichtbaumaterialien mit besonderen Materialeigenschaften. Sie gehören zu der Werkstoffklasse der Verbundstoffe, deren Weiterentwicklung seit 1965 stetig voranschreitet. Es werden unterschiedliche Produkte (Platten, Rohre, Folien, Stäbe, Profile, Formteile) aus CFK gefertigt. Dazu werden die Fasern in einer Matrix aus Epoxidharzen getränkt und gehärtet. Die Fasern können lose in Strängen oder als Gelege und Gewebe verarbeitet werden. Der Werkstoff besitzt viele positive Eigenschaften (leicht, fest, schwingungsarm, biokompatibel, hitzebeständig), die ihn für unterschiedliche Anwendungen interessant machen. Bedeutsamstes Einsatzfeld ist die Verarbeitung im Leichtbau (Gewichtsreduktion gegenüber Stahl beträgt 70 Prozent, gegenüber Aluminium 30 Prozent). Es kommen unterschiedliche Verfahren für die industrielle Verarbeitung von CFK zum Einsatz: SMC-Pressverfahren (SMC=Sheet Molding Compound), BMC-Heißpressen (BMC=Bulk Molding Compound), Strangziehverfahren (Pultrusion), Faserwickeln, Schleudern, RTM-Spritzpressen (RTM=Resin Transfer Moulding). Die verbreitetste Verarbeitungstechnik ist das Kleben, erste Ansätze zur Laserbearbeitung sind in Forschung und Entwicklung. Für die industrielle Verarbeitung in der Großserienfertigung ist ein hoher Automatisierungsgrad entscheidendes Auswahlkriterium für den Einsatz von CFK. In den Sekundärdaten finden sich Informationen, welche Prozesskette bei der industriellen Fertigung von CFK durchlaufen wird und welche Prozessschritte dabei aktuell automatisiert ablaufen (vgl. ABELE/REINHART 2011, S. 116).

Insgesamt ist in Deutschland in den letzten Jahren ein stetiges Wachstum beim Einsatz von CFK zu verzeichnen. Erste Automatisierungslösungen für die Großserienproduktion stehen unmittelbar vor der Einführung. Neben den genannten Materialeigenschaften ist ein weiterer Grund hierfür in der Nachfrage nach energieeffizienten Materialien zu sehen. Eine vollständige Substitution von Stahl und Aluminium ist nach Ansicht der Expertinnen und Experten nicht zu erwarten. Werkstoffkombinationen werden derzeit diskutiert. Das Recycling von Faserver-

bundwerkstoffen ist ebenfalls ein Zukunftsthema, in dem erste Lösungen auf dem Markt zu finden sind (vgl. KRAUS 2011, S. 10). Hier erhielt die Firma Zajons mit dem Produkt CompoCycle den Umwelt-Innovationspreis 2011. Diese Technologie kann in die Kategorie „Stoffwandlung“ eingeordnet werden. Der Innovationsgrad ist je nach Diffusionsfeld unterschiedlich zu bewerten. In der industriellen und automatisierten Fertigung, z. B. in der Automobilindustrie, ist der Innovationsgrad radikal; in der Manufaktur, z. B. im Bootsbau oder Segelflugzeugbau, inkrementell.

Eine Betrachtung der regionalen Verteilung zeigt Schwerpunkte für die industrielle Fertigung von CFK in Bayern (Spitzencluster MAI Carbon) und Norddeutschland (Luftfahrtcluster Metropolregion Hamburg, vor allem Stade, aber auch die Region Leipzig, in der das „Mega City Vehicle“ von BMW ab 2013 vom Band laufen soll). Diffusionsfelder sind Fahrzeugbau (C29, C30), Elektroindustrie (C26), medizintechnische Anwendungen (C26.6/C32.5) und Rohrleitungsbau (F42). Aktuell wird die Großserienproduktion von CFK-Produkten insbesondere im Automobilbau intensiv vorangetrieben.

