



BERND KAßEBAUM, MANFRED WANNÖFFEL<sup>1</sup>

# Ingenieurausbildung und Digitalisierung – Neue Beruflichkeit im Konzept des Lernens in der Lernfabrik

## Einleitung

Die unserem Artikel zugrundeliegende Annahme ist, dass in die Zukunft der digitalen Arbeitswelt unterschiedliche Pfade führen. Wir beziehen uns hierbei auf die aktuelle industriesoziologische und arbeitswissenschaftliche Debatte, die unter anderem von *Hartmut Hirsch-Kreinsen* und seinem Mitarbeiter *Peter Ittermann*, *Peter Brödner*, *Sabine Pfeiffer* oder aus dem Fraunhofer-Institut von *Bernd Dworschak* geführt wird. Diese unterschiedlichen Pfade technik- oder humanzentrierter Ausformung der Digitalisierung umschreiben verschiedene Szenarien der Gestaltung von Arbeits- und Beschäftigungsbedingungen, der Arbeitsinhalte, der beruflichen Anforderungen sowie des Zuschnitts und der horizontalen und vertikalen Verteilung von Qualifikationen in den Belegschaften. Ergänzt wird die industrie- und arbeitssoziologische Debatte durch berufspädagogische Forschungsbefunde zu den Auswirkungen der Digitalisierung auf Facharbeit und Berufsausbildung, soweit sie sich nach heutigem Entwicklungsstand treffen lassen. Bestehen einerseits erhebliche Risiken durch die Entwertung vorhandener beruflicher Qualifikationen durch den Technikeinsatz oder durch eine vertikale Verteilung künftig notwendiger Qualifikationen zulasten der Facharbeit, wird andererseits von einer Reihe von Autoren auch auf die Potenziale der dualen Berufsbildung hingewiesen. Die bestehende Qualität und Flexibilität der Berufsbildung ermögliche einen Entwicklungspfad, der Facharbeiterinnen und Facharbeitern einen adäquaten Platz in der Fabrik der Zukunft zuweise (*Spöttl/Windelband* 2017; *Zinke u.a.* 2017). Die Pfadabhängigkeit ist auch für die Arbeit von technischen Expertinnen und Experten anzunehmen (vgl. *Boes u.a.* 2015).

Wir nehmen weiterhin das Konzept der proaktiven, „vorausschauenden“ Gestaltung auf, das sowohl im wissenschaftlichen als auch im gewerkschaftlichen Kontext, zum Beispiel im Forum Soziale Technikgestaltung und in den Projekten „Arbeit 2020“ und „Arbeit und Innovation“ der Industriegewerkschaft Metall zunehmend Raum einnimmt (vgl. *Schröter* 2017; *Reuter u.a.* 2017). Der Gedanke der vorausschauenden Gestaltung von Arbeit und Technik geht von

---

<sup>1</sup> Unter Mitarbeit von Tim Harbecke von der Gemeinsamen Arbeitsstelle RUB/IGM an der Ruhr-Universität Bochum.

einem Trichter kleiner werdender Einflussmöglichkeiten auf dem Weg von der Entwicklung zur Anwendung aus. Konkret bedeutet das, dass die Gestaltungsräume für sozialverträgliche Produkte und Prozesse in Forschung und Entwicklung am größten, in der betrieblichen Anwendung und Optimierung von Maschinen und Anlagen, also im Bereich der Technikanwendung schon kleiner sind. Besteht die Einflussmöglichkeit „nur“ noch in Fragen der arbeitsorganisatorischen Einbettung oder in Fragen der Ausgestaltung betrieblicher Qualifizierung, so sind sie zwar nicht ohne positive Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen, sie verbleiben aber oft auf der Ebene der Anpassung. Grundsätzliche Fragen von Arbeits- und Qualifikationsinhalten werden damit nicht mehr aufzugreifen sein. Dieser strategische Gedanke spielte bereits in der Humanisierungspolitik der Gewerkschaften in den siebziger und achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts eine Rolle (*Drinkuth* 1988).

Wird das Konzept der proaktiven Gestaltung von Arbeit und Technik im gewerkschaftlichen Kontext insbesondere hinsichtlich seiner Implikationen für die Betriebs- und Arbeitspolitik diskutiert, ist davon auszugehen, dass dieses Konzept auch für die Arbeit und die Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren sinnvoll sein kann. Damit stellt sich einerseits die Frage, wie Ingenieure arbeiten, ob und wie sich ihre Arbeit gestalten lässt (diese also auch Gegenstand der Gestaltungsvorstellungen der Ingenieurwissenschaften und Informatik werden). Andererseits stellt sich die Frage, welche Schlussfolgerungen für die Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren zu ziehen sind. Damit verbinden wir die Hoffnung, dass ein Studium oder eine wissenschaftliche Weiterbildung, die diese Themen nicht ausklammert, auch auf das Selbstverständnis von Studierenden und Ingenieuren und damit indirekt Einfluss auf die Arbeit von technischen Experten hat. Dafür knüpfen wir an den aktuellen und historischen arbeitswissenschaftlichen und gewerkschaftlichen Diskurs über die Qualität der Ingenieurausbildung an und stellen ein Konzept von – erweiterter – Beruflichkeit als Qualifizierungskonzept zur Diskussion. Am Konzept der Lernfabrik werden wir dann die Chancen und Möglichkeiten einer an diesen Anforderungen ausgerichteten Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren erörtern.

## **Ingenieure im Prozess der Digitalisierung von Arbeit und Technik**

Nach Aussagen von *Katharina Dengler* und *Britta Matthes* vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung sind im Zuge der Digitalisierung von Arbeit und Technik Spezialisten- und Expertenberufe im Unterschied zu Fachberufen vermutlich weniger betroffen. Gleichwohl machen sie auch bei den Spezia-

listenberufen (dazu zählen sie Techniker, Meister, Bachelor-Absolventen) ein „Substituierbarkeitspotenzial“, also den möglichen Ersatz menschlicher Arbeit durch technische Systeme, von etwa einem Drittel und bei den Expertenberufen (Beschäftigte mit einem mindestens vierjährigen Studium, also Master-Absolventen und Doktoranden) eines von nahezu einem Fünftel aus.<sup>2</sup> Bezogen auf die Tätigkeitsfelder kommen sie zu dem Schluss, dass Berufe in den Bereichen der Fertigungstechnik, in Unternehmensführung und -organisation sowie in den informationstechnischen Dienstleistungen überdurchschnittlich betroffen sind. Ausgangspunkt ihrer Überlegungen war die Frage, welchen Anteil an automatisierbaren Routinetätigkeiten die Berufe haben. Ob diese Verluste durch arbeitspolitische Maßnahmen beziehungsweise veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen kompensiert werden könnten, war nicht Gegenstand ihrer Erörterung (Dengler/Matthes 2015).

In der aktuellen Diskussion besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass die klassischen Ingenieurwissenschaften und die Informatik stärker zusammenwachsen werden, ohne jedoch ihren Charakter als eigenständige Disziplinen zu verlieren. Was dies für die Arbeitsaufgaben von Ingenieuren bedeuten kann, beschreibt ein Thesenpapier des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI 2015). Es verwundert nicht, dass darin vor allem die großen Themen wie IT-Sicherheit, die Nutzung von *embedded systems*, *cloud computing*<sup>3</sup> und die Breitbandinfrastruktur als technologische Herausforderungen angesehen werden, die in dem Papier in Bezug auf die aktuellen ökonomischen, technologischen und sozialen Herausforderungen diskutiert werden. Die Ingenieurarbeit werde künftig stärker von transdisziplinärem Arbeiten und Technologietransfer bestimmt, von neuen Produktentwicklungsmethoden, zum Beispiel der engeren Zusammenarbeit von Entwicklung und Produktion, von der stärkeren Orientierung auf Kundennutzen und Gebrauchstauglichkeit sowie von neuartigen Möglichkeiten der virtuellen Simulation bei Produkt- und Prozessgestaltung. In Bezug auf die Tätigkeiten von Ingenieurinnen und Ingenieuren wird erwartet, dass Routinetätigkeiten entfallen und kreative Arbeiten zunehmen werden. In diesen Prozessen würden auch eine höhere Qualifikation der Ingenieure und Ingenieurinnen sowie flexible Arbeits- und Beschäftigungsformen (z.B. *crowd working*<sup>4</sup>) an Bedeutung gewinnen.

