

EVOLUTION DER INDUSTRIELLEN PRODUKTION – TRANSFORMATION DER INDUSTRIEARBEIT

In der globalisierten Wissensgesellschaft steht die Wirtschaft kontinuierlich unter dem Zwang, sich den Anforderungen des Marktes und der Herausforderungen des wissenschaftlich-technischen Wandels anzupassen. Wie schon seit jeher, wird auch in den nächsten fünf bis zehn Jahren dieser evolutionäre Prozess den Stellenwert und die Gestalt des Arbeitens drastisch verändern. Dabei sind die weitere Verwissenschaftlichung und Technisierung der Produktion wichtige Treiber. Sie führen zu neuartigen Anforderungen an Kompetenzen und Qualifikationen der Beschäftigten. Sie sind aber auch mitverantwortlich für ein sich abzeichnendes doppeltes Problem: das weitere Verschwinden geringqualifizierter Arbeit und zunehmende Personalengpässe bei hochqualifizierter Arbeit.

Schlüsseltechnologien der Zukunft identifiziert wurden, auf ihre potenziellen arbeitsrelevanten Wirkungen hin diskutiert: die Biotechnologie, die Nanotechnologie sowie das Konzept der Ambient Intelligence (AmI).

Es ist ein Anliegen dieses TAB-Berichts, die arbeitsrelevanten Auswirkungen der Nutzung dieser Technologien zu diskutieren und damit einen vorausschauenden Blick auf die potenzielle Gestalt der Industriearbeit der Zukunft zu wagen – auch wenn einige Einschätzungen und Schlussfolgerungen aufgrund kaum vorhandener empirischer Erkenntnisse und belastbarer Daten eher vorsichtig formuliert werden müssen.

Im Folgenden werden eine Auswahl der Ergebnisse aus den Analysen der drei zukünftigen Schlüsseltechnologien präsentiert und einige Thesen zum Beobachtungs- und Handlungsbedarf zur Diskussion gestellt. Die ebenso differenzierten Ergebnisse zu

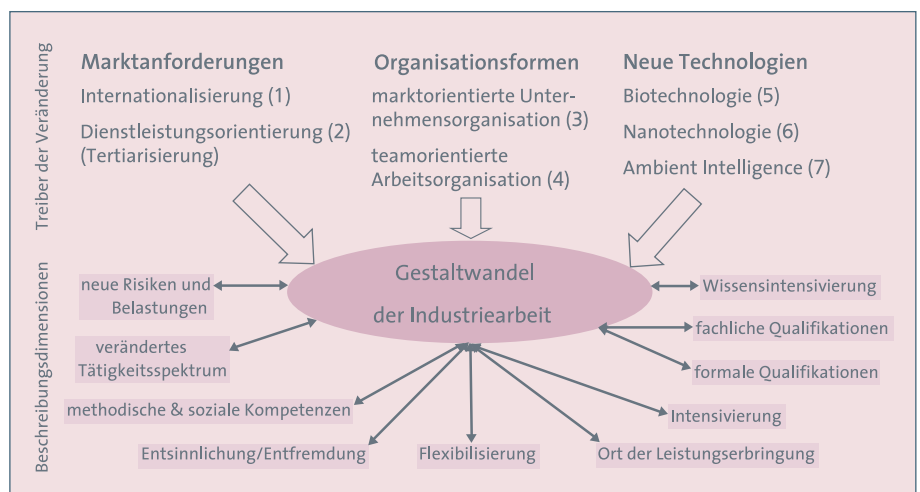
Thema des von einem Team des Fraunhofer-Instituts erarbeiteten und im März 2007 vorgelegten TAB-Zukunftsreports ist das »Arbeiten in der Zukunft« am Beispiel der Industriearbeit, der betrachtete Zeithorizont ist etwa fünf bis zehn Jahre. Ziel des Zukunftsreports ist es, zu ermitteln und zu diskutieren, welchen Veränderungen die Arbeit in produzierenden Industrieunternehmen im Zusammenhang zukünftig veränderter Rahmenbedingungen unterliegen wird.

