

Nachhaltigkeitsorientiertes Fachkräftehandeln im Kontext einer Green Economy und zunehmender Digitalisierung

STEFAN NAGEL

Abstract

Industrielle Metallberufe werden zunehmend mit den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung und den damit verbundenen Ansätzen unternehmerischer Gesellschaftsverantwortung (Corporate Social Responsibility, CSR) konfrontiert. Damit einhergehend erfolgt ein sukzessives „Greening der Berufe“, welches die gesamte Arbeitswelt und die damit verbundenen Berufsstrukturen betrifft. Gleichzeitig sorgen Fachkräfte in ihrem Arbeitsumfeld aufgrund voranschreitender Digitalisierung für eine digitale Systembildung (Industrie 4.0), die augenscheinlich in einem antinomischen Gefüge zur nachhaltigen Entwicklung steht. Dieser Beitrag nimmt diese Entwicklungen auf, setzt sich mit dem nachhaltigen beruflichen Handeln in industriellen Metallberufen auseinander und veranschaulicht anhand empirischer Fallbeispiele, wie Fachkräfte Ansätze der Digitalisierung und der nachhaltigen Produktion synergetisch zusammenbringen, um Umweltentlastungspotenziale auszuschöpfen.

Industrial metal workers are increasingly confronted with the demands of sustainable development and the related approaches of corporate social responsibility (CSR). This is accompanied by a gradual “greening of the occupations” which affects the whole working world and the associated occupational structures. In addition to sustainable work tasks, skilled workers also create digital systems (Industry 4.0) which seems to contrast with sustainable development. This paper is dedicated to a multidimensional analysis with the sustainable acting of industrial workers (industrial mechanics) and exemplifies on the basis of empirical case studies how skilled workers synergize approaches of digitization and sustainable production in order to improve the sustainability of companies.

1 Ausgangslage

Die normative und regulative Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung erfährt sowohl im gesamtgesellschaftlichen Diskurs als auch in Unternehmen und damit korrespondierend in den Domänen der Fachkräfte eine zunehmende Relevanz. Dies gilt auch für den industriellen Sektor und die dort angesiedelten industriellen Metallberufe. Die Bedeutung nachhaltiger Produktions- und Konsumstrukturen resultiert da-

bei in erster Linie nicht aus einem altruistischen oder gar eudaimonistischen Gesinnungswandel. Vielmehr entstehen als Konsequenz politischer und gesellschaftlicher Forderungen Konzepte zur konstruktiven Begegnung globaler Umweltveränderungen auf der Ebene von Geschäfts- und Arbeitsprozessen, die mit Aufgabenveränderungen und -erweiterungen im konkreten Fachkräftehandeln einhergehen.

Konzepte zur Begegnung anthropozentrisch verursachter Schädigungen des Ökosystems rekurren dabei auf zwei unterschiedlichen Gestaltungspfaden: „*One is to make growth sustainable; the other is to make degrowth stable*“ (Jackson 2009, S. 128). Die Ausrichtungen der europäischen Wachstumsstrategie „Europa 2020“ und der „Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie 2016“ weisen darauf hin, dass sowohl auf europäischer Ebene als auch in Deutschland der Ansatz eines nachhaltigen Wachstums verfolgt wird. Um einen derartigen Transformationsprozess zielgerichtet voranzutreiben, bestehen mit der Agenda 2030 die 17 „Ziele für nachhaltige Entwicklung“ (Sustainable Development Goals, SDGs). Ziele wie die Sicherstellung „nachhaltiger Konsum- und Produktionsmuster“ (SDG 12) verdeutlichen die Tragweite des forcierten Transformationsprozesses für Unternehmen, der dazugehörigen Facharbeit und die damit verbundene berufliche Bildung. Vor diesem Hintergrund als auch durch die einhergehende Verschärfung von Umweltgesetzen, veränderte Anforderungen durch Stakeholder bis hin zu ökologisch-ökonomischen Synergieeffekten durch einen „Business Case of Sustainability“ (vgl. Schaltegger & Lüdeke-Freund 2012) ist es naheliegend, dass Nachhaltigkeit zu den prospektiven Top-Themen in den Unternehmen zählt (oekom research 2017, S. 20).

Betriebe sind offenkundig mit veränderten Ansprüchen konfrontiert, von denen nicht nur Großkonzerne, sondern ebenso kleine und mittlere Unternehmen betroffen sind. Die Arbeitswelt gilt dabei für die nachhaltige Entwicklung als ein „kritischer Ort“ (Schütt-Sayed & Vollmer 2017, S. 85). Durch Facharbeit werden Materialien und Energien verbraucht oder umgewandelt, Emissionen und Abfälle erzeugt und Produkte in immer kürzeren Innovationszyklen entwickelt und produziert. Gleichzeitig gilt die Arbeitswelt aber auch als ein prosperierendes Feld für die Entwicklung und Umsetzung umwelt- und sozialverträglicher Innovationen zur Etablierung einer nachhaltigen Transformation. Facharbeit im Berufsfeld Metalltechnik findet sich dementsprechend zwischen der unweigerlichen Teilhabe an ressourcenverbrauchenden und emissionserzeugenden Wertschöpfungsprozessen und der Schaffung nachhaltiger Gebrauchswerte wieder. Damit Fachkräfte in diesem Spannungsfeld der Berufsarbeit einen konstruktiven Beitrag zur Umsetzung der SDGs leisten können, besteht die Notwendigkeit bereits frühzeitig Lernende zur Umsetzung nachhaltiger Handlungsweisen sowohl in berufsbezogenen Arbeitsprozessen als auch in gesellschaftlichen und privaten Situationen zu befähigen. Dazu ist insbesondere in der beruflichen Bildung eine domänenspezifische Auseinandersetzung mit nachhaltigkeitsbezogenen Arbeitsaufgaben, Handlungsstrategien und -möglichkeiten sowie den dazu erforderlichen Kompetenzen erforderlich, die eine kritische, berufsnahe und arbeitsprozessorientierte Gestaltung einer beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE) ermöglicht.

2 Greening der (industriellen) Facharbeit im Kontext der großen Transformation

Die Verankerung einer nachhaltigen Entwicklung auf unterschiedlichen Ebenen beruflicher Bildung – sei es durch die Anpassung der Ordnungsmittel, die Etablierung nachhaltiger Lernorte oder die Entwicklung didaktischer Ansätze zur Förderung nachhaltigkeitsorientierter Handlungskompetenz (vgl. Kuhlmeier und Vollmer 2018) – wird sowohl durch praxisorientierte und berufsbildungsspezifische Modellversuchsreihen des BIBB (vgl. Kuhlmeier et al. 2014) als auch durch bildungsbereichsübergreifende Ansätze wie den „Nationalen Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (vgl. NP BnE 2017) vorangetrieben.

Das Bestreben einer umfassenden Integration des Komplexes „Nachhaltigkeit“ in die berufliche Bildung beruht dabei weniger auf normativ-heuristischen Entscheidungen oder humanistischen Bildungsidealen, sondern vielmehr auf der Notwendigkeit, Auszubildende umfassend auf die Herausforderungen real-betrieblicher Handlungssituationen vorzubereiten, denn industrielle Metallberufe sind bereits heute von der Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung und den damit verbundenen Ansätzen unternehmerischer Gesellschaftsverantwortung geprägt. Die mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit gekennzeichneten **Einflussfaktoren der Produktion** verdeutlichen die Entwicklung. Der überwiegende Anteil der Einflussfaktoren weist vielfältige Nachhaltigkeitsbezüge auf, welche die Facharbeit zunehmend prägen (Abb. 1). Auszubildende müssen deshalb in die Lage versetzt werden, gesellschaftliche und unternehmerische Nachhaltigkeitsziele durch konkretes und domänenbezogenes Handeln umzusetzen und mitzugestalten. Als Folge entsteht der bildungstheoretische Anspruch, berufsbezogenes Wissen und Können mit einer handlungsfeldübergreifenden Reflexionsfähigkeit zu kombinieren, die ihrerseits auf das konkrete berufliche, gesellschaftliche und private Handeln rückwirkt.

Die konstruktive Begegnung der überwiegenden Anzahl der Einflussfaktoren erfordert eine verantwortungsvolle, verträgliche und dauerhaft tragfähige Wirtschaftsweise, die auf das problemlösende und gestalterische Potential ganzheitlicher Facharbeit angewiesen ist, um den – in Klafkis Worten – bestehenden epochaltypischen Schlüsselproblemen zu begegnen. Eine derartige Wirtschaftsweise, die sich insbesondere auf ökologische und ökonomische Synergieeffekte durch veränderte Produktionsstrukturen beruft, wird spätestens seit der Konferenz der Vereinten Nationen über nachhaltige Entwicklung von 2012 unter dem Begriff einer „Green Economy“ subsumiert. Der damit einhergehende Prozess des „Greenings“ geht über die Grenzen technologischer Innovationen, nachhaltiger Produkte oder den Einsatz ressourcenschonender Fertigungsverfahren hinaus und hat einen grundlegenden qualitativen und quantitativen Wandel in der Arbeitswelt zur Folge. Durch die Entstehung und Umgestaltung von Arbeitsplätzen verändern sich nicht nur die zugehörigen Arbeitsaufgaben und -gegenstände, sondern es verändert sich auch die Qualität von Arbeit. Das Greening betrifft dabei nicht nur einzelne innovative Sektoren, sondern die gesamte Volkswirtschaft und die damit verbundenen Arbeitsplätze und Berufsstrukturen (vgl. Graf & Reuter 2017, S. IV ff.).