---

<sup>2</sup> Vgl. Dengler/Matthes i.d.Bd.

<sup>3</sup> Als *embedded systems* versteht man Computersysteme, die in Geräten, Anlagen und Maschinen eingebettet sind und spezielle Anwendungen abarbeiten. Sie tauchen bei Konsumgeräten und in der Produktion als Mittel der flexiblen und intelligenten Automatisierung auf. *Cloud computing* beschreibt die Bereitstellung von IT-Infrastruktur wie beispielsweise Speicherplatz, Rechenleistung oder Anwendungssoftware als Dienstleistung über das Internet.

<sup>4</sup> Unter *crowd working* versteht man eine Arbeitsorganisation, bei der zuvor häufig in der formalen Organisation eines Unternehmens angesiedelte Aufgaben zergliedert und als Teilaufgaben über das Netz ausgeschrieben werden. Als *clickworker* bezeichnet man die in der Regel Scheinselbstständigen, die von der Abarbeitung dieser Aufträge leben müssen.

Schlussfolgerungen hinsichtlich zu erwartender Arbeitsbelastungen werden in dem Papier nicht gezogen.

Dieser Blick auf die Arbeitsbedingungen und die mit ihnen verbundenen möglichen Risiken öffnet sich in der Bestandsaufnahme der gegenwärtigen, auf Digitalisierung zurückzuführenden Arbeitsbelastungen. So kommt der Index „Gute Arbeit“ des Deutschen Gewerkschaftsbundes in Bezug auf die schon spürbaren Folgen der Digitalisierung zu dem Ergebnis, dass sie aufgrund wachsender Arbeitsbelastungen mit hohen gesundheitlichen Risiken verbunden sei (DGB 2016). So wüchsen zwar einerseits quer durch die Beschäftigtengruppen die Entscheidungsspielräume. Es habe auch die Möglichkeit der besseren Vereinbarung von Familie und Beruf zugenommen. Andererseits seien die Potenziale zur Überwachung und Kontrolle der Arbeitsleistung gestiegen, hätten individuelle und kollektive Möglichkeiten zur Beeinflussung der Arbeitsbedingungen abgenommen und sei die Annahme, den neuen Technologien ausgeliefert zu sein, sehr stark verbreitet. Aus der Befragung des DGB kann man ablesen, dass die wahrgenommenen positiven wie die negativen Effekte von der Qualifikation und der Position in der Betriebshierarchie abhängen. Je geringer die Qualifikation oder die berufliche Stellung, desto weniger sehen die Befragten Chancen im Prozess der Digitalisierung von Arbeit und Technik. Aus ihrer Sicht überwiegen vielmehr die Risiken. Aber auch höher qualifizierte Beschäftigte und insbesondere Ingenieure und Ingenieurinnen bewerten die kommenden Entwicklungen ambivalent.

Befragt nach den größten Handlungsanforderungen in Bezug auf die Digitalisierung werden in einer Studie der Hans-Böckler-Stiftung von Betriebsräten genannt:

1. Anpassung der Personalbemessung (74 %)
2. Begrenzung der Arbeitsintensität (70 %)
3. Beschäftigungssicherung (70 %)
4. Qualifizierung der Belegschaft (69 %)
5. Vereinbarkeit von Erwerbsarbeit und Privatleben (63 %)
6. Verbesserung des Gesundheitsschutzes (58 %)
7. Begrenzung der Arbeit außerhalb der regulären Arbeitszeiten und Schutz vor Leistungs- und Verhaltenskontrollen (54 %) (Ahlers 2018, 6).

Nach den Befunden eines Forschungsprojekts zur Arbeit von Ingenieurinnen und Ingenieuren (Sauer/Bolte 2018) können hochqualifizierte Arbeitsprozesse nicht per se als lernförderlich gelten. Auch Ingenieurarbeit lässt sich zergliedern: in „fachlich anspruchsvolle Arbeit [...], die jedoch wenig Einblick in den komplexen Gesamtprozess und häufig keinen Bezug zum ‚eigentlichen Arbeitsgegenstand‘ bietet.“ (Sauer/Bolte 2018, 3).

Der langsame, aber scheinbar unaufhaltsame Einsatz „autonomer“ Software-Systeme (ASS) stellt eine weitere und besondere Herausforderung für die Gestaltung der Arbeitsbeziehungen dar; er kann das Verhältnis von Mensch und Maschine grundsätzlich verändern. So schreibt *Welf Schröter* in einem gewerkschaftlichen Blog:

„Wenn ‚autonome Software-Systeme‘ die Arbeitsschritte und Arbeitstakte in Echtzeit mehrere Schritte voraus vorgeben, dann ist eine Arbeitsgestaltung, die nur reagiert, grundsätzlich immer zu spät. Wenn ein ASS in Fertigung und Dienstleistung beim arbeitenden Menschen Betroffenheit auslöst, ist zumeist die Möglichkeit der traditionellen Arbeitsgestaltung bereits erschöpft“ (*Schröter 2017*).

Was im Blog als Anforderung für Betriebs- und Personalräte diskutiert wird, gilt erst recht für die Arbeit von IT-Experten und Ingenieuren. Ob der arbeitende Mensch zum „Assistenten“ der Maschine wird oder umgekehrt, ob und wie Aspekte des Arbeits- und Gesundheitsschutzes und Anforderungen an qualifikationsförderliche und menschengerechte Arbeit in Zukunft realisiert werden können, entscheidet sich mehr denn je schon in Forschung und Entwicklung und zunehmend nicht im Bereich der Hardware, sondern in dem der Software-Gestaltung. Deshalb müssen nicht nur Betriebsräte, sondern vor allem auch die Entwickler „in den Kategorien des vorausschauenden Schützens und des vorausschauenden Gestaltens“ (*Schröter 2017*) denken.

Die Arbeit technischer Experten steht deshalb in einem doppelten Sinn aktuell an einem „Scheideweg“. Erstens geht es um ihre eigenen Arbeitsbedingungen. Aufgrund der sozialen und politischen Kräfteverhältnisse wahrscheinlich ist für *Andreas Boes* und Kollegen die Gestaltung des „Informationsraums“ nach neo-tayloristischen Organisationsprinzipien: kleinteilig, transparent, durchkontrolliert, fremdbestimmt und durch neue Routinen geprägt. Die hochqualifizierte Arbeit von IT-Experten, die bislang über individuelle Kontroll- und Mitgestaltungspotenziale über einen Expertenstatus verfügen konnten, wird „Teil eines globalen, industrialisierten Produktionsprozesses“ (*Boes u.a. 2015, 82*). Aber es gibt auch die Chance für einen sozialen Handlungsraum und für „mehr Empowerment der Beschäftigten, die Vernetzung des Wissens und eine Steigerung der geistigen Produktivkräfte“ (*Boes u.a. 2016, 39*). Jedoch habe dieser Pfad ohne frühzeitige arbeitspolitische Einflussnahme von Beschäftigten und Interessenvertretung kaum eine realistische Chance.

Zweitens steht das Berufsbild der technischen Experten zur Disposition. Der Diskurs wird heute davon bestimmt, dass neben fachlichen auch überfachliche, organisatorische und soziale Kompetenzen erforderlich seien. Kommunikation, Einsicht in betriebswirtschaftliche Zusammenhänge, interkulturelle Kompetenzen sind dabei die gängigen Benennungen. Was lange hinsichtlich der Ingenieur-

ausbildung schon als Fortschritt galt, weil es die Berechtigung überfachlicher Kompetenzen nicht mehr in Frage stellte, wird allerdings im Sinne einer Erweiterung auf Fragen der gesellschaftlichen und ökologischen Verantwortung auch aus der Zunft heraus zunehmend im Sinne einer Erweiterung hinterfragt. So umreißt die Expertenkommission Ingenieurwissenschaften des Landes Baden-Württemberg das Aufgabenfeld von Ingenieuren als „zweckhaften Dienst an der Gesellschaft“ (*Expertenkommission* 2015, 7) dahingehend, dass die technisch-funktionalen Aspekte durch den Anwendungsbezug, durch ästhetische, ökonomische, gesellschaftspolitische und sozio-technische Gesichtspunkte zu erweitern seien. Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI), für den „mit der Digitalen Transformation ein fundamentaler Wandel in der Gesellschaft“ einhergeht, stellt fest, dass damit auch die „gesellschaftliche Verantwortung auf Seiten der Ingenieurinnen und Ingenieure“ steigt. (*VDI* 2018, 11) und deshalb Themen wie die Technologiefolgenabschätzung und Methoden wie das *problem based learning* in der Ausbildung ein größeres Gewicht bekommen müssen. Die Expertenkommission folgert, dass die Ingenieurwissenschaften angesichts dieser fachlichen und sozialen Herausforderungen künftig vermehrt auf moderne Forschungsfabriken, Demonstrationszentren und Lernfabriken zurückgreifen können müssen.