- › Zum Ersten werden wesentliche potenzielle Entwicklungspfade der Industriearbeit analysiert und beschrieben, die aus den veränderten Anforderungen der weiter zunehmenden Internationalisierung und »inneren Tertiarisierung« der Industriebetriebe erwachsen.
- › Zum Zweiten werden entsprechend veränderte Organisationsformen der Unternehmen in ihren möglichen Auswirkungen auf die Industriearbeit untersucht.
- › Zum Dritten werden drei exemplarische Technologiestränge, die in verschiedenen Studien als

TREIBER DER VERÄNDERUNG

Um die wesentlichen Konturen zukünftiger Industriearbeit herauszuarbeiten und zu einem plausiblen Gesamtbild zukünftigen Arbeitens in diesem Schlüsselsektor der deutschen Wirtschaft zusammenzuführen, wurde im TAB-Projekt ein mehrdimensionaler Analyseansatz zugrunde gelegt (s. Abb.). Im Kontext dreier Schwerpunkte – Marktanforderungen, Organisationsformen von Betrieb und Arbeit, Neue Technologien – werden insgesamt sieben Treiber der Evolution von Industriearbeit identifiziert und hinsichtlich ihrer Folgedimensionen analysiert.

ZUKUNFT DER INDUSTRIEARBEIT: TREIBER UND VERÄNDERUNGEN



den zukünftigen Auswirkungen von Internationalisierung, Tertiarisierung und veränderten Organisationsformen auf die Industriearbeit werden aus Platzgründen nur gestreift. Der interessierte Leser sei hier auf den Zukunftsreport verwiesen.

BIOTECHNOLOGIE

Biotechnologie gilt in allen industrialisierten Ländern als eine der »Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts«. Wegen des wachsenden Reifegrades und des erwarteten Effekts auf die künftige Wettbewerbsfähigkeit der von Biotechnologie beeinflussten Wirtschaftssektoren ist sie auch ein zentrales Feld der Innovationspolitik. Als Querschnittstechnologie wird ihr ein großes Potenzial in einer Vielzahl von industriellen Anwendungen, Branchen und Tätigkeiten zugemessen. Dabei stellt die Biotechnologie unter den drei in diesem Bericht betrachteten Technologien diejenige dar, die hinsichtlich der Kommerzialisierung am weitesten fortgeschritten ist. An ihr werden die Implikationen für die Industriearbeit daher auch am ehesten deutlich. Bemerkenswert ist jedoch, dass zwischen dem der Biotechnologie zugemessenen Potenzial für industrielle Anwendungen einerseits und dem Wissen über ihre Wirkungen auf Industriearbeit andererseits eine – unerwartet große – Lücke klafft: Es wurde nur wenig empirisches Material gefunden, das fundierte Einschätzungen über mögliche Wirkungen auf Industriearbeit ermöglicht. Arbeitswissenschaft und -soziologie haben sich offenbar der Biotechnologie bislang nur punktuell zugewandt.

Die Analysen des TAB zeigten auch, dass die häufig beschworenen »revolutionären« Veränderungen durch die Biotechnologie nicht in dem Maße feststellbar sind, wenn man ein Zeitfenster von mehreren Jahren in den Blick nimmt. Vielmehr überwiegen inkrementelle Änderungen. Dennoch sind mit der »biobased economy« oder der Verlagerung der Wertschöpfung auf frühere Stufen der Wertkette, zum Beispiel in der Pflanzenzüchtung, Bereiche erkennbar, die ein Potenzial zur Substitution etablierter Industrien und zu einem damit verbundenen Strukturwandel aufweisen. Hier besteht grundsätzlicher Bedarf, prospektive Abschätzungen von Größenordnungen, spezifischer Entwicklungstrends, Zeithorizonten oder besonders betroffenen Regionen als Basis für die Identifizierung von Handlungsbedarf und Handlungsoptionen durchzuführen.