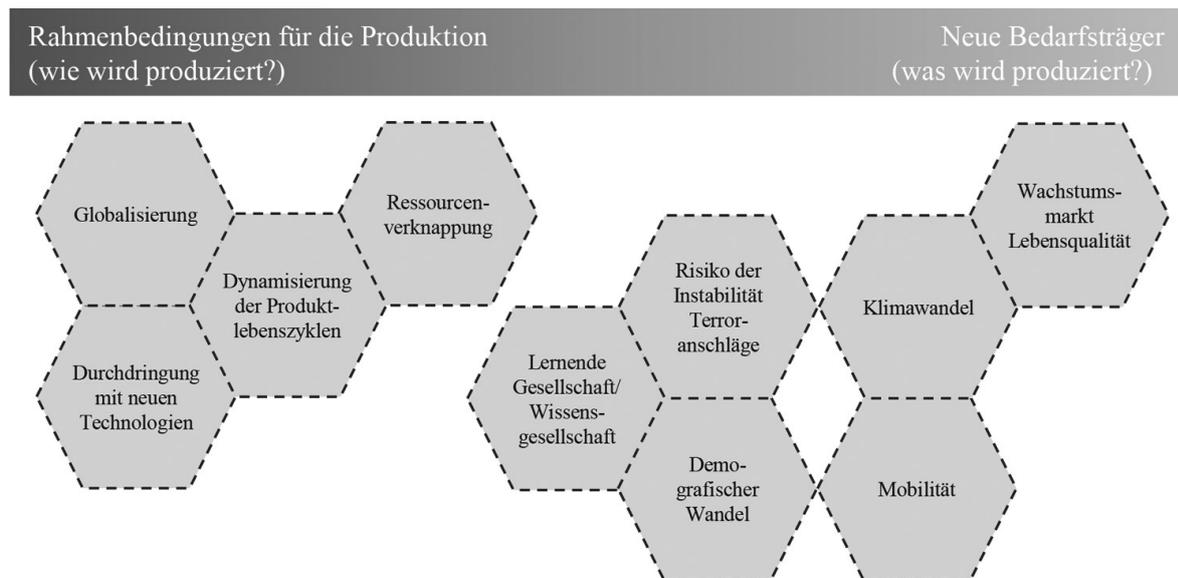


Abbildung 1: Einflussfaktoren auf die Produktionsarbeit (in Anlehnung an: Abele, E. & Reinhart, G. 2011, S. 10)

Die sukzessive Zunahme von nachhaltigkeitsbezogenen Anforderungen und Aufgaben in der Facharbeit wird damit einhergehend auch als „Greening der Berufe“ bezeichnet (vgl. Graf & Reuter 2017, S. 52). Die Termini „Greening der Berufe“ und „Green Jobs“ werden oft synonym verwendet, unterscheiden sich aber hinsichtlich ihres Deutungsgehalts. Green Jobs lassen sich hinsichtlich einer Output- und einer Prozessorientierung unterscheiden. Als outputorientiert gelten Beschäftigungsverhältnisse in Unternehmen, die durch das Herstellen von Produkten oder Dienstleistungen umweltfreundliche Güter als Arbeitsgegenstand haben (z. B. Herstellung oder Montage von Fotovoltaikanlagen). Bei der Prozessorientierung werden Beschäftigungen subsumiert, deren primäre Leistungserbringung in der Verbesserung der Nachhaltigkeits- bzw. Umweltbilanz liegt (z. B. Energie- und Materialmanager) (vgl. ILO 2012, S. 7). Das Greening der Berufe weist dagegen tendenziell einen stärker integrativ geprägten Charakter auf und bezieht sich auf originäre Berufsbilder, die eine nachhaltigkeitsorientierte Akzentuierung in den Arbeitsaufgaben und -gegenständen erfahren (vgl. Graf & Reuter 2017, S. 4 ff.).

Auch wenn die bestehenden Ordnungsmittel für industrielle Metallberufe explizite Nachhaltigkeitsbezüge bestenfalls rudimentär aufweisen, sind beide Arten des arbeitsbezogenen Greenings in den Unternehmen vorzufinden, wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung. Zwar ist die Entwicklung noch nicht vollkommen absehbar, dennoch lässt sich feststellen, dass für die Bewältigung nachhaltigkeitsbezogener Arbeitsaufgaben, wie die verträgliche Um- und Mitgestaltung von Produkten oder Produktions- und Unterstützungsprozessen, in erster Linie keine neuen Berufsbilder erforderlich sind, sondern vielmehr zusätzliche und veränderte Kompetenzen (ebd. 2017, S. 50 ff.). Mertineit (2013, S. 34) kommt komplementär zu dem Schluss, dass die „Aufstockung“ vorhandener Qualifikationen und die Kombination von beruflichen Kompetenzen mit fachübergreifenden ökologischen Kompetenzen

(wie ressourceneffizientes Arbeiten) relevant für die Umsetzung einer nachhaltigen Unternehmensausrichtung ist und nicht „grüne Spezialqualifikationen“ oder gar der Ausbau grüner Berufe.

3 Nachhaltigkeitsbezogenes Handeln im Berufsfeld Metalltechnik

Nachhaltigkeitsbezogenes berufliches Handeln im industriellen Kontext trägt konkludierend dazu bei, die Nachhaltigkeitspolitik von Unternehmen umzusetzen, das Konzept einer Green Economy voranzutreiben und einen individuellen sowie eigenverantwortlichen Beitrag zur Umsetzung der SDGs zu liefern. Weniger linear und paradigmatisch lässt sich allerdings die zusammenhängende Frage beantworten,

- welche *Zieldimensionen* nachhaltigkeitsbezogenes berufliches Handeln im industriellen Wertschöpfungsprozess aufweist,
- welche *funktionalen Komponenten* nachhaltigkeitsbezogenes Handeln auf Performanzebene kennzeichnet,
- wie sich diese äußern und reziprok mit *strukturellen Komponenten* von Kompetenz wechselwirken,
- welche *Formen* nachhaltiges berufliches Handeln annehmen kann,
- wie das Handeln innerhalb der *Wertschöpfungskette* zum Tragen kommt, in welchem *betrieblichen Kontext* es eingebunden ist und
- welche *Arten von Technologien* die Arbeitsgegenstände von nachhaltiger Facharbeit (exemplarisch des/der Industriemechanikers/-in) kennzeichnen.

3.1 Handlungen zur Erzielung nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte

Zunächst einmal dienen nachhaltigkeitsbezogene Handlungen in industriellen Produktionsunternehmen oder im Rahmen zuordenbarer gewerblich-technischer Dienstleistungen der Erzeugung und Aufrechterhaltung **nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte**. Der Gebrauchswert bezeichnet in der Arbeitswerttheorie die gesellschaftliche oder individuelle Nützlichkeit eines Gutes im Unterschied zu seinem Tauschwert. Ein nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswert weist in seiner Nützlichkeit demzufolge eine vergleichsweise hohe Vereinbarkeit mit den Nachhaltigkeitsdimensionen (Ökologie, Ökonomie und Soziales) auf und trägt in unterschiedlicher Ausprägung zur dauerhaften Schonung bzw. zum Erhalt natürlicher Lebensgrundlagen bei.

Nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchswerte, die im Kontext industrieller Facharbeit geschaffen oder deren Funktionen aufrechterhalten, wiederhergestellt oder optimiert werden, charakterisieren sich durch Repräsentationen der Domäne in Form unterschiedlicher Handlungsgegenstände (vgl. Tab.1 und Pfeiffer 2004). Diese können gegenständlich, abstrakt materialisiert oder auch in Form von Konzepten und Strategien, hinsichtlich bestehender oder geplanter Gebrauchswerte, Gegenstand und Ergebnis nachhaltigkeitsbezogener Facharbeit sein.