## Das Konzept der Beruflichkeit in der Ingenieurausbildung

Die neue Qualität der Digitalisierung von Arbeit und Technik wird in den Ingenieurwissenschaften ähnlich wie in der Berufsbildung dazu führen, dass IT-Kenntnisse als Querschnittskompetenz eine immer größere Rolle spielen. Angenommen wird, dass die ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen bei Erhalt der Eigenständigkeit der einzelnen Fächer weiter zusammenwachsen und sich überlappen werden. Wissensbestände des Anlagen- und Maschinenbaus, der Elektro- und Automatisierungstechnik sowie der Informatik werden integriert. Zukünftig werden aus Sicht des VDI verstärkt

„Absolvierende mit hybriden Fähigkeiten benötigt, d.h. Domänen-Know-how in einer Ingenieurdisziplin gepaart mit Grundkenntnissen in digitalen Kompetenzen. Umgekehrt werden Informatikerinnen und Informatiker benötigt, die ein grundlegendes Verständnis im Umfeld klassischer Ingenieurwissenschaften mitbringen“ (*VDI* 2018, 12).

Systemische Kompetenzen sowohl in Bezug auf komplexe IT-Anwendungen wie in Bezug auf vielschichtige Arbeitsprozesse bekommen mehr Gewicht. Die größere Bedeutung von Produktionssteuerung und Prozessüberwachung führt dazu, dass interdisziplinäres Denken, die Fähigkeit, Probleme zu erkennen und zu lö-

sen, sowie soziale Kompetenzen an Gewicht gewinnen werden. Doch was sind soziale Kompetenzen?

Es ist an dieser Stelle lohnenswert, sich einer Phase des Ingenieurdiskurses in den 1970er und 1980er Jahren zu erinnern, der von Teilen der Ingenieurzunft und insbesondere vonseiten der Gewerkschaften und ihnen nahestehender Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler geführt wurde (stellvertretend: *Neef* 1982). Schon vor vierzig Jahren wurde aufgrund einer umfassenden Debatte über die Risiken und Chancen des „technischen Wandels“ über die Funktion und die Gestaltungsmöglichkeiten technischer Experten bei der Entwicklung neuer Produkte und Verfahren und die daraus ableitbaren Anforderungen an ihre Aus- und Weiterbildung diskutiert. Die circa 700 Teilnehmerinnen und Teilnehmer der zweiten Ingenieurkonferenz der IG Metall verabschiedeten 1983 in Reutlingen eine Resolution, in der es heißt:

„Wir fordern alle Techniker, Ingenieure und Naturwissenschaftler auf, sich ihrer Verantwortung bewusst zu werden. Es gilt ab sofort Wege einer Technik zu beschreiten, die ausgeht von den realen menschlichen Bedürfnissen, von der Phantasie und der Kreativität der arbeitenden Menschen.“ (*IG Metall* 1983, 58)

Technikentwicklung wurde in dieser Debatte als Resultat eines komplexen Zusammenwirkens von technischen, ökonomischen, sozialen und ökologischen Faktoren begriffen. Eine „sozialverträgliche“ Technikgestaltung sei prinzipiell möglich und, wenn auch nur unter schwierigen Bedingungen, in den Arbeitsalltag von Ingenieuren und Ingenieurinnen zu integrieren (*Senghaas-Knobloch* 1994).

Eine Fortsetzung fand diese Debatte in den gewerkschaftlichen Vorschlägen für eine reformierte Ingenieurausbildung. In dem 1984 zur Diskussion gestellten „Modellstudiengang Maschinenbau und Elektrotechnik“ wurden „die fachliche Enge und die fehlende Integration von Teilgebieten im Ingenieurstudium und sein fehlender Bezug zur betrieblich-gesellschaftlichen Wirklichkeit“ (*DGB* 1984, 10) als Folge eines Studiums gesehen, das sich auch aus historischen Gründen – dem Prozess der Entstehung der Technischen Universitäten – hauptsächlich an einer an der Forschung ausgerichteten Fachsystematik orientierte. In einem einige Jahre später folgenden „Netzwerk Innovative Ingenieurausbildung“ wurden Eckpunkte für ein Ingenieurstudium definiert, reale Studienreformprojekte in einem sozialen Netzwerk versammelt und gemeinsame Veröffentlichungen getätigt. Dazu gehörte unter anderem die Feststellung, dass sich das Studium reflektierend auf eine berufliche und gesellschaftliche Praxis zu beziehen habe und handlungsorientiert aufzubauen sei. Methodisch wurden problemorientierte Lehr- und Lernmethoden gefordert (vgl. *Kaßbaum* 2014).

Eine weitere Präzisierung erhielten diese Forderungen durch die seit dem Bologna-Prozess von den Hochschulen eingeforderte Kompetenzorientierung im Zuge der Qualitätssicherung der Studiengänge. Der gewerkschaftliche Diskurs nahm hierzu den in einem politischen Aushandlungsprozess im Deutschen Qualifikationsrahmen (DQR) definierten Kompetenzbegriff auf und diskutierte ihn vor dem Hintergrund aktueller Prozesse in den Ingenieurwissenschaften. Der Praxisbezug war hierbei unabdingbar und sollte als reflektierte Praxis in Lehre, Labor, in Hausarbeiten und im Praktikum abgebildet werden (*GNW* 2009). Im hochschulpolitischen Programm des DGB wurde das Studium fachübergreifend als „wissenschaftliche Berufsbildung“ verstanden (*DGB* 2012). Der DQR, dessen wesentlicher Ertrag ist, Akteure aus Schule, Hochschule und Berufsbildung an einen Tisch zu bringen und gemeinsame Begriffe zu finden, hat bildungsbereichsübergreifend Kompetenzen als die Fähigkeit und Bereitschaft bezeichnet, Kenntnisse, Fertigkeiten sowie persönliche und soziale Fähigkeiten in Arbeits- und Lernsituationen für die berufliche und die persönliche Entwicklung zu nutzen. Im Unterschied zu einem Kompetenzbegriff, der sich ausschließlich aus den Anforderungen des Beschäftigungssystems ableitet, wurde dort ein um subjektive Interessen und Bedürfnisse erweitertes Konzept von Handlungskompetenz beschrieben (*AK DQR* 2011). Der Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse, der in Form einer Anlage Teil des DQR ist, nimmt zusätzlich die Begriffe der „kritischen Wissensgenerierung“ und der „reflexiven Wissensanwendung“ auf (*KMK* 2017, 3). Zur Umsetzung einer kompetenzorientierten Lehre favorisiert er die Methode des Forschenden Lernens.

Auch wenn die Praxis an den Hochschulen mancherorts noch eine andere ist, hat sich dennoch als ein breiter Konsens unter den Ingenieurwissenschaften herausgebildet, dass das Studium eine sinnvolle Mischung von fachlichen und überfachlichen Anteilen aufweisen müsse. Studiengänge werden in den Ingenieurwissenschaften weitgehend kompetenzorientiert beschrieben, gleichwohl die Debatte, was Kompetenz im Kontext eines wissenschaftlichen Studiums bedeutet und wie Lehrende diesen Anspruch in die Praxis überführen können, noch am Anfang steht (*Spöttl* 2014). Auf der methodischen und didaktischen Ebene wurde und wird über eine Reihe Projekte versucht, für neue Lehr- und Lernformen zu werben, in Projekten praktische Erfahrungen zu generieren und gute Beispiele zu verbreiten. Zu diesen aktuellen Projekten zur Verbesserung der Qualität von Studium und Lehre<sup>5</sup> gehört auch die „Lernfabrik“.

Der weitgehende Konsens über das Verständnis einer kompetenzorientierten Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren findet sich auch im EUR-

---

<sup>5</sup> Unter anderen die TeachING-LearnING-Projekte und das Projekt ELLI, an denen auch die Ruhr-Universität beteiligt ist, die Lehr- und Lernprojekte rund um HKR-Nexus, der Qualitätsdialog von VDI, VDMA und HRK sowie die Lehrprojekte des sog. Maschinenhauses des VDMA.