Im Hinblick auf eine differenzierte diffusionstheoretische Betrachtung sind in Bezug auf die Fragestellungen auch Branchenstrukturen, Netzwerke und Informationskanäle von besonderem Interesse. Hier reicht es nicht, nur die Hersteller von CFK in den Blick zu nehmen. Vielmehr sind die Branchen und Berufsstrukturen in den Diffusionsfeldern von großem Interesse. Auch hier werden die Ergebnisse der Sekundärdatenanalyse exemplarisch beschrieben, wobei an dieser Stelle nur die Netzwerkstrukturen im Feld CFK und die Automobilindustrie dargestellt werden.

a) Carbonfaserverbund

- Spitzencluster MAI Carbon: Zusammenschluss von 72 Partnern aus unterschiedlichen Anwendungsbranchen mit dem Schwerpunkt Einsatz von CFK-Bauteilen in der Massenproduktion;
- Cluster „Neue Werkstoffe“;
- „CFK-Valley Stade“ – Neue Bauweisen und automatisierte Fertigungsprozesse für den Carbonfaserverbundleichtbau der Zukunft.

b) Automobilindustrie

- Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA): Das zentrale Engagement des VDA gilt den Interessen der gesamten deutschen Automobilindustrie auf nationaler und internationaler Ebene;
- Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe (ZDK);
- Zentralverband Karosserie- und Fahrzeugtechnik (ZKF);
- IG Metall;
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU): Forschungs- und Entwicklungspartner bundesweit auf dem Gebiet der Produk-

tionstechnik für den Automobil- und Maschinenbausektor. Schwerpunkte sind die Entwicklung intelligenter Produktionsanlagen zur Herstellung von Karosserie- und Powertrain-Komponenten sowie die Optimierung der damit verbundenen umformenden und spanenden Fertigungsprozesse;

- Technische Akademie des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes (TAK);
- Messen: Automechanika, Automobilmesse Erfurt, Internationale Automobil-Ausstellung (IAA);
- Spitzencluster Elektromobilität Süd-West;
- Autoland Baden-Württemberg: Clusterinitiative Automotive Region Stuttgart;
- Competence Center Automotive Region Aachen/Euregio Maas-Rhein;
- Commercial Vehicle Cluster (CVC) Südwest;
- Automotive Wirtschaftsregion Bergisches Städtedreieck;
- Automotive Nordwest;
- Ebene der mittleren Qualifikation. Folgende Berufe werden für die Branche spezifisch ausgebildet: Ausbildungsberufe: Kraftfahrzeugmechatroniker/-in, Kfz-Servicemechaniker/-in, Land- und Baumaschinenmechaniker/-in, Zweiradmechaniker/-in, Fahrzeuglackierer/-in, Mechaniker/-in für Reifen- und Vulkanisationstechnik, Fahrzeuginnenausstatter/-in, Mechaniker/-in für Karosserieinstandhaltungstechnik, Karosserie- und Fahrzeugbaumechaniker/-in; folgende Berufe sind Fortbildungsberufe: Kfz-Servicetechniker/-in (FB), Kraftfahrzeugtechnikermeister/-in, Karosserie und Fahrzeugbaumeister/-in.

Folgende Aspekte führten zur Auswahl der industriellen Fertigung im Leichtbau als Themenfeld für ein Fallbeispiel:

- Der Branchenbezug: Die Fertigung von CFK gewinnt in unterschiedlichen Branchen an Bedeutung. Neben dem hier beschriebenen Feld des Automobilbaus sind weitere Diffusionsfelder im Fahrzeugbau (Luft- und Raumfahrt/Bootsbau) sowie innovative Felder, wie die Fertigung von Windkraftanlagen und die Medizintechnik, zu nennen.
- Die Einordnung in die Zukunftsfelder der Hightech-Strategie: Klima/Energie, Mobilität, Gesundheit.
- Der unterschiedliche Innovationsgrad in Bezug auf die Branche, in der das Fallbeispiel durchgeführt wird: In der industriellen/automatisierten Fertigung (Automobilindustrie) ist dieser radikal, in der Manufaktur (Bootsbau, Segelflugbau) inkrementell.
- Die unterschiedliche Einordnung im Technologielebenszyklus nach Little: Schlüsseltechnologie (Automobilbau), Basistechnologie (Bootsbau, Segelflugbau).
- Der Bearbeitungsprozess in der Branche: Die industrielle Fertigung von CFK gilt als Enabler für neue Technologien (z. B. Elektromobilität).