Tabelle 1: Beispiele nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte im industriellen Produktionsumfeld

Repräsentationen der Domäne	Nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchswerte
Gegenständlichkeit	Fotovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke, Abgasreinigungsanlagen, hocheffiziente Elektromotoren und Pumpen, effiziente Leuchtmitteltechnik, Messeinrichtungen, Wärmerückgewinnungsanlagen, Filtereinheiten, Arbeitsschutzeinrichtungen etc.
Abstrakte Materialisation	Optimierte Bahnführungen (NC-Programmierung), bedarfsorientierte Energie- und Materialströme von Produktionsanlagen, Konfiguration intelligenter übergeordneter Steuerungen, Monitoring von Anlagenzuständen und Verbräuchen etc.
Konzepte/Strategien	Retrofit und Optimierung von technischen Systemen, Aufarbeitung bzw. Refabrikation und Wiederverwendung von Altteilen, Anlagenvernetzung für ein quantifiziertes Energiemanagement und verbrauchsarmer Steuerung/Regelung, nachhaltige Produktgestaltung, verwendungsarmer Umgang mit Hilfs- und Betriebsstoffen, Lösungsansätze im Kontext des betrieblichen Vorschlagwesens, vorausschauende Instandhaltung etc.

3.2 Funktionale Komponenten nachhaltigkeitsbezogenen Handelns

Nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchswerte lassen sich im Sinne einer Arbeitsprozessorientierung als das Handlungsergebnis eines nachhaltigkeitsbezogenen Arbeitsprozesses verstehen. Sie erklären allerdings nicht, welche **funktionalen Komponenten** bzw. Entitäten der Kompetenz als konstituierend für nachhaltigkeitsbezogenes Facharbeiterhandeln gelten. Anhaltspunkte zur Entschlüsselung der in der Facharbeit inkorporierten Handlungen bietet die Auseinandersetzung mit dem Kompetenzbegriff selbst, da weithin Konsens darüber herrscht, dass eine nachhaltigkeitsbezogene Arbeitsprozessgestaltung berufsbezogene Kompetenzen erfordert. Die in der einschlägigen Literatur weitestgehend anerkannte Definition von Kompetenzen beschreibt diese als

„die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, S. 27).

Die in der Definition auszumachenden strukturellen Komponenten ermöglichen über zugehörige Transfermerkmale die Identifikation funktionaler Komponenten beruflicher Handlungen, die analytisch unter den Entitäten **Wissen**, **Können** und **Wollen** greifbar sind. Dadurch, dass berufliches Handeln in der Domäne stets situiert und in einem betrieblichen Kontext eingebunden ist (vgl. Becker 2010), sind Fachkräfte abseits kognitionsdominanter Vorstellungen mit mehr oder weniger restriktiven Handlungsmöglichkeiten konfrontiert. Fachkräfte müssen in definierten Handlungsfreiräumen auch nachhaltigkeitsbezogen handeln **dürfen**, um Umweltentlastungspotenziale auszuschöpfen. Die genannten Entitäten decken sich weitestgehend mit den Modellvorstellungen von Becker (vgl. 2010, S. 56) und dem Verständnis einer Handlung als Wechselwirkungsprodukt zwischen Dispositionen bzw. Befähigungen und Handlungsausführung im definierten Handlungsraum (vgl.

Straka und Macke 2009). Die funktionalen Komponenten der performativen Dimension beruflichen Handelns gelten heuristisch als ebenso gleichbedeutend für die Gestaltung nachhaltigkeitsrelevanter und -orientierter Handlungssituationen.

Wissen lässt sich als ein bestimmtes Handlungsvermögen auffassen, das auf Basis von Kenntnissen etwas bewirken kann (vgl. Adolf & Stehr 2015). Die Wirkung des in der Facharbeit inkorporierten Gestaltungswissens und -könnens zeigt sich über kleine und/oder substanzielle Beiträge zur Etablierung transformativer Leitideen in der Arbeitswelt. Berufliches Gestaltungswissen zur reflektierten und verantwortungsvollen Schaffung oder Aufrechterhaltung nachhaltigkeitsbezogener Gebrauchswerte erfordert in diesem Sinne neben domänenspezifischem Facharbeiter- bzw. Arbeitsprozesswissen ein transformationsbezogenes Repertoire aus deklarativem, prozeduralem und Metawissen (vgl. Grundwald und Kopfmüller 2012, S. 205 f.). Auch ohne tief greifende Auseinandersetzung mit der Klassifizierung des Wissens wird in der Domäne der Fachkräfte ersichtlich, dass reflektierte Facharbeit in domänenspezifischen Handlungssituationen mit Nachhaltigkeitsrelevanz dispositive Kenntnisse erfordert,

- die als Reflexionsbasis für ethisch vertretbare Arbeitshandlungen dienen (*Orientierungswissen*),
- die eine betriebliche Mitgestaltung und -bestimmung ermöglichen (*Handlungswissen*), und
- die Voraussetzung für die Mitgestaltung alternativer und nachhaltigkeitsverträglicher Produktions- und Arbeitsprozesse sind (*Fakten- und Handlungswissen*).

Dazu gehören konkrete domänenspezifische Kenntnisse, wie z. B. zum Energie- und Materialverbrauch von Produktionsprozessen oder Anlagen, zu Ansätzen einer nachhaltigen Produkt- und Prozessgestaltung, zu Maßnahmen bzgl. der Erhöhung der Anlagenlebensdauer, -verfügbarkeit und -effizienz, zu effizienten sowie sozial- und umweltverträglichen Technologien, zu Arbeits- und Umweltschutzanforderungen oder zu Partizipationsmöglichkeiten und Recyclingstrategien. Auf der Metaebene besteht die nachhaltigkeitsbezogene Reflexionsfähigkeit bei der Umsetzung spezifischer Maßnahmen etc. nicht nur in dem Wissen hinsichtlich der konkreten Auswirkungen (CO₂-Einsparung, Energie- und Materialeinsparung etc.), sondern auch in der Abschätzung der ökologischen und sozialen Wechselwirkungen der eigenen beruflichen Handlungen und den damit einhergehenden inter- und intragenerationellen Folgen (*Prognose- und Systemwissen*).

Können lässt sich als eine dispositive Handlungsmöglichkeit auffassen und gilt als weitere performative Ausprägung zur Beherrschung und Gestaltung von Arbeitsprozessen (vgl. Becker & Spöttl 2015, S. 7). Das Können wird durch das Facharbeiterhandeln innerhalb eines Arbeitsprozesses in der Domäne sichtbar. Als reziproke strukturelle Komponente gelten vor allem erworbene Fähigkeiten. Diese ermöglichen ein bewusstes, beschreibbares und übertragbares Handeln. Routinierte und vollständig beherrschte *Fähigkeiten* werden auch als *Fertigkeiten* bezeichnet (Straka und Macke 2009, S. 15). Im Können bzw. Beherrschen von Arbeitsprozessen besteht

eine eigene Qualität der Nachhaltigkeitsrelevanz, denn Könnerschaft sorgt für sorgfältig geplante und adäquat umgesetzte Arbeitsaufgaben, für eine sichere und beherrschte Auftragsabwicklung und für eine schnelle und erfolgreiche Lösung domänenspezifischer Problemsituationen (Anlagenstillstände, Defekte etc.). Die sich in der Könnerschaft zeigende Beherrschung von Arbeitsprozessen trägt in einem hohen Maße zur Prozesssicherheit, Anlagenlebensdauer, -verfügbarkeit und -effizienz sowie zu sorgfältig durchgeführten Arbeitsprozessen bei und führt dadurch zu einem geringen Anteil an Ausschuss und Nacharbeit. Unnötige Verschwendungen von Energie, Hilfs- Betriebs- und Rohstoffen sowie lange Reklamationswege oder Anlagenstillstände werden vermieden, Umweltschädigungen durch unsachgemäßen Gebrauch reduziert und die Produktqualität optimiert.

Wollen des interagierenden Individuums ist erforderlich für sein nachhaltigkeitsbezogenes Handeln. Die Arbeitsprozessbewältigung ist in einem emotionalen und motivationalen Erleben eingebettet, das der Handlung eine Zielrichtung gibt, es initiiert, aufrechterhält und den Abschluss sichert (ebd., S. 15). Die Bereitschaft, berufliche Handlungssituationen nachhaltig zu bewältigen, ist dabei an *Einstellungen*, *Wertvorstellungen* und *Motive* gekoppelt. Arbeit im Kontext der großen Transformation kann als sinnstiftendes Moment aufgegriffen werden. Die Erfüllung von nachhaltigkeitsbezogenen Arbeitsaufträgen durch Fachkräfte trägt neben der Produktion von Gütern, der Sicherung des eigenen Lebensunterhalts und der sozialen Akzeptanz in der Gesellschaft zum Erhalt natürlicher Lebensgrundlagen bei. Reflektiertes berufliches Handeln zur Lösung von Nachhaltigkeitsdefiziten ist im Kontext globaler Gerechtigkeit, Solidarität und Verantwortung im Kern auch immer ein *moralisches Handeln*, welches durch entsprechende Wertvorstellungen gestützt und gleichzeitig durch fortlaufende berufliche Sozialisation selbst zur Disposition wird. Die Identifikation mit einer verantwortungsvollen Unternehmensphilosophie kann zur Schaffung eines *positiven Selbstbildes* und *Berufsethos* als auch zu einem Nachhaltigkeitsbewusstsein führen, das über die Unternehmensgrenzen hinausgetragen wird. Die Verbesserung der betrieblichen Nachhaltigkeitsbilanz setzt dabei nicht nur auf intrinsische Faktoren. Nachhaltigkeitsbezogene Facharbeit in Produktionsunternehmen kann auch unter monetären Anreizsystemen (z. B. betriebliches Vorschlagswesen) erfolgen, um Mitarbeitende durch extrinsische Motivation ins CSR-Management zu involvieren.