ACE-Siegel wieder, einem von der deutschen Fachagentur ASIIN<sup>6</sup> europaweit für das „European Network for the Accreditation of Engineering Education (ENAAE)“ vertriebene Qualitätssiegel der Ingenieurwissenschaften. Die zu beschreibenden Lernergebnisse innerhalb dieses Programms umfassen verschiedene Dimensionen:

- Wissen und Verstehen wissenschaftlicher Grundkenntnisse
- technische Analyse
- technische Gestaltung
- Forschungsmethoden
- Ingenieurpraxis
- evidenzbasiertes Urteilen
- Kommunikation und Teamarbeit
- lebenslanges Lernen.

Im Bereich „Ingenieurpraxis“ sind zwei Felder hervorzuheben:

- die Kenntnis ökonomischer, organisationaler und managementbezogener Zusammenhänge sowie – und das ist durchaus bemerkenswert –
- Kenntnisse der nicht-technischen, sozialen, gesundheits-, sicherheits-, umwelt- und ökonomischen Implikationen der Praxis von Ingenieuren.

Es ist also einiges in Bewegung. Doch entscheidende Herausforderungen bei der Gestaltung von Ingenieurstudiengängen bleiben:

- Welches Verständnis entwickeln Ingenieurstudierende über die künftigen Arbeits- und Beschäftigungsbedingungen und die Bedeutung und die Gestaltungsspielräume digitaler Technik?
- Mit welchen Zielen werden sie auf die digitale Arbeitswelt vorbereitet?
- Worin sehen sie ihre künftige Aufgabeweise Verantwortung bei der Erforschung, Entwicklung und Anwendung neuer digitaler Produkte und Prozesse?

Bezieht man diese Fragen auf das Verhältnis von Theorie und Praxis, so ist zu konstatieren, dass der Praxisbezug des Studiums in den Ingenieurwissenschaften und in der Wirtschaft unbestritten ist. So stellt die Expertenkommission für das Land Baden-Württemberg in Kritik an den „verschulten“ Bachelor-Studiengängen fest: „Es gibt zu wenig Zeit für Praktika und außerfachliche Qualifikationen“ (*Expertenkommission*, 15). Nach Aussagen von Fach- und Führungskräften aus

---

<sup>6</sup> Das Kürzel ASIIN steht für Agentur zur Akkreditierung von Studiengängen in den Ingenieurwissenschaften, der Informatik und den Naturwissenschaften, EUR-ACE ist ein von ENAAE etabliertes europäisches Qualitätssiegel zur externen Qualitätssicherung von Ingenieurstudiengängen (European Accreditation of Engineering Programmes: <http://www.enaee.eu/accredited-engineering-courses-html>).

der Wirtschaft weisen 43 Prozent der Bachelor- und 37 Prozent der Masterabsolventen zu geringe Praxiserfahrungen auf. Dies ist insbesondere deshalb bedenkenswert, weil Praxiserfahrungen bei der Einstellung von hoher Bedeutung sind (VDI u.a. 2016).

Damit ist jedoch nicht geklärt, welche „Praxis“ gemeint ist und wie sich im Studium „Theorie“ und „Praxis“ aufeinander bezogen erwerben lassen. Praxisbezug ist in unserem Verständnis nicht nur auf die Anwendung fachlicher Inhalte zu reduzieren. Vielmehr geht es um ein Wechselverhältnis von Theorie und Praxis, in dem die Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren darauf zielen sollte, Praxis nicht nur als technische, sondern auch als soziale und ökologische Praxis zu verstehen (Dreher 2014). Das hat zur Konsequenz, im Studium erworbene Kenntnisse und Fähigkeiten in einem beruflichen und arbeitsweltlich bestimmten Umfeld anzuwenden, zu reflektieren und diese Erfahrungen auch auf die „Theorie“, also auf Inhalte und erlernte Problemlösungsmethoden zurückzuführen. Ein solches Praxisverständnis bezieht sich auf das Arbeitsumfeld künftiger Ingenieurarbeit ebenso wie auf die Arbeitsbedingungen derjenigen, die mit den Resultaten des Ingenieurhandelns unmittelbar und mittelbar konfrontiert sind. Dies gilt insbesondere in einer so strittigen Frage wie der Digitalisierung der Arbeitswelt.

Für eine Didaktik der Ingenieurwissenschaften ist daher

„...unbedingt ein erweitertes Verständnis des Faches notwendig wie beispielsweise die Betrachtung der Auswirkungen auf eine menschengerechte Gestaltung der Technik und die Gestaltung der Interaktion zwischen Mensch und Maschine in dem Sinne, dass der Mensch die Maschine beherrschen lernt.“ (Spöttl 2014, 55).

In einem auf berufliche Praxis bezogenen Studium geht es also um die Frage, wie betriebliche und gesellschaftliche Praxis beschrieben, erfahren und kritisch reflektiert werden können. Als auf berufliche Verwertung bezogener Bildungsgang entfaltet es sich in den Widersprüchen zwischen den expliziten und impliziten Anforderungen der für Akademiker typischerweise vorgesehenen Arbeitsmärkte und den Ansprüchen an die Funktionen einer wissenschaftlichen Hochschulbildung. Ulrich Teichler beschreibt sie in fünf Dimensionen:

„Das Verstehen und Beherrschen von wissenschaftlichen Theorien, Methoden und Stoffen; die kulturelle Bereicherung und Förderung der Persönlichkeitsentwicklung; die Vorbereitung auf spätere Berufstätigkeit bzw. auf andere Lebensbereiche [...]; die Förderung der Befähigung, die bestehende Praxis in Frage zu stellen, skeptisch und kritisch zu sein, unbestimmte Aufgaben bewältigen zu können, zu Innovationen beitragen zu können.“ (Teichler 2012, 94)

Der gegenwärtige Diskurs zur Vermittlung von Studium und Beschäftigung läuft aber nach unserer Einschätzung zu großen Teilen in eine andere Richtung. Er wird von dem angelsächsischen Konzept der *employability* dominiert. *Employability* steht im Kern „für einen Wechsel in der Arbeitsmarktpolitik, der auf eine stärkere Verantwortung des Einzelnen für den Erfolg auf dem Arbeitsmarkt und auf lebenslanges Lernen setzt“ (Grollmann 2015). Das Konzept zielt auf einen Arbeitsmarkt, der auf Qualifikationen aufsetzt, die nicht beruflich standardisiert sind und in denen ein erheblicher Teil des Erwerbs von Handlungskompetenz erst auf dem Arbeitsmarkt stattfindet und sich im Verlauf von konkreten Arbeitshandlungen vollzieht, zugespitzt: Er ist Teil eines neoliberalen, von der Selbstvermarktung des einzelnen Beschäftigten geprägten Konzepts. Im Studium taucht es auf, wenn Praxis dort ausschließlich aus den – vermeintlichen oder realen – technischen und ökonomischen Anforderungen des Beschäftigungssystems abgeleitet, unternehmerisches Handeln groß und die empirisch weitaus wahrscheinlichere künftige Funktion im Erwerbssystem als abhängig Beschäftigter klein geschrieben wird.

Die Diskussionen über den notwendigen Berufsfeldbezug von Studium und seine berufliche Relevanz (Teichler 2012), über die Ableitung des Berufsbildes aus einem Professionsverständnis (Meyer 2015) oder eine breite, kritische und reflexive Debatte über das Berufsverständnis sind in den Ingenieurwissenschaften dennoch kein neues Thema. Wenn man die Ingenieurstätigkeit aus dem Verständnis eines akademischen Berufs ableiten will, ist allerdings das „Berufliche“ ebenso zu klären wie sein Verhältnis zu dem „Akademischen“. Beruflichkeit möchten wir in diesem hier ausgeführten Zusammenhang nicht als *Organisationsprinzip* – etwa als „duales System“ – verstanden wissen, sondern als spezifisches *Bildungskonzept*, das sich aus unserer Sicht als Alternative zum heute vorherrschenden Bezug auf *employability* eignet. Denn Beruflichkeit nimmt im Unterschied zum Konzept der *employability* nicht nur Anforderungen aus dem Beschäftigungssystem auf, sondern es öffnet sich auch für die subjektiven Fähigkeiten, Interessen und Erfahrungen von Studierenden und Berufstätigen. Es zielt auf die kritische Reflexion von Wissensbeständen, stellt Arbeit in den Kontext von Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft und enthält eine zweifache Gestaltungsdimension, nämlich sowohl in Richtung der Gestaltung der eigenen Berufsbiografie wie auch in Richtung der Mitgestaltung von Arbeit im Sinne individueller und kollektiver Interessenvertretung (IG Metall 2014; *Wissenschaftlicher Beraterkreis* 2014).

