

MAREN BAUMHAUER (Leibniz Universität Hannover)

RITA MEYER (Leibniz Universität Hannover)

**Status quo Chemieindustrie: Produktionsfacharbeit zwischen Tradition und digitaler Innovation**

**Herausgeber**

BERND ZINN

RALF TENBERG

DANIEL PITTICH

**Journal of Technical Education (JOTED)**

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>



MAREN BAUMHAUER / RITA MEYER

## **Status quo Chemieindustrie: Produktionsfacharbeit zwischen Tradition und digitaler Innovation**

**ZUSAMMENFASSUNG:** Im Kontext der Digitalisierung ist die industrielle Facharbeit einem dynamischen Wandel ausgesetzt, wobei sich Tätigkeitsbereiche und Arbeitsanforderungen kontinuierlich verändern. In der Chemieindustrie stellt sich diese Situation als besonders dar: Aufgrund permanent fortschreitender technologischer Entwicklungsprozesse ist die Branche durch einen sehr hohen Automatisierungsgrad gekennzeichnet und gilt – auch mit Blick auf die Einführung intelligenter und vernetzter Systeme – bereits jetzt als hoch digitalisiert. Zukünftige Qualifikationsanforderungen sind derzeit weitgehend unbestimmt, was die Branche vor die Problematik stellt, im Rahmen der Gestaltung des digitalen Wandels mit großen Unsicherheiten umzugehen. Auf der Grundlage ausgewählter Ergebnisse des Forschungsprojekts „Lernort Betrieb 4.0“<sup>1</sup> wird im Folgenden gezeigt, dass sich die Produktionsfacharbeit in der Chemieindustrie in einem andauernden Spannungsfeld zwischen Tradition und digitaler Innovation befindet. Ausgehend von den Forschungsergebnissen werden Implikationen für die Verknüpfung von Arbeiten und Lernen in der digitalen Transformation der Produktionsarbeit abgeleitet und Anschlussperspektiven für die Technikdidaktik thematisiert.

*Schlüsselwörter:* Digitalisierung in der Chemieindustrie, Wandel von Produktionsarbeit, Betriebliche Organisation und Beschäftigte in der Produktion, Störungen als Lernanlass, Technikdidaktik

## **Status quo Chemical Industry: Skilled Production Work between Tradition and Digital Innovation**

**ABSTRACT:** In the context of digitalization, industrial skilled labor is subject to dynamic change, with areas of activity and work requirements changing continuously. This situation is particularly acute in the chemical industry: Due to permanently advancing technological development processes, the industry is characterized by a very high degree of automation and – also with a view to the introduction of intelligent and networked systems – is already considered to be highly digitized. Future qualification requirements are currently largely undetermined, which presents the industry with the problem of dealing with major uncertainties in the context of shaping digital change. Based on selected results of the research project "Lernort Betrieb 4.0", it will be shown in the following that skilled production work in the chemical industry is in an ongoing field of tension between tradition and digital innovation. Based on the research results, implications for linking work and learning in the digital transformation of production work are derived and connection perspectives for technology didactics are addressed.

*Keywords:* Digitalization in the chemical industry, change in production work, operational organization and employees in production, disruptions as a learning occasion, didactics of technology

1 Eine ausführliche Darstellung der Forschungsergebnisse findet sich unter: Baumhauer et al. (2021). Lernort Betrieb 4.0 – Organisation, Subjekt und Bildungskoooperation in der digitalen Transformation der Chemieindustrie. Study Nr. 454 der Hans-Böckler-Stiftung.

## 1 Ausgangssituation: fortlaufende Automatisierung und Digitalisierung als evolutionärer Prozess in der Chemieindustrie

Im Zuge der fortschreitenden digitalen Transformation vollzieht sich in der industriellen Facharbeit ein dynamischer Wandel, der sich branchenübergreifend in der Veränderung betrieblicher Kernprozesse zeigt. Dabei verändern sich Tätigkeitsbereiche, Arbeitsorte und -zeiten sowie die Arbeitsorganisation, Arbeitsmittel und Arbeitsprozesse (vgl. u. a. Baethge-Kinsky 2019; Gohlke & Jarosch 2019; Baethge-Kinsky et al. 2018; Hirsch-Kreinsen et al. 2018). Der Digitalisierungsgrad ist branchen- und unternehmensspezifisch sehr heterogen, da Digitalisierungsprozesse im Unternehmen abhängig sind von einerseits betriebswirtschaftlichen Abwägungen und andererseits vom Produktionsprozess. Insgesamt lässt sich für die industrielle Facharbeit konstatieren, dass moderne Informations- und Kommunikationstechnologien flächendeckend eingesetzt werden, wohingegen sich intelligente, digital vernetzte Systeme und Produktionsprozesse in vielen Wirtschaftszweigen im Entwicklungsstadium befinden und sich noch nicht über die gesamte Wertschöpfungskette etabliert haben (vgl. Baethge-Kinsky 2019). Branchenübergreifend bestehen Ungewissheit und Unsicherheit in Bezug auf die Auswirkungen und Gestaltungsanforderungen der Digitalisierung, die alle Beschäftigungsebenen betreffen. Zwar werden innovative Konzepte der Arbeits- und Organisationsgestaltung (z. B. Smart Factory, Augmented Reality, Cyber-Physische-Systeme) pilothaft erprobt, allerdings bisher kaum flächendeckend eingesetzt (vgl. Bosch et al. 2017).

In Bezug auf die Chemieindustrie stellt sich insofern eine besondere Situation, als der technologische Wandel in der chemischen Produktionsarbeit graduell und damit *evolutionär* verlief und verläuft. Das heißt, neue innovative Technologien knüpfen schrittweise an bestehende betriebliche Entwicklungen an (vgl. Malanowski et al. 2017; Gehrke & Weilage 2018). Gleichwohl ist auch für diese Branche eine ungleichzeitige Entwicklung und eine enorme Heterogenität in der Digitalisierung von Produktionsanlagen zu verzeichnen und damit verbunden eine große Unsicherheit und Unbestimmtheit des Qualifikationsbedarfs (vgl. u. a. Baethge-Kinsky 2019; Baethge-Kinsky et al. 2018; Abel 2018).

Die Chemiebranche ist durch ein vergleichsweise hohes Qualifikationsniveau gekennzeichnet. An- und Ungelernte machen nur rund 10% der Beschäftigten in der Branche aus. Die Arbeit mit dem Prozessleitsystem (PLS) erfordert fachspezifisches Wissen, das eine duale Berufsausbildung voraussetzt. Die Veränderung der Produktionsarbeit führte insgesamt zu einer Höherqualifizierung der Beschäftigten. Neben einer deutlichen Altersheterogenität zeichnet sich die Unternehmensstruktur in der chemischen Industrie durch eine hierarchische Aufgabenorganisation aus. Insgesamt handelt es sich nach wie vor um eine stark männerdominierte Branche. Formale Qualifizierungen spielen, abgesehen von den i. d. R. verpflichtenden Schulungen im Bereich Arbeits- und Gefahrenschutz, in der chemischen Produktionsarbeit kaum eine Rolle. Infolgedessen übernehmen die Beschäftigten die Verantwortung für ihre Lernprozesse selbst und organisieren sie auch untereinander.

Da der Wandel von Produktionsarbeit in erster Linie technologisch induziert ist und kaum in seiner sozialen Dimension thematisiert wird, stellt sich die Frage, *welche beruflichen Lern- und Orientierungsherausforderungen sich für die Beschäftigten stellen und wie die Unternehmen diesen organisatorisch – auch im Sinne technikedidaktischer Konzepte und Qualifizierungsmaßnahmen – begegnen.*

## 2 Lernanforderungen und Orientierungsleistungen: Kurzvorstellung des Projekts „Lernort Betrieb 4.0“

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Lernort Betrieb 4.0“ (gefördert durch die Hans-Böckler-Stiftung) wurden am Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung der Leibniz Universität Hannover im Zeitraum 02/2018 bis 10/2020 die Auswirkungen der Digitalisierung in der chemischen Industrie untersucht. Ziel des Projekts war es, empirische Ergebnisse über betriebliche und individuelle Strategien zur Gestaltung des digitalen Wandels sowie über Handlungsspielräume der betrieblichen Mitbestimmung im Hinblick auf die zunehmend digitalisierte Arbeit innerhalb der Branche zu generieren. Dabei wurde explizit die Beschäftigtenperspektive auf die digitale Transformation in den Blick genommen.