Mit Blick auf die industrielle Anwendung der Biotechnologie wäre es darüber hinaus erforderlich, die – überwiegend auf eine Tätigkeit von akademisch ausgebildeten Personen in Forschung und Entwicklung und von fachschulisch ausgebildeten Kräften in traditionellen Tätigkeitsfeldern ausgerichteten – fachlichen Qualifikationen besser auf die Anforderungen in den Unternehmen abzustimmen: Hier werden in stärkerem Maße branchen-, produktions-, markt- und anwendungsorientierte Fachkenntnisse und berufspraktische Erfahrungen, gepaart mit Fremdsprachenkenntnissen und »soft skills« in der interdisziplinären und internationalen Teamarbeit, benötigt, als sie derzeit im Fachkräftepool vorhanden sind. Es besteht daher

die Herausforderung, ein flächendeckendes Aus- und Weiterbildungsangebot zu entwickeln, das alle formalen Qualifikationsstufen abdeckt.

Inwieweit durch die Biotechnologie und insbesondere durch die Gentechnik neue gesundheitliche Gefährdungen am Arbeitsplatz entstehen könnten und wie sie wirksam zu begrenzen seien, wurde bereits Mitte der 1970er Jahre thematisiert und diskutiert. In den folgenden Jahrzehnten wurden entsprechende Sicherheitsmaßnahmen entwickelt, gesetzlich verbindlich vorgeschrieben und in der Praxis implementiert, sodass in der Biotechnologie ein Stand erreicht ist, der in der Nanotechnologie aktuell angestrebt wird. Allerdings zeichnen sich nunmehr in der Biotechnologie mit der Synthetischen Biologie, gegebenenfalls auch mit der Nanobiotechnologie, neue Felder ab, die ein erhöhtes Gefährdungspotenzial für die menschliche Gesundheit bergen könnten. Der Wissensstand ist aber noch nicht ausreichend, um mögliche Gefährdungen abschätzen zu können. Hier besteht also aktueller Forschungsbedarf, um die Wissensbasis für eine Risikobewertung zu schaffen, auf deren Grundlage dann Präventions- und Schutzmaßnahmen entwickelt werden könnten.

NANOTECHNOLOGIE

Die Nanotechnologie befindet sich noch in der Übergangsphase von der Grundlagenforschung zur Anwendung. Es gibt auch keine »Nanoindustrie« im eigentlichen Sinne, sondern zwei Typen von Unternehmen,

nämlich junge Technologieunternehmen, die sich ausschließlich mit Nanotechnologie befassen, und größere Unternehmen, die die Nanotechnologie in den letzten Jahren in ihr Technologieportfolio aufgenommen haben. Entsprechend wenig Aufmerksamkeit hat die Nanotechnologie bisher in der genuinen Arbeitsforschung erhalten. Angesichts der Schlüssel-funktion der Nanotechnologie erscheint es angeraten, künftig verstärkt der Frage nach den Auswirkungen der Nanotechnologie auf die menschliche Arbeit nachzugehen. Aus heutiger Sicht sind vor allem Herausforderungen für die Bildungs- und Forschungspolitik sowie für den Arbeitsschutz erkennbar.

Der Blick auf die Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Entwicklung im Bereich der Nanotechnologie zeigt, dass diese zunehmend interdisziplinär sein müssen – mit entsprechenden Folgen für Ausbildung und Nachwuchsförderung. Als Voraussetzung für einen Innovations- und Produktivitätsschub durch Nanotechnologie müssen neue Organisationsstrukturen und Ausbildungsgänge entstehen, die den multi- oder interdisziplinären Charakter der Nanotechnologie berücksichtigen. So wie bei anderen dynamischen und wissensintensiven Technologien ist es notwendig, bereits in der Ausbildung einen anwendungsorientierten Schwerpunkt zu setzen, der sich nicht nur an den Bedürfnissen der Großunternehmen, sondern auch denen der KMU in Deutschland orientiert.