„Beruflichkeit“ meint in allgemeiner Form gemeinsame Prinzipien und Qualitätsmaßstäbe für einen (beruflichen) Qualifizierungsprozess wie den aus ihnen ableitbaren oder ihnen zuzuordnenden Arbeitsinhalten im Sinne einer Berufsform von Arbeit. Im Unterschied zu einem auf ein enges Tätigkeitsfeld bezogenen traditionellen Verständnis von Beruflichkeit – beispielsweise in be-

stimmten Handwerken – zielt das aktuelle und auf einem breiten Konsens unter den Berufsbildungsakteuren beruhende Konzept der – „modernen“ – Beruflichkeit auf die Berufsbefähigung in einem breiten Berufsfeld. Es organisiert die Lernprozesse entlang (ausgewählter und zentraler) Arbeits- und Geschäftsprozesse und stellt die Entwicklung einer *umfassenden und reflexiven beruflichen Handlungskompetenz* in das Zentrum des Lernprozesses. Eine so verstandene Beruflichkeit beruht auf einem Konsens über die gemeinsamen fachlichen Kerne der jeweiligen Berufe bei den Bildungsträgern, in der Gesellschaft und zwischen den Sozialpartnern. Für die Hochschulen könnte dieses Konzept als Referenzrahmen beruflich-fachlicher Kompetenzen nutzbar werden (Kaßebaum 2016).

Beruflichkeit und Fachlichkeit stehen in einem engen und sich gegenseitig beeinflussenden Wechselverhältnis. Dies soll beispielhaft an drei grundlegenden Merkmalen von Beruflichkeit skizzenhaft veranschaulicht werden.

- *Arbeits- und Geschäftsprozessorientierung*: Für den Erwerb umfassender beruflicher Handlungskompetenzen wird berufliches Lernen an realen und zentralen beruflichen Aufgabenstellungen ausgerichtet. In einem kritischen und subjektbezogenen Verständnis von Beruflichkeit geht es hierbei auch um das Verstehen von Arbeits- und Geschäftsprozessen, die Einordnung in horizontale und vertikale Abläufe und um eine kritische Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Machtressourcen. Arbeitsprozessorientiertes Lernen kombiniert fachlich-systematische Wissensaneignung mit praktischer Anwendung.
- Ein *reflexives Verständnis von Theorie und Praxis*: Theorie und Praxis stehen in einem Wechselverhältnis, sie ergänzen sich und sind aufeinander bezogen. Die praktischen Übungen fördern ein Wechselspiel von praktischem Handeln und theoriegeleitetem Wissen, in dem praktisches Handeln durch theoretisches Verständnis begründet und reflektiert und als veränderbar erlebt werden kann. Praxis lässt sich gestalten. Praktisches Handeln ist umgekehrt bedeutsam für die Weiterentwicklung theoretischen Wissens. Durch die Reflexion von Praxis entstehen neue wissenschaftliche Fragestellungen. Eine besondere Herausforderung entsteht, wenn sich Theorie und Praxis nicht nur auf Fachinhalte, sondern auf berufliche Anforderungen und Erfahrungen beziehen, die zudem die inhaltliche Kooperation zwischen Hochschule und neuen Lernorten notwendig macht.
- Das *Verhältnis von Wissens- und Erfahrungsorientierung*: Ein ausschließlich kognitiver oder aber wissensbasierter Zugang reicht nicht aus, um Studierende auf eine spätere Praxis im Beschäftigungssystem vorzubereiten und berufliche Handlungskompetenz zu entwickeln. Fachwissenschaftliches und fachsystematisches Arbeiten werden durch sinnliche Erfahrungen und im beruflichen Handeln gewonnene Einsichten ergänzt und zu einem sinnvollen Ganzen verknüpft.

## Lernfabriken an Hochschulen als Ansatz für berufliches Lernen im Studium<sup>7</sup>

Für die Gestaltung der Produktionsprozesse werden insbesondere die Anforderungen an die höher qualifizierten Beschäftigten wachsen. Einerseits wird ein steigender Bedarf an interdisziplinären Fach- und Methodenkenntnissen in Verbindung mit Fähigkeiten der Datenanalyse und -interpretation sowie Kenntnisse über die Verwendung von *social media*-Anwendungen für realistisch gehalten. Andererseits wird die Nachfrage nach sozial-kommunikativen Kompetenzen wie Teamfähigkeit und Kooperationsbereitschaft, in Verbindung mit kreativen Fähigkeiten, weiter steigen (*Ahrens/Spöttl* 2015, 198f). *Sabine Pfeiffer* (2015) zufolge werden diese Kompetenzen, speziell die Fähigkeiten zu inter- und transdisziplinärer Zusammenarbeit und zu ganzheitlichem, kreativem Denken, mehr als nur ein „weicher“ Zusatz komplementär zu „hartem“ Fachwissen ausmachen und einen unverzichtbaren Teil einer neuen, „modernen“ Beruflichkeit darstellen. Zudem ist eine erhöhte Durchdringung zwischen beruflicher und akademischer Bildung erforderlich, da berufsbezogene Praxisinhalte innerhalb der akademischen (Aus-)Bildung zunehmend an Relevanz gewinnen und einer „Akademisierung“ der Ingenieurausbildung entgegenwirken. Andererseits soll auch beruflich Qualifizierten über den so genannten dritten Bildungsweg der Zugang in die akademische Weiterqualifizierung erleichtert werden. Die Herausforderung besteht darin, die beschriebenen Kompetenzen bei der Ausbildung neuer Fach- und Führungskräfte zu entwickeln und in den Curricula der (Ingenieurs-)Fakultäten zu implementieren. Gerade dazu können Lernfabriken mit ihrem speziellen Lernumfeld an den Hochschulen einen wertvollen Beitrag leisten. Sie erhalten insbesondere im Rahmen der Ingenieurausbildung im Kontext von Digitalisierung eine zunehmende Bedeutung.

Lernfabriken sind seit einer Dekade in einem wachsenden Ausmaß an deutschen<sup>8</sup> und auch an verschiedenen europäischen Hochschulen<sup>9</sup> angesiedelt. Die Bereitschaft der Hochschullehre zum Ausbau von Lernfabriken ist nach unserer Ansicht darauf zurückzuführen, dass im Zuge des Akademisierungsprozesses Hochschulen aufgefordert sind, Studierende stärker als in der Vergangenheit auf die Beschäftigung in außerhochschulischen und privatwirtschaftlichen Arbeitsmärkten vorzubereiten. Der Bologna-Prozess und die Kriterien zur Akkreditie-

---

<sup>7</sup> Im Folgenden beziehen wir uns weitgehend auf das Konzept der Lernfabrik an der Ruhr-Universität Bochum. Der Grund hierfür liegt darin, dass es bis heute keine vergleichende Analyse der Konzeptionen der Lernfabriken gibt.

<sup>8</sup> Ausgehend von der TU Darmstadt 2007, der TU Braunschweig seit 2012, der Ruhr-Universität Bochum seit dem Jahr 2009 und mittlerweile an einer Reihe von Universitäten und Fachhochschulen.

<sup>9</sup> In Österreich z.B. an der Technischen Universität Wien, in Kroatien an der Universität Split oder an der Universität Patras in Griechenland.

rung der Studiengänge haben diesen Prozess unterstützt. Zudem haben die neuen Konzepte der Hochschulsteuerung die stärkere Kooperation der Hochschulen mit außerwissenschaftlichen Partnern aus der Privatwirtschaft begünstigt.

Unternehmen wie die Festo-Gruppe, die sowohl in bestimmten Bereichen der digitalen Automatisierungstechnik als auch als kommerzieller Weiterbildungsanbieter für Digitalisierung agiert, führen Lernfabriken innerbetrieblich ein und vermarkten sie. Baden-Württemberg hat ein eigenes Förderprogramm für die beruflichen Schulen aufgelegt. Mit der Gründung des „Netzwerks Innovativer Lernfabriken“ wurde ein vom Deutschen Akademischen Austauschdienst und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Projekt mit nationalen und internationalen Partnern etabliert, um den Austausch der Hochschulen bei der Entwicklung geeigneter Lehrmethoden sowie der Implementierung lernförderlicher Umgebungen in den Lernfabriken zu unterstützen.