- Der unterschiedliche Bekanntheitsgrad: In der Luft- und Raumfahrt ist die Bearbeitung von CFK bekannt, durch neue Produktionsverfahren ergeben sich allerdings weitere interessante Aspekte. In der Medizintechnik ist die Fertigung von CFK bekannt. Im Bootsbau ist CFK etabliert in der Manufakturfertigung. In der Fertigung von Windkraftanlagen ist dies ebenfalls der Fall. In der Fertigung der Automobilbranche ist CFK neuartig, bislang wurden lediglich einzelne Zulieferteile aus CFK eingebaut. Es handelt sich bei der industriellen Fertigung von CFK in der Automobilindustrie um einen Fertigungsprozess mit einem neuen Material, der zum einen die Fertigungskette in diesem Diffusionsfeld um den Aspekt der Werkstoffherstellung/Urformen erweitert, womit veränderte Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen verbunden sind. Da ein Material mit vollkommen anderen Materialeigenschaften als bisher verwendet wird, ist zudem zu vermuten, dass es auch in den Prozessschritten Reparatur und Service zu Veränderungen kommt.
- Das Fallbeispiel eignet sich besonders dazu, Technologiediffusion in unterschiedlichen Branchen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Technologielebenszyklus je nach Branche zu beleuchten und so Hinweise für die Indikatorentwicklung und für ein forschungsökonomisch sinnvolles methodisches Vorgehen zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Diffusionsprozess zu gewinnen.

4 Fazit: Sekundärdaten als Startpunkte für die Analyse technologischer Veränderungen

Es kann anhand des Beispiels CFK zusammenfassend festgestellt werden, dass sich in der fach- und berufsbezogenen Sekundärliteratur eine Fülle an Informationen zu Technologien und ihren Einsatzfeldern finden lässt. Vor allem Fachbücher, Zeitschriften, Informationsmaterialien von Technologienetzwerken und Verbänden, aber auch Kommentare im Zusammenhang mit der Verleihung von Innovationspreisen und Fachmessen liefern Informationen. Allerdings ist der Informationsgehalt sehr gering, wenn man berufspädagogische Erkenntnisse aus den Daten ableiten möchte. Hinweise in Bezug auf Bildungsfragen sind zudem meist auf die akademische Bildung ausgerichtet.

Dennoch können schon in dieser frühen Phase des Projekts „DifTech“ einige Schlussfolgerungen für die zukünftige Technologiedauerbeobachtung konstatiert werden. Notwendig bei der Betrachtung von technologischen Veränderungen unter berufspädagogischer Perspektive erscheint neben einem Überblick über gesellschaftliche und technologische Trends immer der konkrete Bezug zur Branche oder zum Praxisfeld der Technologie, da zum einen die Technologie durch Produktionstechnik an die jeweiligen Anforderungen der Einsatzfelder angepasst wird und zum

anderen durch die verschiedenen Ausgangslagen in den Qualifikationsstrukturen unterschiedlicher Branchen auch unterschiedliche Qualifizierungsbedarfe zu erwarten sind. Aus diesem Grund erscheint die breite Partizipation wichtiger Praxispartner notwendig, um auf Branchenebene relevante Qualifikationsanforderungen zu identifizieren und den Transfer von Untersuchungsergebnissen aus betrieblichen Fallstudien ins Berufsbildungssystem zu gewährleisten.

Die Betrachtung vollständiger Wertschöpfungsketten in einem Diffusionsfeld liefert wichtige Informationen hinsichtlich lohnender empirischer Untersuchungsschritte. Daneben scheint die zeitliche Dimension bei der Untersuchung von Diffusionsprozessen eine besondere Rolle zu spielen. Die zum jetzigen Projektzeitpunkt aufgestellte Hypothese, dass die Analyse von Technologien auf Basis der empirischen Qualifikationsforschung erst im Stadium einer Schlüsseltechnologie für die Ordnungsarbeit verwertbare Ergebnisse liefert, muss noch geprüft werden. Sekundärdaten zur zeitlichen Einordnung einer Technologie in einem Feld sind nicht immer verfügbar. Daher sind als Ergänzung Interviews mit Expertinnen und Experten aus dem Bereich der Produktionstechnik unerlässlich.