Aus der Perspektive der industriellen Anwendung der Nanotechnologie

zeichnet sich ab, dass die meisten Unternehmen nicht primär ausgewiesene »Nanowissenschaftler oder -ingenieure« benötigen, sondern verstärkt breiter qualifizierte Naturwissenschaftler, Diplomingenieure und Informatiker mit Ankopplungskompetenz und spezifischem Grundlagenwissen in der Nanotechnologie. Dabei herrscht mittlerweile Einigkeit, dass zunächst ein Grundstudium in einer der klassischen Disziplinen (wie z.B. Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften) abzuschließen ist, bevor sich Studierende auf den Schwerpunkt Nanotechnologie konzentrieren. Das hierzu heute bereits existierende Angebot der Universitäten und Fachhochschulen ist zwar sehr breit, es fehlt allerdings die Vergleichbarkeit der vermittelten Inhalte bzw. der Abschlüsse, insbesondere auf europäischer Ebene.

Viele Experten stimmen darin überein, dass im Rahmen der Ausbildung frühzeitig mit Wirtschaftsunternehmen zusammengearbeitet werden sollte. Vor allem in reinen Anwendungsbranchen gibt es jedoch Anzeichen, dass die akademische Ausbildung im Bereich der Nanotechnologie an den konkreten Bedürfnissen, insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen, vorbeigeht. Hier gilt es, einen effizienten und frühzeitigen Transfer von wissenschaftlichen Ergebnissen mit Produkt- bzw. Marktrelevanz sowie insbesondere auch den Austausch von Personal zwischen Wissenschaft und Industrie zu ermöglichen. Das EU-Forschungsrahmenprogramm, vom BMBF bereits initiierte Kooperationsprojekte und andere Vorhaben (Hightech-Strategie der Bundesregie-

rung) zeigen, dass diese Problematik erkannt wird.

Besonders deutlicher und rasch anzugehender Nachholbedarf besteht derzeit noch bei den mittleren Qualifikationen, also insbesondere den Facharbeitern und Technikern in den Industriebetrieben. Hier erscheint es nicht ausreichend, den Bedarf allein durch – ebenfalls noch neu zu schaffende – betriebliche Ausbildungsgänge zu decken. Vielmehr sollte hier angeregt werden, dass Verbände und Kammern Möglichkeiten zur beruflichen Weiterbildung von Facharbeitern im Bereich der Nanotechnologie eröffnen.

Im Hinblick auf den Arbeitsschutz betonen nahezu alle Experten, dass es besonders wichtig sei, die Schädlichkeit von Nanomaterialien sowie die mögliche Exposition von Personen am Arbeitsplatz zu untersuchen und geeignete Maßnahmen in die Wege zu leiten. Dabei besteht europaweit noch ein erheblicher Mangel an Wissen über entscheidende Faktoren, der durch fundierte Studien behoben werden sollte.

Die Ergebnisse mit Relevanz für die Industriearbeit müssten dann umgehend hinsichtlich ihrer Implikationen für die Anpassung von Arbeitsschutzbestimmungen beurteilt werden.

AMBIENT INTELLIGENCE

Ein Großteil der AmI-Technologien befindet sich gegenwärtig noch in der Phase der Grundlagenforschung. Entsprechend vage müssen Aussagen über

künftige Auswirkungen dieser Technologielinie bleiben. Trotz dieser grundsätzlichen Einschränkung zeichnen sich mit Blick auf AmI-Anwendungen in der industriellen Fertigung bereits heute einige Entwicklungslinien mit Relevanz für die Ausgestaltung der Industriearbeit ab:

So ist deutlich zu erkennen, dass die Einführung von RFID-Systemen, die als Wegbereiter von AmI gelten, vor allem mit dem Ziel verbunden ist, sowohl die Kosteneffizienz als auch die Variabilität von Produktionsprozessen zu steigern. Insofern wird mit AmI keine radikale Umstellung industrieller Fertigung verbunden sein, vielmehr ist dieser jüngste informationstechnische Innovationsschub in langanhaltende Trends eingebettet.