Auch wenn Fachkräfte verantwortungsvoll handeln wollen und können, müssen sie dies für die Umsetzung im Arbeitsumfeld auch **dürfen**. Der Handlungsfreiraum der Fachkräfte ist dabei in erster Linie von den betrieblichen Rahmenbedingungen, gesetzlichen Regelungen und Verordnungen, der Unternehmenskultur sowie den betrieblichen Partizipationsstrukturen abhängig. Die Partizipationsmöglichkeiten erstrecken sich dabei

- von der *Anweisung* (z. B. Austausch von veralteten Elektromotoren durch Substitute höchster Energieeffizienzklasse, Aufarbeitungsauftrag eines Altteils etc.)
- über die *Mitsprache* durch das Einbringen von Ideen und Vorschlägen (z. B. Kommunikation von Optimierungspotenzialen an Anlagen oder in Produk-

tionsprozessen mittels betrieblichem Vorschlagswesen, kontinuierlichem Verbesserungsprozess oder Shopfloor-Meetings)

- bis hin zur *Mitbestimmung* und *Mitgestaltung* – also der aktiven Beteiligung und Einbeziehung an der Planung und Umsetzung betrieblicher Nachhaltigkeitsziele (z. B. bei der Anschaffung neuer effizienterer Anlagen oder Ansätzen nachhaltiger Produktgestaltung).

3.3 Formen nachhaltigkeitsbezogener Handlungen

Wie bereits im vorherigen Abschnitt angedeutet, sind in industriellen Produktionsunternehmen eine Reihe höchst unterschiedlicher Handlungssituationen mit Nachhaltigkeitsrelevanz entlang des Wertschöpfungsprozesses vorzufinden, die konkrete berufliche Kompetenzen im Kontext von Nachhaltigkeitsansprüchen erfordern. Die berufsbezogene Auseinandersetzung mit bestehenden Anforderungen und die Bewältigung der damit verbundenen Arbeitsaufträge erfolgt in unterschiedlichen Formen. Zur analytischen Betrachtung lässt sich dazu das Modell von Tiemeyer (vgl. 2009, S. 50 f.) auch domänenspezifisch auf das berufliche Handeln industrieller Fachkräfte, wie bspw. für den/die Industriemechaniker/-in anwenden (vgl. Tab. 2):

Tabelle 2: Handlungsformen nachhaltiger Facharbeit

Handlungsformen nachhaltiger Facharbeit	Domänenspezifische Anwendung
Instrumentelle Handlungen (<i>Umsetzung von geschlossenen Arbeitsabläufen</i>)	Integration nachhaltigkeitsorientierter Technologie, Instandhaltung nachhaltigkeitsrelevanter und -orientierter technischer Systeme, Aufarbeitung von Altteilen, Auf- und Umrüsten von Bestandsanlagen zur verbesserten Umweltentlastung etc.
Kognitive und metakognitive Handlungen (<i>mentale Durchdringung von Sachverhalten</i>)	Prüfung von Verschwendung in eigenen Arbeitsprozessen, Erarbeiten von Ressourceneinsparungsansätzen, nachhaltigkeitsbezogene Zielbildungsprozesse im Rahmen des betrieblichen Nachhaltigkeitsmanagements (z. B. im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses oder einer Balanced Scorecard) etc.
Kommunikative Handlungen (<i>Interaktion</i>)	Beratung zum Fahren von Produktionsanlagen oder zur energetischen Optimierung von technischen Systemen und Produktionsprozessen, die Artikulation von Nachhaltigkeitsansätzen über das Vorschlagswesen, die Etablierung einer sozialverträglichen und bilingualen Gesprächskultur, Diskussionen in Qualitätszirkeln oder anderen Formen von Shopfloor-Gesprächen bzgl. Verschwendung, Ausschuss, Energieverbrauch, Investitionen etc.
Reflexive Handlungen (<i>Selbstreflexion, Urteilsfähigkeit, Begründungen</i>)	Selbsteinschätzung zur Ausschöpfung der Partizipationsmöglichkeiten oder zur Verbesserung der betrieblichen Nachhaltigkeit, Begründungen zur bestehenden Handlungsweise, Beurteilung der Effizienz, Suffizienz, Konsistenz und Permanenz von Arbeits- und Produktionsprozessen, Reflexion der betriebsinternen und inter- und intragenerationellen Auswirkungen der Facharbeit etc.

Die aufgezeigten Formen nachhaltiger Handlungen machen deutlich, dass vielfältige Anknüpfungspunkte entlang der gesamten Wertschöpfungskette bestehen, um im Rahmen von Facharbeit einen Beitrag zur Verbesserung der betrieblichen Nachhaltigkeitsbilanz zu liefern (Abb. 2): angefangen von erfahrungsbasierten Hinweisen zur Produktentwicklung (Ecodesign) über die Mitwirkung an einer nachhaltigen Prozessentwicklung, der Mitgestaltung und Etablierung eines nachhaltigen Produktionsprozesses – sei es die nachhaltige Gestaltung des eigenen Arbeitsprozesses oder die Integration umweltschonender und effizienter Technologien – bis hin zur verschwendungsarmen Verpackung von Produkten und der Umsetzung von Recyclingansätzen, wie der Abfallvermeidung, der Aufarbeitung von Altteilen, der sortenreinen Trennung von Abfällen und der Wiederverwendung von Komponenten.

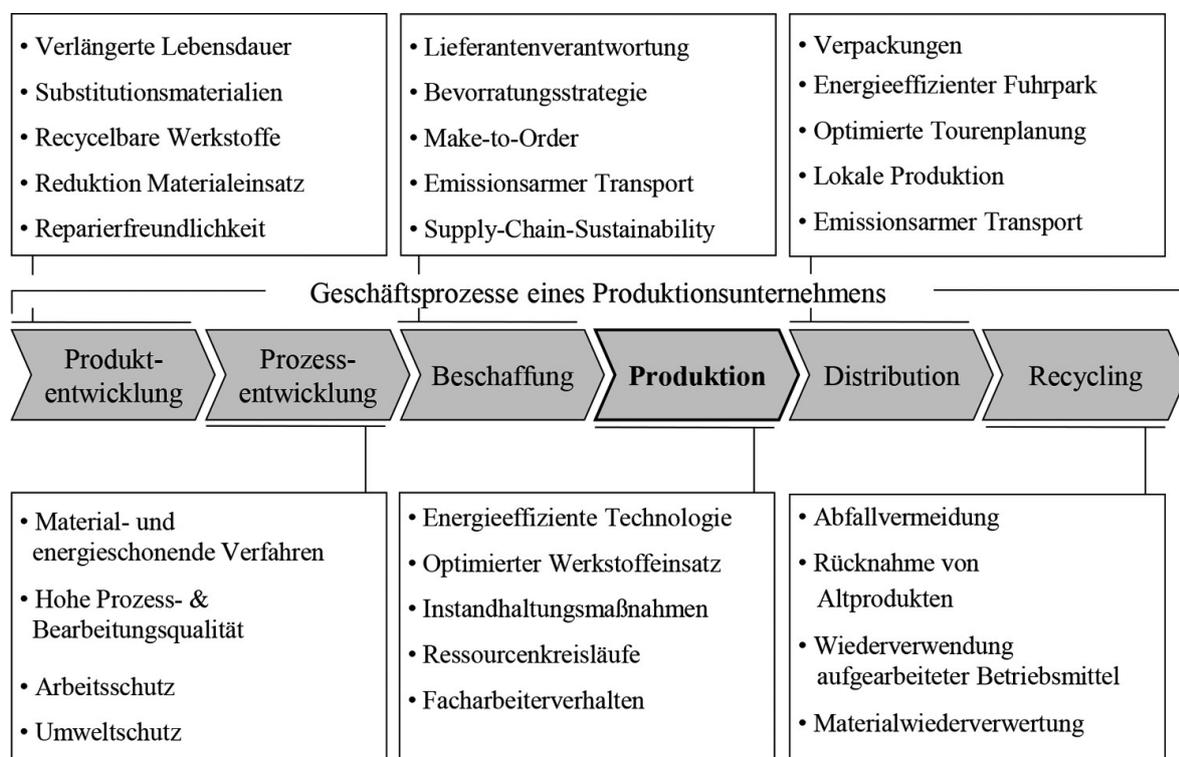


Abbildung 2: Anknüpfungspunkte in der Wertschöpfungskette produzierender Unternehmen (in Anlehnung an Burschel 2003, S. 293; Wildemann 2012, S. 143 ff.; Wulf et al. 2013, S. 779)