Folgende Forschungsfragen wurden auf drei analytischen Untersuchungsebenen (Makro-, Meso- und Mikroebene) des Projekts bearbeitet:

### Branche (Makroebene)

- *Welche Auswirkungen der Digitalisierung zeigen sich in der Chemieindustrie?*
- *Inwiefern verändert sich die Produktionsarbeit in der Branche?*

### Betriebe (Mesoebene)

- *Welche Strategien entwickeln Betriebe, um den Anforderungen an digitale Arbeitsbedingungen heute und in Zukunft gerecht werden zu können?*
- *Welche neuen Qualifizierungsbedarfe entstehen in den Chemieunternehmen?*
- *Welche Handlungsspielräume haben Betriebsräte im Hinblick auf digitalisierte Arbeit und Qualifizierung und welche nutzen sie?*
- *Welche Chancen und Hindernisse sehen die Akteure für die betriebliche Mitbestimmung?*
- *Wie wird die Kooperation zwischen Bildungsanbietern und Chemieunternehmen im Industriepark gestaltet, um der Herausforderung der Digitalisierung zu begegnen?*

### Fach- und Führungskräfte (Mikroebene)

- *Mit welchen Lernanforderungen sehen sich Fachkräfte konfrontiert? Wie werden digitale Arbeits- und Lernformate durch die Fachkräfte wahrgenommen?*
- *Inwieweit gehen die betrieblichen Qualifizierungsbedarfe mit subjektiven Orientierungsanforderungen einher und welche Unterstützungsbedarfe bestehen?*
- *Wo liegen jenseits institutionalisierter Lernformen informelle und implizite Lern- und damit verbundene Entwicklungsmöglichkeiten?*

Dem Projekt lag ein qualitativ-exploratives Untersuchungsdesign zugrunde und das Vorgehen war zweistufig angelegt: Eine erste Annäherung an das Forschungsfeld erfolgte auf der Grundlage einer *explorativen Expertenbefragung* von Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft und Forschung sowie der Chemie-Sozialpartner (vgl. Baumhauer et al. 2019). Im Anschluss daran wurden

in zwei ausgewählten Industrieparks qualitative Betriebsfallstudien durchgeführt. Beforscht wurden pro Park zwei Chemieunternehmen und der jeweils standortansässige Bildungsanbieter. In den Chemieunternehmen wurde sowohl die *Organisationsebene* (betriebliche Perspektive) als auch die *Subjektebene* (Perspektive der Beschäftigten) in den Blick genommen, um die Veränderungsprozesse innerhalb der chemischen Produktionsarbeit ganzheitlich, d. h. auch hierarchie- und funktionsübergreifend, erheben zu können. Vor dem Hintergrund, dass in Betrieben immer Wechselwirkungen zwischen betrieblicher Organisationsentwicklung und individueller Kompetenzentwicklung wirksam werden (vgl. Meyer 2011), konnten mit dem doppelten Fokus – sowohl auf die organisationalen Veränderungsdynamiken einerseits, als auch auf die Bewältigungsstrategie der Beschäftigten andererseits – die Auswirkungen der Digitalisierung in der Chemieindustrie umfassend identifiziert werden.

Forschungsmethodisch orientierte sich die Durchführung der Betriebsfallstudien an einem *Multiple Case Design* (vgl. Yin 2014). Innerhalb dieses Forschungsdesigns bildete die Struktur und Organisation des jeweiligen Industrieparks den Kontext, in den die Chemieunternehmen und Bildungsanbieter eingegliedert sind und in dem sie interagieren. Die Organisations- und die Subjektebene stellen in die Fallunternehmen eingebettete Analyseeinheiten dar (vgl. ebd.). Das Multiple Case Design bot die Möglichkeit die Fallunternehmen und die Bildungsanbieter zunächst separat zu untersuchen. So konnten interne Organisationsprozesse und strategische Ansätze der Gestaltung von Digitalisierung und Qualifizierung fallspezifisch identifiziert werden. Anschließend wurde eine Vergleichsperspektive eingenommen, um fallstudienübergreifende Ergebnisse zu den Auswirkungen der Digitalisierung zu generieren.

Die Datenbasis der qualitativen Betriebsfallstudien bilden insgesamt 35 leitfadengestützte Interviews. In den vier Fallunternehmen wurden zehn Interviews auf der Organisationsebene mit *strategischen Führungskräften* (u. a. Personalleiterinnen und Personalleiter; HR-Managerinnen und HR-Manager) *einschl. Betriebsrätinnen und Betriebsräten* geführt. Diese Akteure wurden als relevante Stakeholder ausgewählt, da sie wesentlich an der Umsetzung von Digitalisierungs- und Qualifizierungsstrategien beteiligt sind. Zudem haben sie umfassende Einblicke in die sich verändernden Handlungsfelder der betrieblichen Mitbestimmung. Auf der Subjektebene wurden 20 Interviews mit *Beschäftigten in der Produktion* (operative Führungskräfte und Fachkräfte, d. h. Produktions- und Betriebsleiter, Meister und Techniker sowie Chemikantinnen und Chemikanten) realisiert. Es wurden Personen interviewt, die eine lange Betriebszugehörigkeit aufweisen und somit in ihrer beruflichen Laufbahn (digitalisierungsbezogene) technologische Veränderungen bewältigen mussten. Bei zwei Bildungsanbietern, die in den Industrieparks im Rahmen der Aus- und Weiterbildung mit den Unternehmen kooperieren, wurden insgesamt fünf Interviews mit Verantwortlichen im Bereich der beruflichen Aus- und Weiterbildung (z. B. Leiterinnen und Leiter, Trainerinnen und Trainer) geführt.

Für die drei Befragtengruppen im Rahmen der Betriebsfallstudien (strategische Führungskräfte, Betriebsrätinnen und Betriebsräte auf Organisationsebene; operative Führungs- und Fachkräfte auf Subjektebene; Vertreterinnen und Vertreter der Bildungsanbieter) wurde jeweils ein eigener Interviewleitfaden entwickelt. Die Entwicklung der Leitfäden erfolgte in Rückkopplung an den aktuellen Forschungsstand zu Auswirkungen der Digitalisierung in der chemischen Industrie sowie entlang der oben genannten Forschungsfragen des Projekts.

Das Erhebungsinstrument auf der Organisationsebene fokussierte die Auswirkungen digitaler Transformationsprozesse auf die chemische Produktion sowie unternehmensspezifische (strategische) Ansätze zur Gestaltung digitaler Arbeit und Qualifizierung. Darüber hinaus bildeten die betriebliche Mitbestimmung, insbesondere die Handlungsspielräume der Betriebsräte im Hinblick

auf Digitalisierung und Qualifizierung, einen Schwerpunkt der Befragung. Im Rahmen der Befragung der Produktionsbeschäftigten standen die Veränderung der Produktionsarbeit durch die digitale Transformation und die damit verbundenen neuen Lernanforderungen im Zentrum. Hierfür wurden die Leitfadeninterviews mit Elementen der Fokussierung und der Reflexion – *im Sinne der Forschung als Reflexionsanlass* (vgl. Meyer & Müller 2014) – kombiniert. Als methodisches Element der Fokussierung (vgl. Hopf 1978) wurde ein Zeitstrahl entwickelt, anhand dessen berufsbio-graphische Entwicklungen der Befragten visualisiert werden konnten. Zudem wurde eine Umriss-Abbildung einer menschlichen Figur als Visualisierungsgrundlage genutzt, mithilfe derer die Interviewpartnerinnen und -partner ihre zentralen physischen und kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten beschreiben und reflektieren sollten. Dabei wurde zwischen dem Beginn ihrer Berufstätigkeit und dem Zeitpunkt der Befragung differenziert.