Die Ergebnisse der Begleitforschung zur Forschungsförderung der Bundesregierung geben Hinweise auf relevante Technologien in Forschung und Entwicklung. Besonders interessant erscheinen hier etablierte Forschungsfelder, die bereits Transferstrukturen entwickelt haben. Durch die frühzeitige Identifikation von betrieblichen Praktiken der frühen Nutzerinnen und Nutzer im Umgang mit innovativen Aufgabenstellungen können Erkenntnisse für die Branche gewonnen werden, die dem Innovationstransfer in der Branche förderlich sind. Die Anbindung vertiefter Analysen auf Basis der empirischen Qualifikationsforschung an geförderte Clusterstrukturen erscheint in diesem Zusammenhang vielversprechend, um frühzeitig relevante Veränderungen von Arbeitsaufgaben aufzudecken und durch gezielte Interventionen Berufsbildung als gestalterisches Element in Veränderungsprozessen zu etablieren. Aus diesem Grund wurde zum Beispiel im geschilderten Fall der Kontakt zum Spitzencluster MAI Carbon gesucht, um die geförderten Clusterstrukturen für die weiteren, oben beschriebenen empirischen Schritte im Fallbeispiel zu nutzen und einen Dialog in der „Community of Practice“ zu initiieren.

Literatur

- ABELE, Eberhard; REINHART, Gunther: Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München 2011
- ABICHT, Lothar: Qualifizierungsbedarf KMU Optische Technologien. Empirische Studie. Düsseldorf 2004
- ABICHT, Lothar: Weiterbildungsbedarf in Unternehmen der Nanotechnologie. Studie auf der Basis einer quantitativen Unternehmensbefragung. Düsseldorf 2008

- ABICHT, Lothar; FREIKAMP, Henriette: Ermittlung von Trendqualifikationen als Basis zur Früherkennung von Qualifikationserfordernissen? Schlussbericht zum Projekt. Halle 2007
- ABICHT, Lothar; FREIKAMP, Henriette; SCHUMANN, Uwe: Ermittlung von Qualifikationserfordernissen in der Nanotechnologie. Luxemburg 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: Abschlussbericht Trendqualifikationen im Bereich der Nanotechnologie. Halle 2005
- AGEMAR, Thorsten; LENTGE, Henning; HARTMANN, Hans-Jürgen: Weiterbildungsangebote Optische Technologien. Bestandsaufnahme und Analyse. Düsseldorf 2003
- BARON, Waldemar; HEYBROCK, Eckhard; KORTE, Sabine: Aus-/Weiterbildung. Berufsausbildung in innovativen Technologiefeldern. In: VDI Z-Integrierte Produktion 147 (2005) 6, S. 64
- BODROŽIĆ, Zlatko: Post-Industrial Intervention. An Activity-Theoretical Expedition Tracing the Proximal. Development of Forms of Conducting Interventions. Diss. Univ Helsinki, 2008
- BULLINGER, Hans-Jörg: Einführung in das Technologiemanagement. Stuttgart 1994
- CUHLS, Kerstin; GANZ, Walter; WARNKE, Philine (Hrsg.): Foresight-Prozess im Auftrag des BMBF. Etablierte Zukunftsfelder und ihre Zukunftsthemen. Karlsruhe, Stuttgart 2009
- DOSI, Giovanni: The Research on Innovation Diffusion: An Assessment. In: NAKICENOVIC, Nebojsa; GRÜBLER, Arnulf (Hrsg.): Diffusion of Technologies and Social Behavior. Berlin 1991
- ENGESTRÖM, Yrjö: Learning expanding: An activity-theoretical approach to developmental research Helsinki 1987
- ENGESTRÖM, Yrjö: Lernen durch Expansion. Marburg 1999
- ENGESTRÖM, Yrjö: Entwickelnde Arbeitsforschung. Die Tätigkeitstheorie in der Praxis. Berlin 2008
- FANTAPIÉ ALTOBELLI, Claudia: Die Diffusion neuer Kommunikationstechniken in der Bundesrepublik Deutschland. Heidelberg 1991
- FENZL, Claudia; SPÖTTL, Georg; HOWE, Falk; BECKER, Martin (Hrsg.): Berufsarbeit von morgen in gewerblich-technischen Domänen: Forschungsansätze und Ausbildungskonzepte für die berufliche Bildung. Bielefeld 2009
- FISCHER, Friedhelm u. a.: Optische Technologien im Handwerk – Qualifizierungsangebot und Bedarf. Einschätzung aus Sicht von Anwenderbetrieben, Herstellerunternehmen, Bildungsträgern und Technologietransferstellen des Handwerks. Düsseldorf 2005
- GIDION, Gerd u. a.: Spurensuche in der Arbeit – Ein Verfahren zur Erkundung künftiger Qualifikationserfordernisse. Bielefeld 2000
- HACKEL, Monika: Auf dem Weg zum interdisziplinären mechatronischen Konstruktionsprozess. Entwickelnde Arbeitsforschung im Maschinen- und Anlagenbau. Frankfurt am Main 2011