3.4 Nachhaltigkeitsorientierte und -relevante Technologien als beruflicher Arbeitsgegenstand

Bereits die Arbeiten von Kleiner (vgl. 2005) verdeutlichen, dass die Facharbeit industrieller Metallberufe und besonders des/der Industriemechanikers/-in durch den Umgang mit technischen Systemen geprägt ist. Technische Systeme, egal ob Fertigungsmaschinen, Produktionsanlagen oder Versorgungs- und Fördertechnik, weisen durch den Verbrauch von Ressourcen, durch die direkte oder indirekte Erzeugung von Emissionen und als Gefahrenquelle eine betriebliche Nachhaltigkeitsrelevanz auf. Nachhaltigkeitsbezogene Facharbeit im Umgang mit den technischen Systemen bezieht sich sowohl auf das effiziente und schonende Fahren der Anlagen als auch

auf das Arbeiten an den Systemen selbst. Letzteres geschieht vor allem zur Realisierung eines integrierten und vorsorgenden Umweltschutzes (**integrative Technologien**) oder eines additiven und nachsorgenden Umweltschutzes (**End-of-Pipe-Technologien**). Für die berufswissenschaftliche Untersuchung nachhaltigkeitsbezogener Arbeitsgegenstände bietet sich insbesondere eine Unterscheidung zwischen **nachhaltigkeitsrelevanten** und **-orientierten Technologien** an. Diese Art der Kategorisierung erlaubt die zusätzliche Betrachtung von Arbeitsgegenständen, die eine Nachhaltigkeitsrelevanz haben (Druckluftsystem etc.), aber nicht als Umwelttechnologie gelten. Häufig ist sogar die Betrachtung nachhaltigkeitsrelevanter Technologien notwendig, um überhaupt nachhaltigkeitsbezogene Arbeitsaufgaben zur Optimierung und Aufrüstung der Anlagen zu analysieren.

Nachhaltigkeitsrelevante Technologien sind durch einen hohen Energie- oder Materialverbrauch, erhöhte Emissionen und hohe Betriebszeiten gekennzeichnet (z. B. Druckluftsysteme, Dampfkesselanlagen, Werkzeugmaschinen, raumluftechnische Anlagen etc.). Nachhaltigkeitsbezogene Arbeitsprozesse mit diesen Technologien beziehen sich bspw. auf ressourcenschonendes Fahren der Anlagen selbst, auf die Um- und Nachrüstung von Bestandsanlagen (Retrofit), die Installation verbrauchs- und qualitätsüberwachender Sensorik, die Integration und Inbetriebnahme von effizienten Neuanlagen bzw. Systemelementen oder die Realisierung intelligenter Steuerungskonzepte. Damit verbundene Nachhaltigkeitsziele dienen der Steigerung der Ressourceneffizienz, Sicherstellung des Arbeitsschutzes, Reduktion von Emissionen und der Vernetzung mit digitalisierten Infrastrukturen zur Quantifizierung von Energie- und Stoffströmen.

Nachhaltigkeitsorientierte Technologien weisen durch ihre Funktionalität einen expliziten Nachhaltigkeitsbezug auf und stellen häufig selbst einen nachhaltigen Gebrauchswert dar. Fachkräfte tragen sowohl durch die Herstellung selbst als auch durch die Integration nachhaltigkeitsorientierter Technologien in nachhaltigkeitsrelevante technische Systeme zur Schonung der natürlichen Lebensgrundlagen bei. Sie rüsten bspw. Druckluftsysteme (nachhaltigkeitsrelevantes technisches System) mit Öl-Wasser-Trennsystemen, Druckhaltesystemen, Wärmerückgewinnungsmodulen, übergeordneten intelligenten Steuerungen, dezentralen Druckluftspeichern usw. auf (nachhaltigkeitsorientierte Technologien), um gezielte Ressourceneinsparungen zu erzielen. Gleichzeitig wird so ein ökonomischer Umweltschutz betrieben und die Energiekosten simultan zur betrieblichen CO₂-Bilanz werden gesenkt. Durchgeführte Instandhaltungsarbeiten, egal ob an nachhaltigkeitsrelevanten oder -orientierten Technologien, sorgen zudem für eine hohe Anlagenverfügbarkeit und -lebensdauer, einen hohen Leistungs- und Qualitätsfaktor und für die Vermeidung unnötiger Ressourcenaufwendungen. Sorgfältig geplante und umgesetzte Instandhaltung wird somit im Blickwinkel der Nachhaltigkeit selbst zu einem wichtigen Nachhaltigkeitsansatz in den Unternehmen. Dass Umwelttechnologien bzw. nachhaltigkeitsorientierte Technologien sowohl in der Produktion als auch in der Instandhaltung zunehmend Gegenstand berufsförmiger Arbeit werden, untermauert die Expansion der GreenTech-Branche mit einer jahresdurchschnittlichen Wachs-

tumsrate von voraussichtlich 6,9 Prozent zwischen 2016 und 2025. Im selben Zeithorizont wird ein Wachstum der Mitarbeiterzahl in der Querschnittsbranche um jährlich 6,7 Prozent prognostiziert (vgl. BMU 2018, S. 9 f.).

3.5 Betrieblicher Kontext nachhaltigkeitsbezogener Handlungsmuster

Die Betrachtung nachhaltigkeitsbezogener Handlungen in Produktionsunternehmen oder im Rahmen produktionsbezogener Dienstleistungen verdeutlicht, dass diese ebenso wie andere berufliche Handlungen stets in einen betrieblichen Kontext eingebunden sind und einen Sach- und Sinnzusammenhang aufweisen (vgl. Becker 2010, S. 60). Facharbeit wird im Kontext betrieblichen CSR-Managements zu einem strategischen und systematischen Moment, dessen transformativer Sinnzusammenhang durch die gezielte Schaffung oder Aufrechterhaltung nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte geprägt ist und gleichzeitig selbst zum Gegenstand betrieblicher Nachhaltigkeitsziele avanciert. Maßnahmen zur Umsetzung von produktionsnahen Nachhaltigkeitszielen werden zwar weitestgehend auf strategischer Ebene koordiniert – die Umsetzung, Aufrechterhaltung und teilweise auch Initiierung erfolgt allerdings weitestgehend durch Fachkräfte auf Shopfloor-Ebene. Anders als im Handwerk (z. B. Anlagenmechaniker/-in SHK) ist nachhaltigkeitsbezogene Facharbeit in industriellen Produktionsunternehmen damit stärker im Kontext betrieblichen CSR-Managements organisiert.

Die veränderten Anforderungen an Unternehmen und Fachkräfte resultieren dabei zum einen aus **harten Treibern**, die durch gesetzliche Regelungen, Grenzwerte und Steuern gekennzeichnet sind. So sind Energieaudits nach DIN EN 16247–1 seit 2015 Pflicht für Großunternehmen, falls keine entsprechende Zertifizierung eines Energiemanagements vorliegt. Die dabei erarbeiteten Maßnahmen zur Verringerung des Energieeinsatzes sind zwar nicht verpflichtend, aber häufig initiiierend für nachhaltigkeitsbezogene Umgestaltungsprozesse. Fachkräfte führen zudem Arbeitsaufgaben aus, die der Verankerung nachhaltigkeitsrelevanter Managementsysteme (z. B. ISO 50001, ISO 14001, ISO 26000, EMAS etc.) sowie deren Verstetigung dienen. Managementsysteme wie EMAS fordern explizit für die Zertifizierung eine aktive Einbeziehung von Mitarbeitenden in den kontinuierlichen Verbesserungsprozess der Umweltleistung (vgl. Köpnick 2008, S. 152). Zudem entstehen Fachkräftepositionen in der Organisationsstruktur der Managementsysteme, wie bspw. als Luft-/Lärm- oder Umweltschutzbeauftragte, die neben Kontrollmaßnahmen gestalterische Aufgaben in Ausschüssen und Gremien wahrnehmen.

Daneben schaffen **weiche Treiber** wie staatliche Förderprogramme unternehmerische Anreize zur Erzielung ökonomisch-ökologischer Synergieeffekte (z. B. BAFA-Förderungen zur Investition in hocheffiziente Querschnittstechnologien, Soft- und Hardware zur Einrichtung oder Anwendung eines Energie- oder Umweltmanagementsystems im Zuge der Digitalisierung). Zudem gelten betriebliche Reputation, Mitarbeiterrekrutierung, -motivation und -bindung als weitere Gründe unternehmerischer Nachhaltigkeitsbemühungen, die direkt oder indirekt (z. B. durch Schulungen, Partizipationsstrukturen etc.) die Facharbeit im Unternehmen prägen.