Die Untersuchung der Bildungsanbieter konzentrierte sich jeweils auf ihre Struktur, Organisation und Funktion in den Industrieparks, insbesondere mit Blick auf ihre Rolle im Prozess der digitalen Transformation. Dabei wurde das Vorgehen der Bildungsanbieter bei der Ermittlung neuer Qualifizierungsbedarfe der Chemieunternehmen am Standort und der Entwicklung von Bildungsangeboten entlang dieser Bedarfe erhoben.

Das Datenmaterial der qualitativen Betriebsfallstudien wurde vollständig transkribiert und anhand des Datenanalyseprogramms MAXQDA aufbereitet. In Orientierung an dem Multiple Case Design erfolgte die Auswertung und Interpretation in zwei Schritten: In einem ersten Schritt wurden die Fallunternehmen – inklusive der eingebetteten Analyseeinheiten Organisations- und Subjektbene – sowie die Bildungsanbieter als einzelne Fälle analysiert (Within-Case Analyse). Hierbei wurde das Datenmaterial der Fälle kodiert. Die Kategorien wurden in ein differenzierteres *Code-Subcode-Modell* überführt (vgl. Yin 2011). Innerhalb dieses Prozesses wurde das Kategoriensystem induktiv erweitert. In einem zweiten Schritt wurden fallstudienübergreifende, vergleichende Interpretationen (Cross-Case Analyse) vorgenommen. Hierbei wurden zum einen die vier Chemieunternehmen miteinander verglichen, zum anderen die beiden Bildungsanbieter gegenübergestellt. Durch die Cross-Case Analyse konnten empirisch gesicherte Tendenzen aufgrund der fallübergreifenden Datenbasis generiert werden (vgl. Yin 2014). Somit konnten sowohl *fallspezifische* als auch *fallübergreifende* Muster innerhalb des Samples identifiziert werden. Die Auswertung der Ergebnisse mit den Produktionsbeschäftigten folgte demselben Schema. Die Ergebnisse sind in fallübergreifenden Mustern zusammengefasst<sup>2</sup>.

Die folgenden Ausführungen basieren auf *ausgewählten fallübergreifenden Ergebnissen* auf der Ebene der Organisation (hier: strategische Führungskräfte einschl. Betriebsrätinnen und Betriebsräte) und der Subjektbene (hier: operative Führungskräfte und Fachkräfte in der Produktion). Zur Veranschaulichung der Erkenntnisse werden in den folgenden Kapiteln Ankerzitate aus dem Datenmaterial angeführt. Diese fungieren als Belegstellen und stehen stellvertretend für weitere Aussagen im Rahmen der qualitativen Befragungen.

### 3 Digitalisierung aus der Perspektive der betrieblichen Organisation

Auch die strategischen Führungskräfte einschl. Betriebsrätinnen und Betriebsräte nehmen die Prozesse der Digitalisierung in der chemischen Industrie *nicht* als *disruptiven* Prozess mit großen Innovationssprüngen wahr, sondern sie beschreiben die Prozesse der digitalen Transformation als

2 Für weitere Informationen siehe Abschlussbericht des Forschungsprojekts: Study Nr. 454; Baumhauer et al. (2021). Lernort Betrieb 4.0. Organisation, Subjekt und Bildungskooperation in der digitalen Transformation der Chemieindustrie. [https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync\\_id=HBS-07932](https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-07932), Stand vom 16.03.2021.

evolutionär. Insbesondere komplexe Tätigkeiten (z. B. die Überwachung und Steuerung der Produktionsanlagen) sind weiterhin in der Verantwortung der menschlichen Arbeitskraft.

„Die chemische Industrie ist ja eher klassisch so irgendwie traditionell motiviert. Da gibt es ganz andere Bereiche die da schon viel weiter sind [...]“ (C\_C1\_BR II).

Trotz einer vergleichsweise geringen Veränderungsdynamik konnte über die Jahre bereits ein hoher Digitalisierungsgrad innerhalb der untersuchten Chemieunternehmen erreicht werden. Schon seit den Neunzigerjahren werden, mit dem Ziel einer ressourceneffizienten und nachhaltigen Gestaltung der Produktion, betriebsübergreifend Produktionsanlagen automatisiert und digitale Assistenzsysteme eingeführt (vgl. Baumhauer et al. 2019; Baethge-Kinsky 2019).<sup>3</sup> Die PLS ermöglichen eine computergestützte Steuerung, Regelung und Sicherung der Anlagen. Obwohl sich die Prozesse der Kernchemie, d. h. chemische Reaktionen zur Herstellung von Zwischen- und Endprodukten, nicht verändern, wurde der Produktionsprozess durch die fortlaufende Weiterentwicklung der PLS immer weiter automatisiert.

Der aktuelle Entwicklungsstand der Anlagen zeichnet sich durch die (nahezu vollständige) Umstellung auf PLS aus, wodurch eine computergestützte Vernetzung von Hard- und Software möglich ist. Somit wurde der gesamte Produktionsprozess, durch eine zentrale Steuerung, Regelung und Sicherung optimiert (vgl. Gehrke & Weilage 2018; Haipeter 2018; Bauer 2017) und damit wurde schwere körperliche Arbeit weitgehend durch Bildschirmarbeit abgelöst.

„Körperlich schwere Arbeit ist nicht mehr da. Wir haben kaum noch Systeme, die großartig von Hand bewegt werden. Die Schieber sind heute automatisch. [...] Also ich muss im Notfall den Schieber nicht mehr selber schließen, sondern das System erkennt, der Druck wird zu hoch, da darf kein neues Material mehr rein, also schließt der Schieber. So, dann muss ich nicht mehr rausrennen, sondern ich muss letztendlich sehen, was muss ich in der Folge noch an Systemen runterregeln“ (C\_C2\_HR).

Ein überraschendes Ergebnis des Forschungsprojektes ist, dass die betrieblichen Transformationsprozesse seitens der Chemieunternehmen *nicht* von einer expliziten Digitalisierungsstrategie flankiert werden. Zwischen den Unternehmen und auch innerhalb der Betriebe zeigt sich ein unterschiedlicher Grad der Digitalisierung: Die Komplexität der Produktionsverfahren bei der Herstellung von chemischen Erzeugnissen sowie die Vielfalt der Produktionsbedingungen (hohe Betriebs- und Anlagenspezifika) in der Chemiebranche begründen eine disparate Entwicklung und damit einhergehende Heterogenität in der Digitalisierung von Produktionsanlagen und Betrieben. Somit ist auch kein einheitliches Digitalisierungsverständnis in den Chemieunternehmen zu konstatieren.

„Ich glaube jeder Betrieb ist unterschiedlich in seinem digitalen Footprint, nenne ich das mal, der wird ausgebaut. Es wird keinen systematischen Ausbau geben [...] von digital 1.0 zu digital 4.0, das glaube ich nicht. Sondern man wird immer sagen, es müssen bestimmte Sachen ausgetauscht werden“ (C\_C1\_HR).

Die Chemieunternehmen vertrauen in der Produktion traditionell seit den 1990er Jahren auf die *Selbstorganisation* als etabliertes Konzept der Arbeitsorganisation (vgl. u. a. Briken 2004). Anlernprozesse an den Produktionsanlagen sind generell notwendig. Darüber hinaus werden produktions- und anlagenspezifisches Wissen sowie Fähigkeiten und Fertigkeiten i. d. R. durch Learning by Doing angeeignet.