Nach *Eberhard Abele* ist eine Lernfabrik ein Ort mit realitätsnahem Fabrikumfeld und direktem Zugriff auf Produktionsprozesse und -bedingungen, der ein problem- und handlungsorientiertes Lernen ermöglicht (*Abele u.a.* 2010). Die Lernfabrik zielt darauf, das Verständnis der Lerninhalte durch praktische Übungen zu vertiefen und fachwissenschaftliches Lernen durch Erfahrungswissen zu erweitern. Sie fungiert aufgrund des Praxisbezuges als dritter Raum („third space“) neben der rein akademischen Forschung und Lehre, bereitet betriebliche Praxisphasen vor und ergänzt diese (*Kaßebaum/Wannöffel* 2017).

In der komplexen technisch-organisatorischen Lernumgebung der Lernfabrik werden durch formal organisierte Prozesse Strukturen und Zusammenhänge verdeutlicht, das erworbene Wissen unter Einbezug praktischen Handelns erprobt und durch den verbundenen Transferprozess mit Erfahrungs- und Anwendungswissen erweitert (*Abel u.a.* 2013, 243ff). Studierende erhalten die Möglichkeit, ihr theoretisch erlerntes Wissen in einer realitätsnah gestalteten Lernumgebung anzuwenden, zu reflektieren und mithilfe des praktischen Transfers ein besseres Verständnis und eine gesteigerte Nachhaltigkeit der Lehrinhalte zu erlangen und neue Fragestellungen für die theoretischen Teile der Ausbildung zu entwickeln. Die Lerngegenstände stehen in einem konkreten durch die Arbeitsaufgabe geprägten Situationsbezug.

Anders als in einer Laborsituation geht es in der Lernfabrik nicht nur um die Anwendung technischer Lösungen, sondern in einer realitätsnahen Umgebung auch darum, die Gestaltbarkeit von Technik zu erlernen. Der Lernprozess wird in Lernfabriken weitgehend von den Studierenden selbst gesteuert. Zu den übergeordneten Ausbildungszielen der Lernfabrik gehören das selbstständige Planen, Durchführen und Kontrollieren von Arbeitstätigkeiten. Der Erwerb sozialer Kompetenzen (s.o.) nimmt dabei einen großen Raum ein.

Neben den fachlichen Ausbildungsinhalten wird den Studierenden zusammen mit Sozial- und Arbeitswissenschaftlern ein kritisches Verständnis der Fabrik als sozialer Ort vermittelt. Es werden Kenntnisse über Arbeits- und Geschäftsprozesse sowie die Bedeutung von Arbeitspolitik bei der Gestaltung von Arbeits- und Produktionsprozessen sowie technologischen Entwicklungen im Kontext der Digitalisierung von Arbeit und Technik vermittelt. Hier spielen auch Gestaltungsdimensionen der Digitalisierung der Arbeitswelt eine zunehmende Rolle. Methodisch nimmt das Lernen in der Lernfabrik Anleihen aus der Berufsbildung, wie die Arbeits- und Geschäftsprozessorientierung, das forschende oder entdeckende Lernen, die vollständige Arbeitsaufgabe und anderes mehr.

Die Lernfabrik an der Ruhr-Universität Bochum orientiert sich in Teilen an den Kriterien der „erweiterten Beruflichkeit“, die innerhalb des IG Metall-Projekts für ein gemeinsames Leitbild für die betrieblich-duale und die hochschulische Berufsbildung entwickelt wurden (*IG Metall* 2014). Es werden Themen wie die Gestaltung von Arbeit und Technik sowie Kommunikation und Kooperation zwischen Management, betrieblicher Interessenvertretung und Mitarbeitern auf der Fertigungsebene bearbeitet. Zum besseren Verständnis werden in den Räumlichkeiten der Lernfabrik vollständige Produktionsprozesse simuliert, welche die verschiedenen Rollen und Funktionen der *stakeholder* innerhalb eines Unternehmens verdeutlichen. Hierbei steht der Konflikt im Spannungsgefüge Technik-Organisation-Beschäftigte im Mittelpunkt und wird in verschiedenen praktischen Übungen fokussiert (*Wagner u.a.* 2015).

Ein Beispiel hierfür bietet das interdisziplinäre Modul „Management und Organisation von Arbeit“<sup>10</sup>, das aus einer Kooperation zwischen dem Lehrstuhl für Produktionssysteme und der Gemeinsamen Arbeitsstelle RUB/IGM entstand und Master-Studierenden der Ingenieur- und Sozialwissenschaften zentrale Konzepte der Fabrik als sozialem Ort, der betrieblichen Mitbestimmung und der Partizipation der Beschäftigten vermittelt (*Kaßbaum/Wannöffel* 2017). Das didaktische Konzept der zweisemestrigen Veranstaltung besteht aus einem Vorlesungsteil, der Experten-Inputs aus den verschiedenen Fachbereichen enthält<sup>11</sup>, und einem praktischen Teil, in dem die vermittelten Inhalte im Rahmen von Gruppenübungen in einer betriebsnahen Umgebung umgesetzt werden können. Abschließend werden die gewonnenen Kenntnisse von den Studierenden in fachübergreifenden Forschungsgruppen und in enger Zusammenarbeit mit den Betriebsräten aus regional ansässigen Unternehmen in betrieblichen Praxisprojekten

---

<sup>10</sup> Siehe: [http://www.ruhr-uni-bochum.de/rub-gm/Veroeffentlichungen/MAO\\_DIALOG\\_HOME\\_PAGE.pdf](http://www.ruhr-uni-bochum.de/rub-gm/Veroeffentlichungen/MAO_DIALOG_HOME_PAGE.pdf).

<sup>11</sup> Zu den theoretischen Grundlagen zählen Kenntnisse über die Regulierung und den Wandel von Erwerbsarbeit sowie das Arbeitsrecht (bspw. Regelungen des BetrVG). Weiterhin werden Modelle der Arbeitsorganisation (bspw. *lean management*) und der Managementforschung (bspw. interkulturelles Management) behandelt.

umgesetzt. Mit diesem Lehrkonzept wird das Ziel verfolgt, neben methodischen und fachlichen auch soziale, kommunikative, kreative und analytische Kompetenzen zu vermitteln. Zudem werden die Master-Studierenden der Ingenieur- und Sozialwissenschaften durch die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams für fachübergreifende Themen sensibilisiert (Wannöffel 2014).

Die Lernfabrik der Ruhr-Universität kommt überdies im Rahmen der Betriebsrätequalifizierung innerhalb des IG Metall-Projekts „Arbeit und Innovation“ als „arbeitspolitische“ Lernfabrik zum Einsatz (IG Metall 2017). Hierbei geht es darum, den Teilnehmenden die Kompetenz zur Arbeitsgestaltung zu vermitteln. Bezugstechnologie sind die digitalen, autonomen Assistenzsysteme, die als Schlüsseltechnologie im Zuge der Digitalisierung der Arbeitswelt gelten. Anhand verschiedener Simulationen werden die Auswirkungen der Assistenzsysteme auf die Arbeitsbedingungen erfahrbar gemacht und hinsichtlich möglicher Gestaltungsoptionen diskutiert. Die „arbeitspolitische“ und die „ingenieurwissenschaftliche“ Lernfabrik stehen in einem regen Austausch.