4 Nachhaltige Digitalisierung und digitalisierte Nachhaltigkeit

4.1 Digitale Transformation als Chance oder Risiko einer Green Economy

Die voranschreitende Entwicklung der digitalen Transformation verändert nicht nur die gesellschaftlichen Lebensbereiche grundlegend, sondern auch die bestehende Wirtschaftsweise in unterschiedlichsten Branchen und Unternehmen. Die zentrale Frage dabei lautet nicht, ob die voranschreitende Digitalisierung negative Folgen für eine nachhaltige Entwicklung mit sich bringen wird, sondern wie die Digitalisierung vorausschauend zu gestalten ist, damit eine Vereinbarkeit mit den Nachhaltigkeitszielen der Agenda 2030 zu erzielen ist und darüber hinaus Potenziale für nachhaltige Synergieeffekte im Rahmen einer Green Economy erschlossen werden können. Als normative Leitlinien zur Gestaltung einer nachhaltigen und verträglichen Digitalisierung unserer Lebenswelt können Paradigmen aus der Nachhaltigkeitsdebatte herangezogen werden, die eine inter- und intragenerationelle Verantwortlichkeit, die sowohl die Achtung der Menschenwürde als auch den Erhalt natürlicher Lebensgrundlagen und letztendlich die Sicherung der menschlichen Existenz implizieren. Ziel einer nachhaltigen Digitalisierung ist die Abwendung von möglichen Folgen, wie die Überschreitung planetarischer Belastungsgrenzen durch digital getriebene Wachstumsmuster, die Entmachtung des Individuums bei gleichzeitiger Gefährdung der Privatsphäre oder die Disruption des Arbeitsmarktes durch tief greifende Automatisierung bestehender Arbeitsprozesse (vgl. WBGU 2019). Konträr zu diesen Szenarien kann eine verantwortungsvolle und reflektierte Digitalisierung allerdings auch zur Etablierung digitaler Systeme führen, die transformative Umweltentlastungspotenziale aufweisen. Als digitale Systeme mit hohem Umweltentlastungspotenzial gelten *Connected Energy*, *Connected Information Network*, *Industrie 4.0*, *Urban Connected Mobility* oder *Smart Grid* (vgl. BMU 2018).

Repräsentative Vertreter der industriellen Metallberufe sind in diesem Zusammenhang ebenso von der Digitalisierung der Arbeitswelt betroffen wie informationstechnologische und elektrotechnische Berufsbilder (vgl. Spöttl et al. 2016). Industrie 4.0 weist als digitales System dabei eine besondere Bedeutung für die industriellen Metallberufe auf. Hinter dem Terminus verbirgt sich ein digitales System, das zur Effizienzsteigerung und Wertschöpfungsoptimierung neben den abstrahierten Entitäten wie „Internet of Things“ oder „Smart Factory“ auch eine konkrete digitale Verknüpfung von Fachkräften mit Anlagen, Maschinen, Logistik und Produkten zu einem intelligent vernetzten System assoziiert.

Nachhaltigkeitsverträgliche Facharbeit im Kontext von Industrie 4.0 trägt im Kern dazu bei, nachhaltigkeitsverträgliche Gebrauchswerte vor allem durch digital gestützte **Systembildung** zu erzeugen. Der überwiegende Anteil moderner Produktionsprozesse und die dazugehörigen technischen Systeme weisen einen weitestgehend technologisch ausgereiften Wirkungsgrad auf. Arbeitsprozesse zur Prozess- und Systemintegration können in diesem Zusammenhang durch Systembildung dazu beitragen, bisher ungenutzte Umweltentlastungspotenziale zu heben, indem

Einzelkomponenten zu Gesamtsystemen verbunden werden und so ganzheitliche und vernetzte Lösungsansätze ermöglichen. Die damit erzeugten nachhaltigkeitsverträglichen Gebrauchswerte können zur Schonung der natürlichen Lebensgrundlagen beitragen. Grundlage für eine solche Systembildung schaffen die sogenannten Potenzialhebel der Digitalisierung (vgl. BMU 2018, S. 122):

1. *Automatisierung* (Überwachung, Steuerung und Regelung von Prozessen),
2. *digitale Daten* (Erfassung, Verarbeitung und Auswertung von digitalisierten Messdaten),
3. *digitale Benutzerschnittstelle* (Mensch-Maschine-Kommunikation) und
4. *Vernetzung* (Infrastruktur für den Datenaustausch).

4.2 Fallbeispiel nachhaltigkeitsbezogene Facharbeit im Kontext von Industrie 4.0

Facharbeit für eine digital gestützte Realisierung betrieblicher Nachhaltigkeitsziele lässt sich häufig erst auf den zweiten Blick als solche erkennen. Um Licht ins Dunkel zu bringen lohnt es sich, konkretes Facharbeiterhandeln zur digitalen Systembildung anhand exemplarischer und repräsentativer Arbeitsgegenstände wie bspw. dem „Druckluftsystem“ heranzuziehen. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen eines Promotionsvorhabens eine Fallstudie und Arbeitsprozessanalyse durchgeführt, um das konkrete Facharbeiterhandeln zu erschließen. Vereinzelt Erkenntnisse und Ansatzpunkte zum nachhaltigkeitsbezogenen Facharbeiterhandeln aus dieser Fallstudie sollen im Folgenden aufgezeigt werden.

Der Einsatz von Druckluft ist bei unzähligen Produktions- und Transportanwendungen essenziell und als Querschnittstechnologie in einer Vielzahl von Branchen und Unternehmen fester Bestandteil der betrieblichen Produktionsstrukturen. Gleichzeitig ist Druckluft die teuerste Energieform und weist in vielen Unternehmen hohe energetische Einsparmöglichkeiten auf. Durchschnittlich verschwenden 80 Prozent der Unternehmen bis über die Hälfte der für die Druckluftversorgung eingesetzten Energie, obwohl je nach Branche die Druckluftanwendungen für bis zu 30 Prozent des Gesamtstromverbrauchs verantwortlich sind (vgl. Feldmann 2005). Um diesbezügliche Verschwendungen zu vermeiden und höchstmögliche Effizienzsteigerungen des Gesamtsystems „Druckluft“ zu erzielen, müssen alle Systembestandteile, angefangen vom Verbraucher, über die Verteilung bis hin zur Aufbereitung und Erzeugung in die Potenzialanalyse einbezogen und Gegenstand einer ganzheitlichen Systembetrachtung werden. Neben rein technologischen und verhaltenorientierten Maßnahmen bestehen im Zuge von Industrie 4.0 vielfältige Möglichkeiten, um durch digital gestützte Systembildung Kosten zu senken und Ressourceninanspruchnahme zu vermindern.

Als Grundlage einer vernetzten Systembildung dienen **digitale Daten**. Damit diese generiert werden können, integrieren Fachkräfte unterschiedliche Sensorik wie Druck- (Luftdruck), Durchfluss- (Luftmenge) und Drucktaupunktsensoren (Luftqualität) in das Druckluftsystem (Systemintegration), konfigurieren ggf. die Messeinrichtungen und verkabeln bzw. vernetzen diese über unterschiedliche Schnittstellen mit übergeordneten Steuerungen, Gateways oder der Gebäudeleittechnik. Durch

die Implementierung von Sensorik sorgen Fachkräfte nicht nur dafür, die Basis für die Aufrüstung des bestehenden Druckluftsystems zu einem cyber-physischen System zu schaffen, sondern ermöglichen ebenso ein transparentes und kennzahlenbasiertes Energie- und Druckluftmanagement, das Kenndaten zum Energieverbrauch, zum Fließdruck, zur Durchflussmenge und Druckluftqualität über die Cloud für gezielte und ganzheitliche Systemüberwachung und -optimierung abrufen kann.