3 In den Siebzigerjahren wurden erste chemische Verfahren im PLS durch zentrale Steuereinheiten automatisiert und Informationen der gesamten Produktionsanlage konnten durch Rechnerunterstützung in der Messwarte bzw. dem Leitstand zentralisiert werden. Ende der Neunzigerjahre wurden Software und Hardware miteinander vernetzt, sodass durch die Verbindung von Sensoren, Aktoren (Ventile) und automatisierten Geräten erstmalig Einstellungen und Programmierungen (z. B. Öffnung von Ventilen) vorgenommen werden konnten.

„Nur intern. Schulungen von Firmen, wenn wir hier etwas Neues kriegen, dann werden wir von denen geschult. Aber ich sage mal, also meine PLS-Schulung war ein halber Tag, das war's. Und dann Learning by Doing“ (I\_C2\_BR II).

Als eine zentrale Herausforderung ist festzuhalten, dass die Vielzahl unterschiedlicher Produktionsanlagen die Entwicklung standardisierter Qualifizierungskonzepte erschwert. Gefordert sind sowohl eine betriebs- bzw. anlagenspezifische, als auch eine individuelle und beschäftigungsbezogene Planung, Organisation und Durchführung von Weiterbildungsmaßnahmen. Die hohe Anlagenheterogenität ist auch nach Ansicht der Befragten eine Ursache dafür, dass keine Konzepte zur systematischen Verknüpfung von betrieblicher Organisationsentwicklung und individueller Kompetenzentwicklung existieren.

„Also dadurch, dass eben die Entwicklung total unterschiedlich in den einzelnen Bereichen ist, ist es jetzt kein generelles Weiterbildungsthema, sondern da muss man eben sehr, sehr anlagenspezifisch gucken, was ist da und was müssen die Leute eigentlich können? Da kann man jetzt also nicht einfach irgendwie den großen Wurf machen“ (C\_C1\_BR I)“.

Dies führt dazu, dass die Unternehmensvertreterinnen und -vertreter nur begrenzte Handlungsspielräume zur organisationalen Gestaltung lern- und kompetenzförderlicher Arbeitsumgebungen sehen und dieses Thema nicht weiterverfolgen.

Zudem erschwert die enorme Altersheterogenität als ein traditionelles Phänomen der Chemieindustrie die Sicherung und Weitergabe von Erfahrungs- und Prozesswissen. Im Kontext der Digitalisierung von Produktionsarbeit stellen sich somit neue Herausforderungen für die Chemieunternehmen: Ältere Fachkräfte scheiden mit ihren jahrelangen Erfahrungen inkl. der damit verbundenen Handlungsroutrinen (z. B. manuelles An- und Abfahren der Anlagen) sukzessive aus. Die jüngeren Fachkräfte erlernen im Rahmen ihrer dualen Ausbildung heute ausschließlich den Umgang mit modernen bzw. digitalen Prozessleittechniken und sind unter Umständen nicht mehr in der Lage, im Problemfall manuell in den Produktionsprozess eingreifen zu können.

Ein relativ hoher Altersdurchschnitt bei der Belegschaft führt zudem zu Qualifizierungshemmnissen: Neue Anlagen und Technologien fordern Flexibilität und Prozesswissen auch von älteren Beschäftigten und können – so die Aussage eines Betriebsrates – zu generationenbedingten Lernwiderständen im Umgang mit dem PLS führen.

„Und das ist klar, dass es natürlich jemandem [um die] 50 schwerer fällt, sich umzustellen, als jemandem [um die] 20 oder 30. Und wenn das System dann komplett geändert wird, weil das alte System nicht mehr verfügbar ist und etwas Neues kommt, da sind auch immer viele Widerstände dabei“ (I\_C2\_BR II).

Seitens der Unternehmensleitung wird offensichtlich ein selbstgesteuerter Umgang der Beschäftigten mit den Herausforderungen durch die Digitalisierung erwartet. Als Konsequenz dieser Entwicklung ist auf deren Seite eine *pragmatisch orientierte Kompensation von Wissens- und Kompetenzdefiziten* zu konstatieren. Es erfolgt eine selbstorganisierte und bedarfsgesteuerte Aneignung von Informationen und Fähigkeiten im Prozess der Arbeit, oftmals auch unter Nutzung privater Ressourcen.

#### **4 Veränderung von Produktionsarbeit aus der Sicht der Beschäftigten**

Die Vielfalt der voneinander abhängigen Systembestandteile (Hardware- und Softwarekomponenten) wirft für die Beschäftigten die generelle Frage nach neuen Formen der Mensch-Maschine-Interaktion und deren zukünftigen Einfluss auf die Produktionsarbeit auf.

Grundsätzlich besteht bei allen Befragten ein Bewusstsein über die Kontingenz, d. h. die *Offenheit und Unbestimmtheit* der zukünftigen Entwicklungen in der Produktionsarbeit. Es wird

mehrheitlich davon ausgegangen, dass mit der Digitalisierung eine weitere Erleichterung der ehemals schweren körperlichen Arbeit am Produktionsarbeitsplatz einhergehen kann. Die Befragungen haben gezeigt, dass die Digitalisierung nicht per se als Bedrohung für den eigenen Arbeitsplatz wahrgenommen wird. Gleichwohl bestehen bei einigen Beschäftigten in der Produktion, basierend auf der Erfahrung, den Personalabbau aufgrund technologischer Weiterentwicklungen im eigenen Betrieb miterlebt zu haben, Verunsicherungen.

In Anbetracht der Einführung der PLS wird die PC-Arbeit als eine konkrete Veränderung in der Produktionsarbeit geschildert. Für alle Befragten gilt: ein Großteil der Arbeitszeit wird vor dem PC verbracht. Neben der Ermöglichung eines datenbasierten Einblicks in die Gesamtanlage, werden die Produktionsprozesse direkt vom Bildschirm aus überwacht und gesteuert.

„Die Arbeitsabläufe haben sich geändert, dass man früher eigentlich am Behälter, am Kessel selber stand und praktisch einen Kessel überwacht hat und dann relativ beschränkten Einblick in die gesamte Anlage hat [...] jetzt im Leitstand die gesamte Anlage überblicken kann und dort auch mehrere Kessel gleichzeitig überwachen kann“ (C\_C2\_FK III).

Weitere benannte Veränderungen infolge technologischer Entwicklungen in der Produktion sind z. B. die Einführung verschiedener Neuauflagen bzw. Versionen der PLS (u. a. Aktualisierung und Erweiterung bestehender, softwaregestützter Komponenten), Barcode-Scansysteme sowie der vermehrte Umgang mit Datenbanken und cloudbasierten Systemen. Seitens der operativen Führungskräfte werden zudem die umfangreiche SAP-Nutzung sowie die Nutzung von Workflows im Umgang mit und in der Verarbeitung von großen Datenmengen (Big-Data-Analysen) benannt. Als eine zentrale Veränderung durch die Digitalisierung werden die neuen Erfassungs- und Analyse-möglichkeiten von Daten gesehen. Insbesondere die Möglichkeit, permanent neue Prozess- und Anlagedaten zu generieren, zu interpretieren diese aufzubereiten und wiederum als Grundlage für Modellrechnungen nutzen zu können, wird bereits heute, als auch mit Blick in die Zukunft als eine bedeutsame Entwicklung eingeschätzt.

„Sicherlich die Analyse-möglichkeiten, die man jetzt mit der Überwachung der Anlagen über digitale Systeme hat. Dass man wirklich auch Zustände über die Jahre verfolgen kann und auch Zustände vergleichen kann. Was ist damals passiert, was ist jetzt passiert? Und damit Vorhersagen für die Zukunft auch treffen kann“ (C\_C2\_FK III).