Die zu erwartenden Auswirkungen von AmI-Anwendungen auf Tätigkeitsprofile und Qualifikationsanforderungen werden wahrscheinlich von zwei gegenläufigen Trends geprägt sein.

- › Einerseits ist zu vermuten, dass bestimmte Tätigkeiten in der industriellen Fertigung eine qualitative Anreicherung erfahren werden, die mit der verbesserten (informationstechnischen) Integration unterschiedlicher Wertschöpfungsstufen in Verbindung stehen. Aufgrund der wachsenden Komplexität von Fertigungsprozessen werden die betroffenen Mitarbeiter gefordert sein, vermehrt eigenverantwortlich sowie fachlich und sozial kompetent Entscheidungen zu treffen.
- › Andererseits zeichnet sich ab, dass AmI-Anwendungen erweiterte

Möglichkeiten zur Automatisierung von einfachen Kontroll-, Überwachungs- und manuellen Tätigkeiten bieten. Es ist davon auszugehen, dass insbesondere einfache Tätigkeiten mit niedrigen Qualifikationsanforderungen substituiert werden. Für die Mehrzahl der verbleibenden Beschäftigten in der industriellen Fertigung ist zu vermuten, dass sich die Trends der Arbeitsverdichtung und des Verlustes an Zeitsouveränität, die insbesondere durch die zunehmende Internationalisierung und Marktorientierung der Unternehmensorganisation vorangetrieben werden, auch im Zuge der Einführung von AmI weiter fortsetzen.

Angesichts der geringen Anwendungsreife von AmI kämen detaillierte Handlungsempfehlungen, etwa mit Blick auf bildungspolitische Maßnahmen, zu diesem Zeitpunkt verfrüht. Allerdings ist vor dem Hintergrund der in vielerlei Hinsicht erst schemenhaft erkennbaren Entwicklung von AmI die intensive Beobachtung und Erforschung dieses Technologiefeldes angezeigt.

ÜBERGREIFENDE IMPLIKATIONEN FÜR DIE INDUSTRIEARBEIT

Bei der Analyse der Implikationen für die Industriearbeit quer zu den untersuchten Treibern der Veränderung springt insbesondere ein durchaus besorgniserregendes doppeltes Problem ins Auge: Auf der einen Seite werden einfache und wenig know-how-intensive Tätigkeiten zukünftig noch deutlich weniger als bereits bis-

her nachgefragt werden. Auf der anderen Seite ist absehbar, dass der steigende Bedarf an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen insbesondere bei Ingenieur-, Natur- und Wirtschaftswissenschaften zunehmend schwieriger gedeckt werden kann.

Ersteres ist vorrangig auf Entwicklungen zurückzuführen, die sich im Zuge veränderter Marktanforderungen (Globalisierung, Tertiarisierung) und bedingt durch neue betriebliche Organisationsformen ergeben:

- › Durch die zunehmende Internationalisierung der Wertschöpfung der Industrieunternehmen werden insbesondere koordinierende Tätigkeiten und interkulturelle Kompetenzen für alle Fachkräfte und Ausbildungswege an Bedeutung gewinnen. Dagegen werden einfache Tätigkeiten zukünftig noch stärker als bislang bereits entweder weiter automatisiert und damit weniger personalintensiv in Deutschland durchgeführt oder in Länder mit geringeren Lohnkosten verlagert.
- › Im Zusammenhang mit der inneren Tertiarisierung deuten alle Befunde darauf hin, dass produktbegleitende Dienstleistungen der Industrie, im Gegensatz zu vielen anderen Dienstleistungen, auf höher qualifiziertes Personal angewiesen sind. Damit steigt die Quote der Mitarbeiter mit Hochschul-, Fachhochschul- und Technikerabschluss, während an- und ungelernete Mitarbeiter weniger benötigt werden.
- › Die marktorientierte Organisationsgestaltung der Unternehmen

geht zwar bislang (noch) nicht mit einer Reduktion des Anteils An- und Ungelernter in diesen Betrieben einher. Eine breite Nutzung wissensintensiver Produktionssysteme mit einem Anteil von weniger als 10 % unausgebildeter bzw. geringqualifizierter Arbeiter an den Beschäftigten wird zukünftig aber durchaus als realistisch eingeschätzt.