Die **Automatisierung** des gesamten Druckluftsystems zählt ebenfalls zu den domänenbezogenen Arbeitsaufgaben von Industriemechaniker:innen. Besteht das Druckluftsystem bspw. aus mehreren Druckluftherzeugern mit fester Drehzahl als auch drehzahlregelbaren Antrieben (frequenzgesteuert), kann durch die Implementierung einer intelligenten verbrauchsorientierten Verbundsteuerung die Liefermenge dynamisch geregelt werden, um eine exakte Anpassung an den schwankenden Druckluftverbrauch zu erzielen. Für die entsprechende Sensorregelung ist die Integration eines Drucksensors in das Druckluftnetz erforderlich. Zudem verbinden Fachkräfte über eine Bus-Topologie alle Kompressorsteuerungen mit einer übergeordneten intelligenten Steuerung (z. B. über ein RS485-Bus-System), konfigurieren diese und passen das Druckband an (Prozessintegration). Bei proprietären Systemen wird durch die Systemintegration von Anschlussmodulen (Embedded Systems) die Vernetzung mit Fremdfabrikaten ermöglicht. Durch die erfolgreiche Einrichtung einer verbrauchserkennenden Druckluftherzeugung erzeugen Fachkräfte nachhaltigkeitsverträgliche Verbrauchswerte. Resultat ist ein deutlich verringerter Energieeinsatz durch Vermeidung von teuren Leerlaufzeiten, Last-/Leerlaufschaltspielen, durch Reduzierung des Druckbandes und damit der Absenkung des Maximaldrucks. Zudem wird die Anlagenlebensdauer und -verfügbarkeit durch die deutlich verringerte Belastung von Ansaugreglern, Verdichterstufen, Schützen und Motoren wesentlich gesteigert. Mittelbare Einsparungen durch Systembildung äußern sich zudem in einer erweiterten Wirkkette durch eine verringerte Leckagemenge im gesamten Druckluftsystem.

Fallbezogene Explikation: Die Reduktion des Netzdrucks um 1 bar senkt den Energiebedarf des technischen Systems durchschnittlich um sechs Prozent. Bestehen sechs Kompressoren mit jeweils 120 KW, werden im Dreischichtbetrieb durch die Druckreduzierung 91.518.759 Liter CO₂ (179,4 Tonnen) und ca. 68.117 € Energiekosten (0,18 € pro kWh) im Jahr eingespart.

Eng an der Automatisierung erfolgt die **Vernetzung** des Gesamtsystems als weitere Arbeitsaufgabe von Industriemechaniker:innen. Dazu werden nicht nur die Druckluftherzeuger mit einer übergeordneten intelligenten Steuerung oder einem herstellerfremden Gateway verbunden, sondern ebenso Systemelemente der Druckluftaufbereitung wie Kältetrockner, Filtereinheiten, Öl-Wasser-Trenner und diverse Sensoren. Fachkräfte müssen dazu den Umgang mit unterschiedlichen digitalen und analogen Schnittstellen beherrschen und die Konnektivität sowie Kommunikationsfähigkeit der Gateways durch Konfiguration und Programmierung herstellen (vgl. Becker 2019). Durch die Vernetzung von technischen Systemen und Systemkomponenten

werden vielfältige Daten teils in Echtzeit erzeugt (Big Data), in einer cloudbasierten Umgebung gespeichert, aggregiert, verarbeitet und über Webserver zur Verfügung gestellt. Die aufbereitete Darstellung vielfältiger Betriebs- und Zustandsparameter ermöglicht es den Instandhaltungsverantwortlichen, ein Monitoring des Gesamtsystems durchzuführen und Ansätze einer Predictive Maintenance (vorausschauende bzw. voraussagende Instandhaltung) umzusetzen, um weitere Umweltentlastungspotenziale auszuschöpfen.

Fachkräfte greifen sowohl über physische Benutzerschnittstellen als auch über virtuelle Oberflächen des integrierten Webservers (**digitale Benutzerschnittstelle**) auf eine Vielzahl von Systeminformationen in der Cloud zu, um eine digitale Verwaltung und Überwachung des Druckluftsystems umzusetzen. In Echtzeit gemessene Werte werden direkt auf dem Webserver visualisiert und können im Leitstand oder aber auch im Feld mithilfe mobiler Endgeräte abgerufen werden. Auf Grundlage von Diagrammen und Kennzahlen lassen sich die Betriebszustände einzelner Systemkomponenten auswerten. Das Monitoring von Kennzahlen zur Liefermenge, spezifischen Leistung, Druck und weiteren Messsignalen (z. B. Drucktaupunkt, Temperaturen etc.) führt im Rahmen einer Predictive Maintenance nicht nur zur prädiktiven Sicherstellung der Anlagenlebensdauer und -verfügbarkeit, sondern ermöglicht weitreichende umweltentlastende Systemoptimierungen. So kann bspw. über die detektierte Liefermenge in der freien Betriebszeit festgestellt werden, wie hoch die Leckagerate ist, und die entsprechenden Instandsetzungsarbeiten lassen sich systematisch planen.

Fallbezogene Explikation: Bestehen drei Leckagen mit 5 mm Durchmesser in einem Druckluftnetz mit 8 bar Beaufschlagung, wird im Jahr eine Energiemenge von 346.896 kWh verschwendet, wodurch 83.679.600 Liter CO₂ (164,4 Tonnen) emittiert werden und Kosten von ca. 62.441 € entstehen.

In dem Wissen, dass in älteren Druckluftsystemen bis zu 20 Prozent des gesamten Druckluftverbrauchs durch Leckagen verloren gehen, setzen Unternehmen zudem Apps ein, mit denen Fachkräfte ein systematisches Leckagemanagement auf der Shopfloor-Ebene umsetzen können. Neben Leckageapps bestehen zudem herstellereingebundene Apps als Ferndiagnosetools, mit denen Instandhalter:innen mittels Echtzeitkommunikation Zugriff auf Betriebs- und Zustandsparameter haben und ggf. Prognosen über das zukünftige Laufverhalten und möglichen Verschleiß abrufen können. Je nach Instandhaltungsorganisation können Fachkräfte darüber hinaus in ein Service- und Alarm-Management eingebunden werden und per SMS, E-Mail oder Voice-Mail eine automatisierte Mitteilung zu Störungen, Warnungen und Wartungen bekommen. Für die Zertifizierung des Energiemanagements nach DIN EN ISO 50001 haben Fachkräfte die Möglichkeit, über digitale Benutzerschnittstellen differenzierte Reports zur Energiebilanz der Druckluftherzeugung zu erstellen. Durch die vernetzte Anlagensteuerung können die automatisch aufbereiteten Daten per Mail direkt von der Anlage an das Energiemanagement gesendet werden oder werden von den Energiemanager:innen über die vernetzte Steuerung abgerufen.

5 Fazit und Ausblick

Industrielle Metallberufe wie der/die Industriemechaniker/-in tragen in den Unternehmen im hohen Maße dazu bei, durch nachhaltigkeitsorientiertes berufliches Handeln unternehmerische Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, und liefern aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive einen Beitrag zu Erreichung der SDGs. Nachhaltigkeitsbezogenes berufliches Handeln ist dabei ein domänenbezogenes und verantwortungsvolles Handeln, welches gleichzeitig über die zeitlichen und geografischen Grenzen der Domäne reflektiert, sich in der strategischen, reflektierten und pro- oder reaktiven Interaktion mit Repräsentationen der Domäne, der Auseinandersetzung mit ambivalenten Entscheidungen sowie in der sozialen Kommunikation mit Akteuren des Unternehmens äußert. Der motivationale und wertgeleitete Einsatz von Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnissen in definierten Handlungsräumen entlang des gesamten Geschäftsprozesses ermöglicht dabei die Erzeugung und/oder Aufrechterhaltung nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte durch technologische, organisatorische und verhaltensorientierte Maßnahmen.

Weil nachhaltigkeitsorientierte Facharbeit in industriellen Produktionsunternehmen – anders als im Handwerk – stärker im Kontext betrieblichen CSR-Managements organisiert ist, ermöglicht sie sowohl durch kleine als auch substanzielle Beiträge die nachhaltige Gestaltung von Geschäftsprozessen. Durch die vielfältigen Gegebenheiten, produktionsbezogene Nachhaltigkeitspotenziale systematisch, prozessorientiert und technologisch zu heben, haben sich die Anforderungen an die nachhaltigkeitsorientierte Facharbeit sowohl in der Breite als auch in der Tiefe verändert. Die fallbezogene Darstellung des Fachkräftehandels verdeutlicht die Notwendigkeit einer umfassenden Förderung des systemorientierten und vernetzten Denkens und Handelns in Verbindung mit konkreten berufs- bzw. domänenspezifischen Kompetenzen zur Schaffung und Aufrechterhaltung nachhaltigkeitsbezogener Gebrauchswerte. Im Kontext von Industrie 4.0 muss nachhaltigkeitsbezogene Facharbeit dazu beitragen, die Digitalisierung in den industriellen Unternehmen so mitzugestalten, dass eine Verträglichkeit mit den Zielen der Agenda 2030 gewährleistet ist. Die Steigerung der Nachhaltigkeit von Kern- und Unterstützungsprozessen von Unternehmen darf dabei nicht als Nebeneffekt von Maßnahmen der digitalen Transformation angesehen werden. Vielmehr muss einhergehend mit Digitalisierungsprozessen eine systematische Planung und Erfolgskontrolle zur Nachverfolgung und Quantifizierung der Umweltleistungen erfolgen, um mögliche Rebound-Effekte oder gar ein sogenanntes Backfire (vgl. Müller 2013) zu verhindern.