Die Beschäftigten selbst sehen sich im Rahmen der überwiegenden Bildschirmarbeit gefordert, insbesondere hinsichtlich ihrer Fähigkeit zur Abstraktion und Interpretation:

„Der Bildschirm macht es einem insofern schwer, weil man dann eben noch dieses, dieses Abstraktionsvermögen braucht, zu sagen: ‚Okay, ich habe jetzt da ein kleines Bildchen oder auch die Dimensionen, [...] also der Behälter auf der linken Seite des Bildchens ist fünf Zentimeter groß und die Kolonne nebendran, die ist zehn Zentimeter groß, der Behälter hat 500 Liter, die Kolonne ist 50 Meter hoch“ (I\_C2\_FK II).

Die differenzierten Möglichkeiten der Datenüberwachung nehmen die Fachkräfte auch als eine Zunahme der Kontrolle von außen wahr, durch die die Flexibilität ihres selbstverantworteten – nicht durch Verfahrensregeln legitimierten – Handelns eingeschränkt wird. Dass Sie im Fall von falschen Entscheidungen auch Sanktionen ausgesetzt sind, ist den Fachkräften durchaus bewusst.

„Also, sind wir mal ehrlich, an den Wänden, wenn da irgendeiner einen Bock geschossen hat, dann wird die Schreiberrolle weggeschmissen oder so. Das ist ja nie...das konnte man vertuschen. Jetzt, heutzutage, wenn... jeder und alle können sehen, was passiert ist. Und da wird, jeder kleinste Ausreißer wird festgehalten“ (C\_C2\_FK IV).

Ein grundlegendes Problem sehen die Produktionsbeschäftigten darin, dass die auf PLS umgestellten Produktionsanlagen und Prozesse nicht durchgängig stabil laufen und somit noch sehr störungsanfällig sind. So verbergen sich in der neuen Technik häufig neue Fehlerquellen, was zur

Folge hat, dass die Verantwortung über die Produktions- und Arbeitssicherheit bei den Fachkräften steigt.

## 5 Störungen als Lernanlass

In den Interviews wurde mehrfach davon berichtet, dass (in Abhängigkeit von der jeweiligen Produktionsanlage) Prozessunterbrechungen oder ein (kurzfristiger) Geräte- und Anlagenausfall aufgrund von z. B. Einstellungsfehlern oder anderweitigen Unregelmäßigkeiten bis hin zu technischen Unwägbarkeiten auch heute noch eher die Regel als die Ausnahme bilden.

Abweichungen im Prozessablauf (z. B. durch eine Störungsmeldung im Falle der Überschreitung eines programmierten Temperaturgrenzwertes) erfordern Schnelligkeit und ein hohes Reaktionsvermögen, d. h. die sofortige Verarbeitung und Interpretation der eingehenden Informationen am PC, um Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Es ist vor allem die Kombination aus einer hohen Anzahl von Fehlermeldungen und der damit einhergehenden Konfrontation mit digitalen Informationsfluten, die von den Befragten als herausfordernd im Arbeitsprozess eingeschätzt werden.

„Wir hatten hier vor einigen Jahren bis zu 20.000 Alarmer die Woche gehabt. [...] Also wir haben hier eine Logik um die Alarmer drum gebaut. Also wir haben so eine Strategie, die wir hier verfolgen, damit wirklich die Leute nur noch mit den nötigen Informationen konfrontiert werden und nicht mit unnötigen, ja, um einfach diese Datenvielfalt zu selektieren. Das haben wir hier gemacht, um einfach den Stress auch für die Leute abzubauen, weil das ist schon nicht ohne“ (I\_C2\_FK IV).

Die Entwicklung von Bearbeitungsstrategien zum Umgang mit Anlagenfehlern und die Identifikation von potenziellen Fehlerquellen bilden den zentralen Kern der Produktionsarbeit in der Chemieindustrie.

„Die größten Herausforderungen sind halt immer, auf Probleme schnell reagieren zu können. Es kann ja mal irgendein Ausfall kommen [...] und darauf halt schnell den Fehler zu finden und zu reagieren und den Schaden möglichst gering zu halten, oder am besten keinen Schaden entstehen zu lassen“ (I\_C2\_FK VI).

Dass sich durch die steigende Komplexität der Produktionssysteme die *Störanfälligkeit* erhöht, nehmen die Beschäftigten nicht als Problem wahr, sondern sie formulieren diese Störfälle explizit als Lernanlässe. Damit erfahren Störungen in der Wahrnehmung der Produktionsbeschäftigten mehrheitlich eine positive Konnotation, denn dadurch erst wird die Arbeit vielseitig und abwechslungsreich. Die Störungen ermöglichen zudem Komplexitätserfahrungen: Hierarchie- und funktionsübergreifend werden im Störfall kooperativ Fehlerquellen identifiziert, Bearbeitungsstrategien zum Umgang mit Anlagefehlern diskutiert und Lösungen entwickelt.

Die Fähigkeit zur Antizipation von Unwägbarkeiten und das frühe Erkennen von Interventionsmöglichkeiten beschreiben die Beschäftigten in diesem Prozess als ihre zentrale Aufgabe.

„Man guckt sich Strukturen an, z. B. bei einer Schrittkette. Wie funktioniert das? Mit was ist es verknüpft? Was passiert, wenn ich das da anklicke? Wird da irgendwas schief laufen? Ja, das kann man ja dann bei manchen Anlagen schon im Voraus sehen“ (I\_C1\_FK II).

Die subjektive Bewältigung jeweils spezifischer Problemlagen in der Produktion(sanlage) erfordert eine hohe Eigeninitiative und Eigenverantwortung der Beschäftigten. Dies setzt wiederum eine konstruktive Arbeitsatmosphäre voraus sowie die Offenheit, sich auf die Nutzung neuer Techniken und Entwicklungen einzulassen. In diesem Zusammenhang erfährt die Interaktion mit den Kolleginnen und Kollegen eine besondere Wertschätzung durch die Befragten.

„Teamfähigkeiten, sehr, sehr wichtig für uns. Also ich finde eine Schichtgruppe funktioniert nur, wenn das Team auch wirklich stimmt, wenn man sich aufeinander verlassen kann, wenn man miteinander redet und ja, zusammenarbeitet“ (C\_C1\_FK IV).

Es zeigt sich, dass informellen Lernräumen und -möglichkeiten ein hoher Stellenwert zukommt: *kooperative Arbeitsformen* und der persönliche Austausch in der und über die Arbeit in produktionsbezogenen *Praxisgemeinschaften* (vgl. Lave & Wenger 1991) werden hervorgehoben.

Von allen Befragten wird die Bedeutung der *beruflichen Erfahrung* der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer im Umgang mit der Anlage vor Ort thematisiert.

## 6 Stellenwert beruflichen Erfahrungs- und Prozesswissens

In Bezug auf das eigene Arbeitshandeln vertrauen die Befragten mehrheitlich darauf, im Störfall adäquat handeln zu können, weil sie die Anlagen in der Echtsituation im (manuellen) Betrieb kennen. Gerade für die Bewältigung von Anwendungs- und Problemfällen (Alarmer oder Geräte- und Anlagenausfall) wird dem Erfahrungswissen über die jeweiligen chemischen Prozesse und das Funktionieren der Produktionsanlage sowie den damit verbundenen Handlungsspielräumen, ein hohes Lösungspotenzial zugeschrieben.

Aus der hohen Selbstwirksamkeitsüberzeugung, auch schwierige Aufgaben bewältigen zu können, leitet sich für die Beschäftigten auch ein gewisser Berufsstolz ab. Sie selbst behalten die Kontrolle über die Maschinen, nicht umgekehrt. Auch für die Zukunft sehen die Interviewpartnerinnen und -partner in der chemischen Produktion fast durchgängig ein *Werkzeugszenario* (vgl. Windelband & Spöttl 2012). So wird zwar mit einer weiteren Zunahme der Digitalisierung gerechnet, die aber nach Ansicht der operativen Führungskräfte und Fachkräfte nicht in einer Vollautomatisierung von Arbeitsprozessen enden kann. Somit übernimmt die Technologie eher eine *Assistenzfunktion* und der Mensch bleibt die letzte Entscheidungsinstanz.