Die genannten Trends werden verstärkt durch den Einsatz der drei Schlüsseltechnologien in der Industriearbeit: Biotechnologie und Nanotechnologie erfordern insbesondere entsprechend ausgebildetes akademisches Personal sowie technische Assistenz mit fachschulischer oder dualer Ausbildung. Daher ist nicht davon auszugehen, dass in nennenswertem Umfang positive Beschäftigungseffekte für Gering- oder Nichtqualifizierte entstehen werden. In Folge der Einführung von industriellen Ambient-Intelligence-Anwendungen zeichnet sich ab, dass erweiterte technische Möglichkeiten zur Automatisierung von einfachen Kontroll-, Überwachungs- und anderen manuellen Tätigkeiten entstehen, wodurch insbesondere einfache Tätigkeiten mit niedrigen Qualifikationsanforderungen substituiert werden könnten.

Die andere Dimension des Problems zeigt sich bei der Gesamtsicht auf die zukünftigen Bedarfe an Hochqualifizierten. Hier ist heute bereits absehbar, dass der steigende Bedarf an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen zunehmend schwieriger gedeckt werden kann, da sich der Absolventen- und Fachkräftemangel ins-

besondere bei Ingenieur-, Natur- und Wirtschaftswissenschaften durch den demografischen Wandel noch weiter verschärfen dürfte.

Diese Engpass tendenz wird noch durch folgende Entwicklungen verschärft:

- › Im Zuge der zunehmenden Internationalisierung der Unternehmen wird zukünftig der Wettbewerb um kluge Köpfe, insbesondere um hochqualifizierte Spezialisten und Führungskräfte mit ingenieur- und betriebswirtschaftlichem Profil, noch stärker als heute international und standortübergreifend stattfinden. Dies führt insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen zu zunehmenden Rekrutierungsproblemen.
- › Auch zwischen der zunehmenden inneren Tertiarisierung sowie der marktorientierten Organisationsgestaltung und dem Bedarf an ingenieur- und betriebswirtschaftlichen Hochschul- und Fachhochschulabsolventen, zum Beispiel in den Bereichen Beratung, Service, Forschung, Entwicklung oder Konstruktion, besteht ein nachweisbarer und signifikant positiver Zusammenhang.

Verstärkt wird diese Entwicklung wiederum durch die Folgen des Technikeinsatzes in der Produktion: Industrielle Anwendungen von Biotechnologie und Nanotechnologie sowie – noch etwas vager – auch Ambient-Intelligence-Anwendungen erfordern hochqualifiziertes Personal, insbesondere natur- und ingenieurwissenschaftliches akademisches Personal sowie entsprechend ausgebildete tech-

nische Assistenz mit fachschulischer oder dualer Ausbildung. In Biotechnologieunternehmen beispielsweise wird sich der Personalbedarf bereits in mittelfristiger Perspektive von etwa fünf bis zehn Jahren in dieser Richtung deutlich erhöhen.

Vor dem Hintergrund der skizzierten Entwicklungen sind die Bildungs-, Wirtschafts-, Mittelstands- und Arbeitsmarktpolitik gefordert, bei der sich mittelfristig abzeichnenden Verknappung bei ingenieur-, natur- und wirtschaftswissenschaftlich ausgebildeten Akademikern gegenzusteuern.

KONTAKT

Steffen Kinkel
0721/68 09-311
steffen.kinkel@isi.fraunhofer.de

HINWEIS ZUR VERÖFFENTLICHUNG

Nach nunmehr erfolgter Abnahme des Berichts durch den Deutschen Bundestag, wird dieser in Kürze als TAB-Arbeitsbericht Nr. 113 publiziert.