Im Hinblick auf die Berücksichtigung sozialer und arbeitspolitischer Faktoren von Mitbestimmung und Partizipation der Beschäftigten in den didaktischen Ansätzen sowie ihren kontinuierlichen Dialog mit Praxispartnern aus Unternehmen und Gewerkschaften verfügt die Lernfabrik der Ruhr-Universität Bochum durch die Kooperation mit der IG Metall mit ihrem integrativen Ansatz über ein Alleinstellungsmerkmal in der bundesdeutschen Hochschullandschaft. Die Lehrveranstaltungen werden von den Teilnehmenden – Studierenden, Betriebsräten und Gewerkschaftern – durchweg positiv bewertet. Eine Untersuchung der Technischen Universität Braunschweig zur Wirkung von Lernfabriken im Ingenieurstudium kommt auf der Basis einer vergleichenden Befragung zu dem Ergebnis, dass „Studierende, die zusätzlich zu einer Vorlesung mit einer Lernfabrik gearbeitet haben, höhere Fach- und Methodenkompetenzen aufweisen als Studierende, die ausschließlich eine Vorlesung zum selben Thema besucht haben.“ (Ayman *u.a.* 2018, 4)

## Schlussbetrachtung

Die Digitalisierung erfordert neue Ansätze der Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren. Denn wenn die Gesellschaft von ihnen verlangen darf und sie sich selbst auferlegen, unter den möglichen Pfaden in eine digitalisierte Arbeitswelt diejenigen zu beschreiten, die den Fachkräften auch in Zukunft eine sinnvolle, inhaltsreiche und qualifizierte Arbeit ermöglichen, müssen die mit der Digitalisierung verbundenen sozialen und qualifikatorischen Fragen ebenso Gegenstand des Studiums sein wie die neue Qualität technischer Herausforderun-



gen. Anknüpfen ließe sich hierbei an den Diskurs über das notwendige Verhältnis von fachlichen und überfachlichen Qualifikationen, den DQR und die insbesondere in den Ingenieurwissenschaften geführten Debatten über Kompetenzbegriffe und Kompetenzdimensionen. Die vorausschauende Gestaltung von Arbeit und Technik muss aufgrund der weitreichenden Wirkungen autonomer Systeme Gegenstand der Ausbildung technischer Experten werden.

Anstelle des Bezugs auf das Konzept der *employability*, das im besten Fall als Anpassungsqualifizierung an die Anforderungen von Technik und Arbeitsmärkten identifiziert werden kann, ist das Konzept der „erweiterten Beruflichkeit“ mit seinem Kern der Entwicklung umfassender und reflexiver Handlungskompetenzen vorgeschlagen worden. Beruflichkeit lässt sich als Bildungskonzept mit dem hochschulischen Bildungs- und Wissenschaftsverständnis verbinden. Als Bildungskonzept bietet es mit den Instrumenten beruflichen Lernens gute und sinnvolle Möglichkeiten der Verbindung von Theorie und Praxis in einem beruflich orientierten Studium.

Die Lernfabrik steht für einen beachtlichen Wandel der Lehre. Dies gilt insbesondere für die universitäre, traditionell an der Forschung ausgerichtete Lehre und damit eben auch für die Ingenieurwissenschaften. Die Lernfabrik schafft eine realitätsnahe, an den fachlichen und sozialen Anforderungen der Fabrik orientierte Laborsituation und steht damit zwischen einer an praktischen und beruflichen Anforderungen ausgerichteten Lehre und den außerhalb der Hochschule zu absolvierenden Praktika und Praxisphasen.

Ob und wie Lernfabriken Studierende in einer realitätsnahen Laborsituation auf berufliche Tätigkeiten vorbereiten, ist nach unserer Einschätzung (noch) nicht abschließend geklärt. Eine vergleichende Studie zu den pädagogischen Zielen und didaktischen Konzepten der Lernfabriken an deutschen Hochschulen und ihren Wirkungen liegt noch nicht vor. Das Bochumer Modell zeigt jedoch, dass Methoden des beruflichen Lernens in der Lernfabrik erfolgreich angewandt werden können. Dort haben die Studierenden die Möglichkeit, ihre Aufgaben in – simulierten – betrieblichen Arbeits- und Geschäftsprozessen zu lösen. Sie sind mit Arbeitsprozessen in vor- und nachgelagerten Bereichen konfrontiert. Sie können den Wirkungen relevanter Arbeitsorganisationskonzepte und Managementmethoden nachgehen, Arbeitsprozesse in der Fertigung kennenlernen, und sie erfahren etwas über betriebliche Interessenkonflikte und ihre Regulierungsmöglichkeiten. So trägt die Lernfabrik zur Entwicklung einer umfassenden und beruflichen Handlungskompetenz für die Studierenden bei.

## Literatur

- Abel u.a.* (= Abel, Markus; Czajkowski, Stefan; Faatz, Laura; Metternich, Joachim; Tenberg, Ralf), 2013: Kompetenzorientiertes Curriculum für Lernfabriken, in: Werkstatttechnik online 103, 3, 240-245
- Abele u.a.* (= Abele, Eberhard; Tenberg, Ralf; Wennemer, Jan; Cachay, Jan), 2010: Kompetenzentwicklung in Lernfabriken für die Produktion, in: Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 105, 10, 909-913
- Ahlers, Elke*, 2018: Forderungen der Betriebsräte für die Arbeitswelt 4.0 (= WSI Policy Brief 02/2018), Düsseldorf
- AK DQR* (= Arbeitskreis Deutscher Qualifikationsrahmen), 2011: Deutscher Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen, verabschiedet am 22. März 2011 ([https://www.dqr.de/media/content/Der\\_Deutsche\\_Qualifikationsrahmen\\_fuer\\_lebenslanges\\_Lernen.pdf](https://www.dqr.de/media/content/Der_Deutsche_Qualifikationsrahmen_fuer_lebenslanges_Lernen.pdf) [Zugriff: 21.11.2017])
- Ahrens, Daniela; Spötl, Georg*, 2015: Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften, in: Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit, Baden-Baden, 185-203
- Aymans u.a.* (= Aymans, Stephanie; Horn, Nine; Kauffeld, Simone), 2018: Welchen Nutzen haben Lernfabriken als Lehrmethode in den Ingenieurwissenschaften wirklich? Eine Prä-Post-Erhebung mit Experimental-Kontrollgruppenvergleich, in: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Frühjahrskongress 2018, Beitrag C.7.1., Dortmund, 1-7
- Boes u.a.* (= Boes, Andreas; Kämpf, Tobias; Langes, Barbara; Lühr, Thomas), 2015: Landnahme im Informationsraum. Neukonstituierung gesellschaftlicher Arbeit in der „digitalen Gesellschaft“, in: WSI-Mitteilungen 68, 2, 77-85
- Boes, Andreas; Kämpf, Tobias*, 2016: Digitalisierung und „Wissensarbeit“: Der Informationsraum als Fundament der Arbeitswelt der Zukunft, in: Aus Politik und Zeitgeschichte 66, 18-19/2016, 32-39
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta*, 2015: Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland (= IAB-Forschungsbericht 11/2015), Nürnberg
- DGB* (= Deutscher Gewerkschaftsbund), 1984: Modellstudiengang Maschinenbau und Elektrotechnik, Düsseldorf
- DGB*, 2012: Für eine demokratische und soziale Hochschule. Das hochschulpolitische Programm des Deutschen Gewerkschaftsbundes, Berlin
- DGB*, 2016: DGB Index Gute Arbeit. Der Report 2016. Wie die Beschäftigten die Arbeitsbedingungen in Deutschland beurteilen. Mit dem Themenschwerpunkt: Die Digitalisierung der Arbeitswelt – Eine Zwischenbilanz aus der Sicht der Beschäftigten, Berlin
- Dreher, Ralph*, 2014: Gestaltungskompetenz als curriculares Richtziel bei der hochschulischen Ingenieurausbildung. Idee eines „Leonardischen Eides“, Siegen ([http://ipw-edu.org/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/3\\_01.pdf](http://ipw-edu.org/fileadmin/_migrated/content_uploads/3_01.pdf) [Zugriff: 11.04.2018])
- Drinkuth, Andreas*, 1988: Die andere Zukunft: Für eine demokratische Technologiepolitik, in: Bleicher, Siegfried; Stamm, Jürgen (Hrsg.): Fabrik der Zukunft. Flexible Fertigung, neue Produktionskonzepte und gewerkschaftliche Gestaltung, Hamburg