„Also es wird nie ohne Menschen gehen, nie. Und je mehr ich körperlich wegnehme, je mehr muss ich in die Überwachung stecken. Das sehe ich ja. Früher haben wir den Leitstand alleine gefahren, das ist ein Unding heute, heute sind zwei bis drei Leute die wirklich aufpassen. Ist einfach so“ (C\_C2\_FK V).

Ein Verfahrenstechniker veranschaulicht den Stellenwert seines Erfahrungswissens, das der Technik überlegen ist, da insbesondere die Sensorik als ein wichtiger Baustein der Digitalisierung in der chemischen Produktion noch am Anfang der Entwicklung steht.

„Wenn ich heute in die Anlage gehe und ich höre auf einmal ein Geräusch, das vorher nicht da war, dann gehe ich diesem Geräusch nach und dann ist es meistens eine Pumpe oder ein Rührer [...]. Und das erfasst kein PLS oder kein sonst irgendwas, ja. Gerüche, ich laufe durch die Anlage (atmet ein), hier riecht es auf einmal nach Aceton, hier darf es nicht nach Aceton riechen. Es gibt im Moment noch keine zuverlässigen Sensoren, die in der Lage sind, Gerüche definiert festzustellen“ (I\_C2\_FK II).

Die Facharbeiterinnen und Facharbeiter kompensieren somit zum Teil mit ihrem Erfahrungswissen – und all den ihnen zur Verfügung stehenden Sinnen – die Unsicherheiten, die mit der technischen Komplexität der Anlagen verbunden sind.

Als ein zunehmendes funktionales Problem wird in diesem Zusammenhang beschrieben, dass die jüngeren Fachkräfte aufgrund der fortgeschrittenen Digitalisierung bestimmte Arbeiten an den Anlagen nicht mehr selbst und händisch ausgeführt haben, was dazu führt, dass sie im Störfall aufgrund ihres mangelnden Prozess- und Erfahrungswissens handlungsunfähig sind. Vor diesem Hintergrund wird das Nebeneinander von automatisierter, digitalisierter Produktion und manueller Ausführung als besonders wichtig eingeschätzt.

„Man muss den jüngeren Generationen eigentlich erklären, dass die Anlage nicht am PC ist, so wie manche Computerspiele, sondern dass die Anlage draußen vor Ort ist. Deswegen fand ich das eigentlich immer ganz gut, dass wir früher bei der ehemaligen [Stoffgruppe]-Seite einmal das Digitale hatten und einmal das Manuelle, ja. Da waren halt Anlagenteile, wo man am besten lernt, wenn man es manuell macht, weil dann hat man ja das eigentlich eingesogen, wie das funktioniert, worauf zu achten ist. Weil beim Computer kann dir das passieren, dass man einfach nur einen Klick macht und sich denkt, das macht da jetzt das PLS und jetzt muss ich mich nicht mehr darum kümmern, ja. Und auf einmal passiert etwas. Man muss halt den Jüngeren doch sagen, dass man vor Ort doch auch mal ab und zu gucken sollte“ (I\_C1\_FK II).

Die Unternehmen stehen zum Teil vor der Herausforderung, Passungsprobleme zwischen der modernen Berufsausbildung und der Übernahme in den Betrieb aufzufangen: Die Absolventinnen und Absolventen einer Berufsausbildung zum Chemikanten bzw. zur Chemikantin erlernen neuste Technologien und Anwendungen chemischer Verfahren und münden mit diesem hohen digitalen Standard der Ausbildung in die Betriebe ein. An den realen Arbeitsplätzen besteht dann aber ein sehr heterogener Digitalisierungsgrad, häufig liegt der technologische Stand der Betriebe hinter dem der Bildungsanbieter, die als überbetriebliche Ausbildungsorte in der Berufsausbildung fungieren, zurück. Problematisch ist, dass die jungen Fachkräfte ihr Wissen aus der Ausbildung dann nicht in den Betrieben anwenden können und damit u. U. auch keine Perspektive für eine weitere berufliche Entwicklung sehen. Diesem Problem begegnen die Unternehmen dann damit, dass die auf innovativstem Niveau ausgebildeten, „ausgelernten“ Chemikantinnen und Chemikanten mit ihrem Eintritt in den Betrieb, quasi nach dem Konzept der traditionellen Beistelllehre, zunächst einmal „angelernt“ werden.

Insgesamt ist festzustellen: Die Strukturelemente der traditionellen Facharbeit bilden nach wie vor die Basis für die Bewältigung der Herausforderungen im Zuge der digitalen Innovation und Transformation. Dass permanent gelernt werden muss, und dass die Kompetenzentwicklung in der Selbstverantwortung der Beschäftigten in der Produktion liegt, ist für die Befragten geradezu selbstverständlich. Sie wissen um die Relevanz ihrer Arbeit für das störungsfreie Funktionieren der Abläufe und sind gerne bereit, ihren Beitrag dazu zu leisten. Auffällig ist die prozessorientierte Ausrichtung der Fachkräfte und dass die Einbindung in die kollektive Betriebsstruktur (vgl. Clement 2020) ganz selbstverständlich mitgedacht wird. Darin kommt ein hohes Maß an umfassender beruflicher Handlungskompetenz und auch berufsspezifischer Professionalität (vgl. Meyer 2020) zum Ausdruck.

## **7 Zusammenfassung und Anschlussperspektiven für die Technikdidaktik**

Die chemische Industrie ist einerseits eine hoch innovative Branche, die sukzessive und doch permanent einem Strukturwandel ausgesetzt ist. Zugleich erweisen sich hier aber andererseits auch traditionelle Strukturelemente beruflich organisierter Arbeit nach wie vor als hoch funktional. Dies konnte in dem vorgestellten Projekt „Lernort Betrieb 4.0“ u. a. mit Blick auf die ausdifferenzierten Hierarchien und betrieblichen Funktionszuweisungen, die Kollaboration in Praxisgemeinschaften und die in diesem Modus weitgehend selbstorganisierte inter- und intragenerative Weitergabe von Erfahrungswissen gezeigt werden.

Subjektive Bewältigungsstrategien im Umgang mit dem technischen Wandel bleiben in der Industriearbeit (auch) in Zeiten der Digitalisierung stabil, wobei die Veränderungen für die Beschäftigten in der Produktion kein (neues) Bedrohungsphänomen darstellen: Technische Umstellungen werden als spannend im Sinne einer positiven Herausforderung empfunden, weil diese die Chance zu ständiger Innovation und zu einer Erweiterung des individuellen Handlungsvermögens eröffnen (vgl. Brock & Vetter 1988).

Die Ergebnisse der Befragung belegen eine ungebrochene Relevanz beruflich strukturierten Erfahrungswissens und kollektiver Lernformen – auch im Umgang mit digitalen Systemen. Neben dem Fachwissen und den stärker geforderten Prozess- und Steuerungskompetenzen sowie der Analyse- und Abstraktionsfähigkeit bleibt die Bedeutung von menschlicher Erfahrung vor allem in Bezug auf die Gewährleistung der Gefahren- und Anlagensicherheit in der chemischen Industrie zentral. Das Gespür, die Intuition und Wahrnehmung von Geräuschen und Gerüchen, als *sinnliche Qualitäten* des Arbeitshandelns stellen in Kombination mit den langjährigen Erfahrungen an den Produktionsanlagen nach wie vor eine wichtige Orientierungsgrundlage für die Beschäftigten dar (vgl. Pfeiffer & Suphan 2015).