Digitalisierung kann ein Hebel unternehmerischer Gesellschaftsverantwortung werden, wenn diese gezielt und verantwortungsvoll, das heißt unter Berücksichtigung ökologischer und sozialer Auswirkungen, eingesetzt wird. Um die Umweltentlastungspotenziale umfassend auszuschöpfen, muss Facharbeit selbst ein mitgestaltender Teil der digitalen Systembildung werden, denn letztendlich sind die Zielsetzungen der Digitalisierung ebenso wie das Ziel der Erhaltung natürlicher Lebensgrundlagen vom Handeln der Menschen abhängig. Die Erschließung nach-

haltigkeitsbezogener Handlungsanforderungen und -potenziale industrieller Fachkräfte (einschließlich der beruflichen Kompetenzen) bietet hier einen Ansatz, um die Zielsetzung zur Entwicklung einer umfassenden und verantwortungsvollen beruflichen Handlungsfähigkeit unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele zu konkretisieren.

Literatur

- Abele, E. & Reinhart, G. (2011): Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Carl Hanser Verlag.
- Adolf, M. & Stehr, N. (2015): Ist Wissen Macht? Erkenntnisse über Wissen. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Becker, M. & Spöttl, G. (2006): Berufswissenschaftliche Forschung und deren empirische Relevanz für die Curriculumentwicklung. In: Qualifikationsentwicklung und -Forschung für die berufliche Bildung. Online: https://www.bwpat.de/ausgabe11/becker_spoettl_bwpat11.pdf (Zugriff: 07.03.2018).
- Becker, M. (2010): Wie lässt sich das in Domänen verborgene „Facharbeiterwissen“ erschließen? In M. Becker, M. Fischer & G. Spöttl (Hrsg.), Von der Arbeitsanalyse zur Diagnose beruflicher Kompetenzen. Methoden und methodologische Beiträge aus der Berufsbildungsforschung. Frankfurt am Main: Peter Lang, S. 54–65.
- Becker, M. (2019): Standards und Schnittstellen als Arbeitsgegenstand in Industrie 4.0-Kontexten. In G. Spöttl & L. Windelband (Hrsg.), Industrie 4.0. Risiken und Chancen für die Berufsbildung. 2., erweiterte Auflage. Bielefeld: wbv Media (im Druck).
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2018): GreenTech made in Germany 2018. Umwelttechnik-Atlas für Deutschland. Bonn: BMU.
- Burschel, C. (2003): Nachhaltiges Designmanagement. In G. Linne & M. Schwarz, (Hrsg.): Handbuch Nachhaltige Entwicklung. Wie ist nachhaltiges Wirtschaften machbar? Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Feldmann, K. H. (2005): „Kostenblase“ Druckluft. Energieeinsparpotentiale in Druckluftnetzen. In: TAB Technik am Bau, 36, S. 89–92.
- Graf S. & Reuter, K. (2017): Greening der Berufe und nachhaltige Arbeitswelt: Auf dem Weg zu einer kohlenstoffarmen und ressourceneffizienten Wirtschaft. Berlin: UnternehmensGrün e. V., Bundesverband der grünen Wirtschaft.
- Grunwald, A. & Kopfmüller, J. (2012): Nachhaltigkeit. Frankfurt/New York: Campus Verlag.
- ILO – International Labour Office (2012): Working towards sustainable development. Opportunities for decent work and social inclusion in a green economy. Genf: International Labour Office.
- Jackson, T. (2009): Prosperity without growth. Economics for a finite Planet. London: Earthscan.

- Kleiner, M. (2005): Berufswissenschaftliche Qualifikationsforschung im Kontext der Curriculumentwicklung. Beschreibung der Facharbeit des Industriemechanikers anhand von Beruflichen Arbeitsaufgaben zur Entwicklung von Lernfeldern. Hamburg: Kovač.
- Köpnick, K. (2008): Umweltorientiertes Verhalten von Unternehmen: Entwicklung und Anwendung eines Diagnoseinstruments zum Umweltverhalten von Unternehmen. Münster: LIT.
- Kuhlmeier, W., Mohorič, A. & Vollmer, Th. (Hrsg.) (2014): Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung. Modellversuche 2010–2013: Erkenntnisse, Schlussfolgerungen und Ausblicke. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Kuhlmeier, W. & Vollmer, Th. (2018): Ansatz einer Didaktik der Beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung. In T. Tramm, T., M. Casper & T. Schlömer (Hrsg.): Didaktik der beruflichen Bildung – Selbstverständnis, Zukunftsperspektiven und Innovationsschwerpunkte. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Mertineit, K.-D. (2013): Berufsbildung für die grüne Wirtschaft. Im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). Bonn: BMZ.
- Müller, W. (2013): Rebound und Co – das Problem mit der Technikorientierung bei Energieeffizienzmaßnahmen. In: bwp@ Spezial 6 – Hochschultage Berufliche Bildung 2013, Fachtagung 08, hrsg. v. Schwenger, U.; Geffert, R.; Vollmer, Th.; Hartmann, M. & Neustock, U., S. 1–18. Online: http://www.bwpat.de/ht2013/ft08/mueller_ft08-ht2013.pdf (Zugriff: 07.03.2018).
- NP BnE – Nationale Plattform Bildung für nachhaltige Entwicklung (2017): Nationaler Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der deutsche Beitrag zum UNESCO-Weltaktionsprogramm. Berlin: BMBF
- Oekom research (2017): oekom Impact Studie 2017 – Einfluss des nachhaltigen Investments auf Unternehmen – eine empirische Analyse. München: oekom research.
- Pfeiffer, S. (2004): Arbeitsvermögen und Domänen der Informatisierung – Konsequenzen für die Gestaltung von Arbeitssystemen. In: P. Röben & F. Rauner (Hrsg.): Domänenspezifische Kompetenzentwicklung zur Beherrschung und Gestaltung informatisierter Arbeitssysteme. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Rockström, J., Steffen, W., Richardson, K., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., Vries, W. de, Wit, C. A. de, Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B. & Sörlin, S. (2015): Sustainability. Planetary boundaries. Guiding human development on a changing planet. *Science* (New York, N. Y.) 347 (6223), S. 736–747.
- Schaltegger, S. & Lüdeke-Freund, F. (2012): The 'Business Case for Sustainability' Concept. A Short Introduction. Lüneburg: CSM.
- Schütt-Sayed, S. & Vollmer, T. (2017): Verankerung der Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung in der gewerblich-technischen Berufsbildung. In: M. Becker, C. Dittmann, J. Gillen, S. Hiestand & R. Meyer (Hrsg.): Einheit und Differenz in den gewerblich-technischen Wissenschaften. Berlin: LIT.

- Spöttl, G., Gorldt, C., Windelband, L., Grantz, T. & Richter, T. (2016): bayme vbm Studie – Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. Studie herausgegeben vom Verband der bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeber – bayme vbm. München.
- Straka, G. A. & Macke, G. (2009): Berufliche Kompetenz: Handeln können, wollen und dürfen. Zur Klärung eines diffusen Begriffs. In: BWP Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis. Berufe – Entwicklungen und Perspektiven 3/2009, S. 14–17.
- Tiemeyer, E. (2009): Kompetenzorientierung im Rahmen einer beruflichen Bildung für nachhaltiges Wirtschaften – Einordnung und Handlungsebenen. In E. Tiemeyer (Hrsg.): Europäische Kompetenzentwicklung zum nachhaltigen Wirtschaften in der Ernährungsbranche. Herausforderungen, Projektergebnisse und Transferkonzept. Nationale Agentur Bildung für Europa. Bonn: BIBB.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2019): Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Berlin: WBGU.
- Weinert, F. E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim u. Basel: Beltz, S. 27f.
- Wildemann, H. (2012): Wachstum durch Ressourceneffizienz. Kunden – Mitarbeiter – Lieferanten. München: TCW Transfer-Centrum.
- Wulf, S., Ansari, S. & Nyhuis, P. (2013): Material- und Energieeffizienz in der Produktion. Kontinuierliche Verbesserung der Ressourceneffizienz durch gezielte Mitarbeiterqualifizierung. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF) 108, S. 778–782.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Einflussfaktoren auf die Produktionsarbeit	40
Abb. 2	Anknüpfungspunkte in der Wertschöpfungskette produzierender Unternehmen	46

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Beispiele nachhaltigkeitsverträglicher Gebrauchswerte im industriellen Produktionsumfeld	42
Tab. 2	Handlungsformen nachhaltiger Facharbeit	45

Autor



Stefan Nagel, geb. 1990, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik an der Fakultät für Maschinenbau, Leibniz Universität Hannover. Seine Forschungsschwerpunkte sind nachhaltige Entwicklung im Berufsfeld Metalltechnik, berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung sowie Digitalisierung in der Berufsschullehrkräfteausbildung und beruflichen Bildung,
nagel@ibm.uni-hannover.de