- Expertenkommission* (= Expertenkommission Ingenieurwissenschaften des Landes Baden-Württemberg), 2015: Expertenkommission Ingenieurwissenschaften@BW2025, Abschlussbericht, Stuttgart
- GNW* (= Gewerkschaftliches Gutachternetzwerk) (Hrsg.), 2009: Studium als wissenschaftliche Berufsausbildung, Düsseldorf und Berlin
- Grollmann, Philipp*, 2015: Beruflichkeit – deutscher Sonderweg oder Orientierungspunkt auf dem Weg der Europäisierung beruflicher Bildung, in: DENK-doch-MAL 1/15 (<http://denk-doch-mal.de/wp/beruflichkeit-deutscher-sonderweg-oder-meilenstein-auf-dem-weg-der-europaeisierung-beruflicher-bildung> [Zugriff: 08.07.2017])
- IG Metall*, 1983: Einbahnstraße Technik? Materialien. Ingenieurkonferenz der IG Metall in Baden-Württemberg, Stuttgart und Düsseldorf
- IG Metall*, 2014: Erweiterte moderne Beruflichkeit. Ein gemeinsames Leitbild für die betrieblich-duale und die hochschulische Berufsbildung, Frankfurt a.M.
- IG Metall*, 2017: Neue Lernorte für Arbeiten 4.0. Die arbeitspolitische Lernfabrik, Frankfurt a.M.
- Kaßbaum, Bernd*, 2014: Dimensionen von Beruflichkeit im Ingenieurstudium, in: Gemeinsame Arbeitsstelle RUB/IGM (Hrsg.): Seminar Management und Organisation von Arbeit (MAO), Dialog Wissenschaft und Arbeitswelt, 9/2014, 7-13, Bochum
- Kaßbaum, Bernd*, Beruflich-fachliche Referenzrahmen: Ein Instrument für Studienreform und Qualitätssicherung? In: DENK-doch-MAL 4/2016 (<http://denk-doch-mal.de/wp/bernd-kassebaum-beruflich-fachliche-referenzrahmen-ein-instrument-fuer-studienreform-und-qualitaetssicherung> [Zugriff: 05.07.2017])
- Kaßbaum, Bernd; Wannöffel, Manfred*, 2017: Berufliches Lernen im Studium: Die Lernfabrik, in: *berufsbildung – Zeitschrift für Theorie-Praxis-Dialog* 164, 36-38
- KMK* (= Kultusministerkonferenz), Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse, Beschluss vom 16.02.2017 ([https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2017/2017\\_02\\_16-Qualifikationsrahmen.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2017/2017_02_16-Qualifikationsrahmen.pdf) [Zugriff: 11.04.2018])
- Meyer, Rita*, Professionsorientierte Beruflichkeit? Theoretische und konzeptionelle Überlegungen zur Öffnung der Hochschulen als Lernorte der beruflichen Bildung, in: *bwp@Berufs- und Wirtschaftspädagogik-online* 2012, 23 ([http://www.bwpat.de/ausgabe23/meyer\\_bwpat23.pdf](http://www.bwpat.de/ausgabe23/meyer_bwpat23.pdf) [Zugriff: 27.10.2015])
- Neef, Wolfgang*, 1982, Ingenieure. Entwicklung und Funktion einer Berufsgruppe, Köln
- Pfeiffer, Sabine*, 2015: Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung (= ITA-manuscripts ITA-15-03, hrsg. vom Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) in der Österreichischen Akademie der Wissenschaften), Wien
- Reuter, Melissa u.a.* (= Reuter, Melissa; Oberc, Henning; Wannöffel, Manfred; Kreimeier, Dieter; Klippert, Jürgen; Pawlicki, Peter; Kühlenkötter, Bernd), 2017: Learning Factories' Trainings as an Enabler of Proactive Workers' Participation Regarding Industry 4.0, in: *Procedia Manufacturing* 9, 2017, 354–360
- Sauer, Stefan; Bolte, Annegret*, 2018, Erfahrungsbasiertes Kontextwissen als Schlüsselfaktor von Ingenieurarbeit, München ([http://www.isf-muenchen.de/pdf/erfahrungsbasiertes\\_kontextwissen.pdf](http://www.isf-muenchen.de/pdf/erfahrungsbasiertes_kontextwissen.pdf) [Zugriff: 15.02.2018])

- Schröter, Welf*, 2017: Betriebsräte üben sich nun vermehrt in „vorausschauendem Gestalten“ (<http://www.blog-zukunft-der-arbeit.de/betriebsraete-ueben-sich-nun-vermehrt-in-vorausschauendem-gestalten> [Zugriff: 06.07.2017])
- Senghaas-Knobloch, Eva*, 1994: Einflußmöglichkeiten auf eine sozialverträgliche Technikgestaltung im Arbeitsalltag von Ingenieuren, in: Fricke, Else (Hrsg.): Zur Zukunftsorientierung von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern (= Forum Humane Technikgestaltung, 12), Bonn
- Spöttl, Georg*, 2014: Lernen und Kompetenzentwicklung in einem ingenieurwissenschaftlichen Fach – ein didaktische Grundlegung, in: Musekamp, Frank; Spöttl, Georg (Hrsg.): Kompetenz im Studium und in der Arbeitswelt, Frankfurt a.M.
- Spöttl, Georg; Windelband, Lars* (Hrsg.), 2017: Industrie 4.0. Risiken und Chancen für die Berufsbildung, Bielefeld
- Teichler, Ulrich*, 2012: Berufliche Relevanz des Studiums statt „Employability“ – Eine Kritik des Jargons der Nützlichkeit, in: Kehm, Barbara; Schomburg, Harald; Teichler, Ulrich (Hrsg.): Funktionswandel der Universitäten. Differenzierung, Relevanzsteigerung, Internationalisierung, Frankfurt a.M., 91-108
- VDI* (= Verein Deutscher Ingenieure), 2015: Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik in der Ingenieurarbeit der Zukunft, Düsseldorf
- VDI*, 2018: Ingenieurausbildung für die digitale Transformation. Diskussionspapier zum VDI-Qualitätsdialog am 1. und 2. März an der TU Berlin, Düsseldorf
- VDI u.a.* (= Verein Deutscher Ingenieure; Verband der Maschinen- und Anlagenbauer; Mercatorstiftung), 2016, 15 Jahre Bologna-Reform, Essen usw. ([https://www.vdi.de/fileadmin/vdi\\_de/redakteur/bg-bilder/BG/2016\\_VDI-VDMA-Mercator-Studie-15\\_Jahre\\_Bologna-Reform.pdf](https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur/bg-bilder/BG/2016_VDI-VDMA-Mercator-Studie-15_Jahre_Bologna-Reform.pdf) [Zugriff: 18.10.2017])
- Wannöffel, Manfred*, 2014: Seminar Management und Organisation von Arbeit (MAO) – interdisziplinär, praxisnah, innovativ, in: Dialog 9/2014 (Ruhr-Universität Bochum, Gemeinsame Arbeitsstelle RUB/IGM), Bochum, 1-33
- Wagner u.a.* (= Wagner, Pia; Prinz, Christoph; Wannöffel, Manfred; Kreimeier, Dieter), 2015: Learning Factory for Management, Organization and Workers' Participation, Procedia 32, 115-119
- Wissenschaftlicher Beraterkreis* (= Wissenschaftlicher Beraterkreis der Gewerkschaften ver.di und IG Metall) (Hrsg.), 2014: Berufsbildungsperspektiven 2014, Leitlinien für eine gemeinsame duale, schulische und hochschulische berufliche Bildung, Berlin und Frankfurt a.M. ([https://wap.igmetall.de/docs\\_Wissenschaftlicher\\_Beraterkreis\\_-\\_Berufsbildungsperspektiven\\_2014\\_fcd30ca2d9df6b3e7ecf1668d8bb6303e7de4873.pdf](https://wap.igmetall.de/docs_Wissenschaftlicher_Beraterkreis_-_Berufsbildungsperspektiven_2014_fcd30ca2d9df6b3e7ecf1668d8bb6303e7de4873.pdf) [Zugriff: 18.12.2017])
- Zinke, Gerd u.a.* (= Zinke, Gerd; Renger, Peggy; Feirer, Simona; Padur, Torben), 2017: Berufsbildung und Digitalisierung – ein Beispiel aus der Automobilindustrie, Bonn (<https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/pubication/download/8329> [Zugriff: 17.10.2017])

## Autoren



*Bernd Kassebaum*, geb. 1955, Dr., bis 31.12.2016 Gewerkschaftssekretär, jetzt ehrenamtliche Mitarbeit im Wissenschaftlichen Beraterkreis von ver.di und IG Metall und in der Redaktion des Online-Magazins DENK-doch-MAL (bernd.kassebaum@igmetall.de). Aktuelle Arbeitsschwerpunkte: Berufliches Lernen im Studium, sozioökonomische Bildung.



*Manfred Wannöffel*, geb. 1956, Prof. Dr., Geschäftsführender Leiter der Gemeinsamen Arbeitsstelle RUB/IGM der Ruhr-Universität Bochum (manfred.wannoeffel@rub.de). Aktuelle Arbeitsschwerpunkte: Transdisziplinäre Mitbestimmungsforschung.  
→ Wannöffel, Manfred, u. a., 2017: Learning Factories' Trainings as an Enabler of Proactive Workers' Participation Regarding Industry 4.0, in: *Procedia Manufacturing* 9, 2017, 354–360