Es hat sich zudem gezeigt, dass die aktive Beteiligung (Partizipationschancen) der Beschäftigten und die Ermöglichung einer kritischen Auseinandersetzung (individuell und kollektiv) mit den betrieblichen Veränderungsprozessen in der Produktion zum einen eine positive Wirkung auf das subjektive Belastungsempfinden in der überwiegend steuernden und überwachenden Bildschirmarbeit haben. Zum anderen sind diese Faktoren gerade vor dem Hintergrund fortschreitender Innovation elementar für die betriebliche Organisationsentwicklung (vgl. Strauß & Kuda 1999; vgl. Antoni et al. 2013). *Damit ist die qualifizierte Facharbeit in der Chemieindustrie nach wie vor elementar und bildet zugleich die Voraussetzung für die (zukünftige) Einführung von KI-Systemen.*

Dass auch die Beschäftigten selbst ihrer Facharbeit *keinen* Bedeutungsverlust zuschreiben, verweist darauf, dass über die wahrgenommene Begrenztheit von digitalen Systemen und Prozessen die *berufliche Handlungsfähigkeit auf eine neue Legitimationsbasis* gestellt wird. Es wird weiter zu untersuchen sein, inwieweit es sich hierbei um ein *subjektives Verarbeitungsmuster* digitaler Transformationsprozesse handelt, welche Rolle der betrieblichen Organisation dabei zukommt und inwieweit dieses Ergebnis spezifisch für die Produktionsfacharbeit in der Chemieindustrie ist oder ob es sich auch auf andere Branchen übertragen lässt.

Die qualifizierte Facharbeit bildet die Voraussetzung für die Einführung KI-basierter Systeme, die größtenteils nur auf der Grundlage des *Erfahrungs- und Prozesswissens* der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Produktion möglich ist. Dies gilt vor allem mit Blick auf die Erhebung, Auswahl und Interpretation qualitativ hochwertiger relevanter Messdaten (vgl. Krzywdzinski 2019). Es stellt sich insofern die Frage, wie diese Wissensstrukturen angesichts der andauernden Fachkräfteengpässe und einer deutlichen Altersheterogenität (in Zukunft) gesichert werden können. Die Forschungsergebnisse weisen mit Blick auf die Gestaltung *lern- und kompetenzförderlicher Arbeitsumgebungen* (vgl. Dehnbostel 2018) ein deutliches Desiderat in der Praxis auf. Dies unterstreicht zugleich die Relevanz und Notwendigkeit empirischer Analysen und die Entwicklung konzeptioneller Instrumente zur Verknüpfung von betrieblicher Organisations- und individueller Kompetenzentwicklung in Arbeitssystemen, in denen Lösungen durch das Zusammenwirken menschlicher und künstlicher Intelligenz generiert werden (vgl. Wilkens et al. 2019, S. 71).

Eine besondere Aufmerksamkeit verdient dieser Aspekt vor dem Hintergrund der Problematik, dass die Stör- und Fehleranfälligkeit der Systeme nach wie vor die menschlichen Eingriffe in den technischen Prozess erfordert, um einen stabilen Produktionsablauf zu gewährleisten. Insbesondere das Verstehen der Daten wird in der chemischen Produktion nicht gänzlich den Maschinen überlassen. Ein umfassendes Prozessverständnis bzw. die Diagnosekompetenz der Fachkräfte in der chemischen Industrie sind nach wie vor elementar, um Störungen zu beheben.

Dass ausgerechnet die Störungen der mehrheitliche Anlass für das technische Handeln der Fachkräfte sind, hat aber zur Folge, *dass die die Generierung von verlässlichen und abgesicherten Handlungsroutinen und die Erwartbarkeit von Handlungsfolgen durch die begrenzte Reproduzierbarkeit des technischen Handelns erschwert wird.*

Dies stellt die technikphilosophische Prämisse, dass das „technische“ Handeln durch Regelmäßigkeit gekennzeichnet ist, infrage. Dabei wird von der sukzessiven Konstitution der Erwartbarkeit von Handlungsfolgen ausgegangen, was wiederum die Generierung von verlässlichen und abgesicherten Handlungsrouninen ermöglicht (vgl. Grunwald 2009). Die Bearbeitung von Störungen gehört zu den Routinen der Chemiefacharbeit, aber die Problembewältigung stellt immer einen Einzelfall dar. Insofern steht die Technikdidaktik als Disziplin vor der Herausforderung, ihr Technikverständnis im Kontext digitalisierter Arbeit zu erweitern. Angesichts permanent neuer Anforderungen an die Praxis der gesellschaftlichen und betrieblichen Technikgestaltung, erodieren Reproduzierbarkeit und Universalität als theoretische Zielkategorien technischen Handelns. Insbesondere das *technische Wissen* im Spannungsfeld von (naturwissenschaftlichem) Fachwissen, technisch-handwerklichem Erfahrungswissen und Alltagswissen wäre vor dem Hintergrund der digitalen Transformation weiter zu präzisieren (vgl. Kornwachs 2004).

Dies gilt insbesondere angesichts der Notwendigkeit einer verantwortungsvollen und innovativen *Technikbewertung*: *Diese setzt in der Forschung eine erweiterte Perspektive auf die Deutungen und Bewältigungsstrategien der Beschäftigten voraus.*

Dass die Beschäftigten in der Chemieindustrie ihre eigene berufliche Handlungskompetenz gegenüber der Technik als überlegen betrachten, kann auch als Ausdruck einer *subjektiv gesetzten Grenze* in Bezug auf die Digitalisierbarkeit von Produktionsarbeit gewertet werden. Neben der hohen Relevanzzuschreibung der eigenen Handlungspotenziale in der Arbeit, kommt auch darin ein Anspruch auf Selbstbestimmung bzw. Emanzipation gegenüber technologischen Innovationen zum Ausdruck (vgl. Tullius & Wolf 2016). Damit spannen sich für die Theorie und die Praxis der Technikdidaktik und der Berufs- und Betriebspädagogik neue disziplinäre Handlungs- und Forschungsfelder auf, wobei Tradition und Innovation sich auch angesichts der fortschreitenden digitalen Transformation – zumindest für die industrielle Facharbeit – nicht als Differenz darstellen, sondern als Einheit, in der sie sich gegenseitig bedingen.

## 8 Literatur

- Abel, J. (2018): Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt. FGW Studie Digitalisierung von Arbeit 09, Düsseldorf: Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V. (FGW). [http://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user\\_upload/FGW-Studie-I40-09-Abel-komplett-web.pdf](http://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user_upload/FGW-Studie-I40-09-Abel-komplett-web.pdf), Stand vom 12.11.2020.
- Antoni, C., Haunschild, A., Meyer, R., Hiestand, S. & Oertel, R. (2013). Niemand weiß immer alles. Über den Zusammenhang von Kompetenz- und Organisationsentwicklung in der Wissensarbeit. Berlin: Edition Sigma.
- Baethge-Kinsky, V. (2019). Digitalisierung in der industriellen Produktion und Facharbeit: Gefährdung 4.0? Mitteilungen aus dem SOFI, 13(30), 2–5.
- Baethge-Kinsky, V., Marquardsen, K. & Tullius, K. (2018). Perspektiven industrieller Instandhaltungsarbeit. WSI Mitteilungen. Zeitschrift des Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Instituts der Hans-Böckler-Stiftung, 71(3), 174–181.
- Bauer, W. (2017). Digitalisierung und Arbeitswelt in Chemie und Pharma Baden-Württemberg. Studie zu Ist-Zustand und Erwartungen. [https://www.chemie.com/fileadmin/user\\_upload/content/chemie\\_com\\_news/studie\\_digitalisierung\\_arbeitswelt\\_chemie\\_pharma\\_baden-wuerttemberg.pdf](https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/chemie_com_news/studie_digitalisierung_arbeitswelt_chemie_pharma_baden-wuerttemberg.pdf), Stand vom 12.11.2020.
- Baumhauer, M., Beutnagel, B., Meyer, R. & Rempel, K. (2019). Produktionsfacharbeit in der chemischen Industrie. Auswirkungen der Digitalisierung aus Expertensicht. [https://www.boeckler.de/pdf/p\\_fofoe\\_WP\\_144\\_2019.pdf](https://www.boeckler.de/pdf/p_fofoe_WP_144_2019.pdf), Stand vom 12.11.2020.
- Baumhauer, M., Beutnagel, B., Meyer, R. & Rempel, K. (2021). Lernort Betrieb 4.0. Organisation, Subjekt und Bildungskoooperation in der digitalen Transformation der Chemieindustrie. [https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync\\_id=HBS-07932](https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-07932), Stand vom 16.03.2021.
- Bosch, G., Bromberg, T., Haipeter, T. & Schmitz, J. (2017). Industrie und Arbeit 4.0 – Befunde zu Digitalisierung und Mitbestimmung im Industriesektor auf Grundlage des Projekts „Arbeit 2020“. <https://www.iaq.uni-due.de/iaq-report/2017/report2017-04.pdf>, Stand vom 16.03.2021.