- HOLWEGLER, Bernhard: Implikationen der Technologiediffusion für technologische Arbeitslosigkeit. Stuttgart 2000
- IW CONSULT GMBH: Branchenranking. Deutschlands Zukunftsbranchen. Empirische Bestandsaufnahme und Ableitung eines Rankings. Köln 2009
- KRAUS, Josef: AVK-Gespräch. Mithilfe von Netzwerken die Aufgaben meistern. MM Composites World, Februar 2011, S. 10–11
- LITTLE, Arthur D. (Hrsg.): Management im Zeitalter strategischer Führung. Wiesbaden 1985
- LUTHER, Wolfgang; MALANOWSKI, Norbert: Das wirtschaftliche Potential der Nanotechnologie. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, Karlsruhe, 13 (2004) 2, S. 26–33
- MÜLLER, Johannes: Grundlagen der Systematischen Heuristik Berlin 1970
- RAMMER, Christian u. a.: Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft 2010, Indikatorenbericht. Mannheim 2011
- ROGERS, Everett M.: Diffusion of Innovations. New York 1995
- ROPOHL, Günter: Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. Wien, München 1999
- SCHMAYL, Winfried: Arbeits- und Techniklehre auf der Basis einer allgemeinen Technologie. Eine Auseinandersetzung mit den fachdidaktischen Vorstellungen Günter Ropohls. Zeitschrift für Technik im Unterricht 114 (2004), S. 5–10
- SCHÖNMANN, Klaus (Hrsg.): Qualifikationen von morgen. Ein deutsch-französischer Dialog. Bielefeld 2001
- SEIDEL, Rainer: Denken. Psychologische Analyse der Entstehung und Lösung von Problemen. Frankfurt am Main 1976
- SOMMERLATTE, Tom; DESCHAMPS, Jean-Philippe: Der strategische Einsatz von Technologien. – Konzepte und Methoden zur Einbeziehung von Technologien in die Strategieentwicklung des Unternehmens. In: LITTLE, Arthur D. (Hrsg.): Management im Zeitalter strategischer Führung. Wiesbaden 1985, S. 9–78
- SPECHT, Günter; BECKMANN, Christoph; AMELINGMEYER, Jenny: F&E-Management. Kompetenz im Innovationsmanagement. Stuttgart 2002
- WINDELBAND, Lars: Früherkennung des Qualifikationsbedarfs in der Berufsbildung. Bielefeld 2005
- WINDELBAND, Lars: Internet der Dinge – eine Zukunftstechnologie und deren Bedeutung für die Facharbeit. In: FENZL, Claudia; SPÖTTL, Georg; HOWE, Falk; BECKER, Martin (Hrsg.): Berufsarbeit von morgen in gewerblich-technischen Domänen: Forschungsansätze und Ausbildungskonzepte für die berufliche Bildung. Bielefeld 2009, S. 67–72
- WOLFFGRAMM, Horst: Allgemeine Technologie. Hildesheim 1994

© 2014 by Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn
Herausgeber: Bundesinstitut für Berufsbildung, 53142 Bonn
Internet: <http://www.bibb.de/veroeffentlichungen>

aus: HACKEL, Monika: Startpunkte für die Analyse technologischer
Veränderungen aus berufspädagogischer Perspektive.
In: SEVERING, Eckart; WEIß, Reinhold (Hrsg.): Weiterentwicklung von
Berufen – Herausforderungen für die Berufsbildungsforschung. Bielefeld
2014, S. 59 - 77



Der Inhalt dieses Werkes steht unter einer Creative
Commons Lizenz
(Lizenztyp: Namensnennung – Keine kommerzielle
Nutzung – Keine Bearbeitung – 3.0 Deutschland).

Das Werk wird durch das Urheberrecht und/oder einschlägige Gesetze geschützt. Jede
Nutzung, die durch diese Lizenz oder Urheberrecht nicht ausdrücklich gestattet ist, ist
untersagt. Weitere Informationen finden Sie im Internet auf unserer Creative
Commons-Infoseite: <http://www.bibb.de/cc-lizenz>