- Briken, K. (2004): Perspektiven von Arbeit in der chemischen Industrie. Prozessorganisation und Arbeitsgestaltung am Beispiel eines Reorganisationsprojekts. <https://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-0006-B3E8-8/briken.pdf?sequence=1>, Stand vom 12.11.2020.
- Brock, D. & Vetter, H-R. (1988). Desintegrative Effekte der neuen Technologien – die Auflösung klassischer Berufsperspektiven bei industriellen Facharbeitern. In K. M. Bolte (Hrsg.). Mensch, Arbeit und Betrieb. Beiträge zur Berufs- und Arbeitskräfteforschung (163–181). Weinheim: VCH.
- Clement, U. (2020). Berufliche Sozialisation und berufliches Lernen. In R. Arnold, A. Lipsmeier, A. & M. Rohs (Hrsg.). Handbuch Berufsbildung (53–64). Wiesbaden: Springer.
- Dehnbostel, P. (2018). Lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung in der digitalisierten Arbeitswelt. Arbeit. Zeitschrift für Arbeitsforschung, Arbeitsgestaltung und Arbeitspolitik, 27(4), 269–294.
- Gehrke, B. & Weilage, I. (2018). Der Chemiestandort Deutschland im Spannungsfeld globaler Verschiebungen von Nachfragestrukturen und Wertschöpfungsketten. Branchenanalyse. [https://www.boeckler.de/pdf/p\\_study\\_hbs\\_395.pdf](https://www.boeckler.de/pdf/p_study_hbs_395.pdf), Stand vom 12.11.2020.
- Gohlke, P. & Jarosch, J. (2019). Digitale Lernräume in der überbetrieblichen Ausbildung – Kollaboratives Lernen fördern. BWP – Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, 3, 30–33.
- Grunwald, A. (2009). Zum Handlungsbegriff in Technikphilosophie und Technikethik. <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2009/grun09a.pdf>, Stand vom 12.11.2020.
- Haipeter, T. (2018). Digitalisierung, Mitbestimmung und Beteiligung – auf dem Weg zur Mitbestimmung 4.0? In H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann & J. Niehaus (Hrsg.). Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen (303–322). Baden-Baden: Nomos.
- Hirsch-Kreinsen, H., Ittermann, P. & Niehaus, J. (2018). Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Nomos.
- Hopf, C. (1978). Die Pseudo-Exploration – Überlegungen zur Technik qualitativer Interviews in der Sozialforschung. Zeitschrift für Soziologie, 7(2), 97–115.
- Kornwachs, K. (2004): Technik wissen. Präliminarien zu einer Theorie technischen Wissens. In: N. C., Karafyllis, & T., Haar (Hrsg.): Technikphilosophie im Aufbruch. Festschrift für Günter Ropohl (197–210). Berlin: Edition sigma.
- Krzywdzinski, M. (2019). Künstliche Intelligenz, Entscheidungsunterstützung und deren Auswirkungen auf die Arbeit. In Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE. Konferenzband und Diskussionspapier. Künstliche Intelligenz als strategisches Handlungsfeld für Gewerkschaftsarbeit (9–11). [https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/190607\\_ig\\_publicationen\\_ki\\_web.pdf](https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/190607_ig_publicationen_ki_web.pdf), Stand vom 12.11.2020.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation. Cambridge u. a.: Cambridge University Press.
- Malanowski, N., Niehaus, J. & Awenius, M. (2017). Digitalisierung in der Chemischen Industrie. In M. Vassiliadis (Hrsg.). Digitalisierung und Industrie 4.0. Technik allein reicht nicht (137–160). [https://www.boeckler.de/pdf\\_fof/99408.pdf](https://www.boeckler.de/pdf_fof/99408.pdf), Stand vom 12.11.2020.
- Meyer, R. (2011). Kompetenz- und Organisationsentwicklung im Kontext moderner Beruflichkeit. Theoretische und methodologische Annäherungen an die Sichtbarmachung organisationaler Deutungsmuster und pädagogischer Ordnungen. In G. Niedermair (Hrsg.), Kompetenzen entwickeln, messen und bewerten (43–58). Linz: Trauner Verlag.
- Meyer, R. (2020). Professionalisierung, Professionalität und Professionalisierbarkeit. In R. Arnold, A. Lipsmeier, A. & M. Rohs (Hrsg.). Handbuch Berufsbildung (547–559). Wiesbaden: Springer.
- Meyer, R. & Müller, J. K. (2014). Forschung als Reflexionsanlass und Beitrag zur Organisationsentwicklung. In C. A. Antoni, P. Friedrich, Aa. Haunschild, M. Josten & R. Meyer (Hrsg.). Work-Learn-Life-Balance in der Wissensarbeit. Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Gestaltungshilfen für die betriebliche Praxis (179–195). Wiesbaden: Springer.
- Pfeiffer, S. & Suphan, A. (2015). Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working Paper 2015, 1. <https://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-final.pdf>, Stand vom 12.11.2020.
- Strauß, J. & Kuda, E. (1999). Organisatorisches und soziales Erfahrungswissen und Erfahrungslernen. In P. Dehnbostel, W. Markert & H. Nowak (Hrsg.). Erfahrungslernen in der beruflichen Bildung. Beiträge zu einem kontroversen Konzept (226–242). Neusäß: Kieser.
- Tullius, K. & Wolf, H. (2016). Moderne Arbeitsmoral: Gerechtigkeits- und Rationalitätsansprüche von Erwerbstätigen heute. WSI Mitteilungen. Zeitschrift des Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Instituts der Hans-Böckler-Stiftung, 69(7), 493–502.

- Wilkins, U., Lins, D., Prinz, C. & Kuhlenkötter, B. (2019). Lernen und Kompetenzentwicklung in Arbeitssystemen mit künstlicher Intelligenz. In D. Spath & B. Spanner-Ulmer (Hrsg.). *Digitale Transformation – Gutes Arbeiten und Qualifizierung aktiv gestalten* (71–88). Berlin: Gito-Verlag.
- Windelband, L. & Spöttl, G. (2012). Diffusion von Technologien in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des „Internet der Dinge“. In U. Faßhauer, B. Fürstenau & E. Wuttke (Hrsg.). *Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen – aktuelle Forschungen zur beruflichen Bildung* (205–219). Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Yin, R. K. (2011). *Qualitative Research From Start to Finish*. New York: The Guilford Press.
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research. Design and Methods*. Los Angeles u. a.: Sage.

DR. MAREN BAUMHAUER

Leibniz Universität Hannover, Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung, Team Berufspädagogik  
Schloßwender Str. 1, 30159 Hannover  
maren.baumhauer@ifbe.uni-hannover.de

PROF. DR. RITA MEYER

Leibniz Universität Hannover, Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung, Team Berufspädagogik  
Schloßwender Str. 1, 30159 Hannover  
rita.meyer@ifbe.uni-hannover.de

---

Zitieren dieses Beitrags:

Baumhauer, M. & Meyer, R. (2021). Status quo Chemieindustrie: Produktionsfacharbeit zwischen Tradition und digitaler Innovation. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 9(1), 113–127.