

Die Krise der doppelten Transformation.

Aktuelle Herausforderungen der deutschen Industrie unter Berücksichtigung der Wirtschaftskrise im globalen Kontext

Christopher Prinz, Fabian Hoose und Bernd Kuhlenkötter

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren wurden vielfach zwei Themen als die beiden zentralen Herausforderungen unserer Zeit identifiziert: Nachhaltigkeit und Digitalisierung. Das zeitgleiche Auftreten beider Herausforderungen und die durch ihre Bewältigung anstehenden, tiefgreifenden Veränderungen bisheriger Formen des Wirtschaftens haben zu Diskursen über eine doppelte Transformation geführt (Hofmann, Laurenzano, Kleinewefers 2023). Ein grundlegender Gedanke in dieser Debatte ist, dass beide Wandlungsprozesse in vielen Bereichen ineinandergreifen und eine strategische Abstimmung auf mehreren Ebenen erfordern. So müssen Unternehmen abwägen, inwieweit sie ökologische und digitale Maßnahmen wirtschaftlich tragfähig gestalten können, welche Kosten vergesellschaftet werden und welche Belastungen für die Belegschaften entstehen. Transformationsprozesse erfordern zudem oft eine neue Organisation von Arbeitsabläufen sowie angepasste Qualifikationen von Beschäftigten. Deshalb kommt Akzeptanz und Kommunikation der durch die doppelte Transformation ausgelösten Veränderungen eine entscheidende Rolle zu. In diesem Sinne muss eine sozialpartnerschaftliche Gestaltung die mitunter divergierenden Interessen von Unternehmen, Beschäftigten und politischen Akteuren ausgleichen.

2. Der Begriff ‚Doppelte Transformation‘

Obwohl die Auswirkungen der doppelten Transformation in der jüngeren Vergangenheit breit diskutiert werden und mit ihr auch Hoffnungen verbunden wurden, blieb vieles der damit angesprochenen betrieblichen Veränderungen noch „in the making“ (Pfeiffer 2023). In den letzten Jahren war noch unklar, in welchem Maße der digitale Wandel und die ökologische Transformation in Arbeits- und Unternehmensorganisationen konkret mit-

einander verknüpft sind. Denkbar ist entweder eine Symbiose (Entwicklung von Chancen sowohl durch technologische Innovationen als auch durch Veränderungen in Geschäftsfeldern), ein Widerspruch (Digitalisierung als Herausforderung für eine nachhaltige Produktion) oder eine unverbundene Parallelentwicklung. Zunächst kann konstatiert werden, dass die doppelte Transformation derzeit hauptsächlich auf politischer und regulatorischer Ebene entschieden wird. Mit der zugespitzten und geopolitisch veränderten multiplen Krisenlage, die sich u. a. in der Energiekrise und in sich verändernden, nun vielerorts eher libertär oder autoritär ausgerichteten staatlichen Regulierungen sowie der Diskussion um die Rücknahme von Klimaschutzmaßnahmen äußert, haben sich auch die Aussichten für die doppelte Transformation gewandelt.

Die sogenannte doppelte Transformation, sowie auch ähnlich gelagerte Begriffe wie *Twin Transition*, *Twin Transformation* oder *Digitainability*, bezieht sich auf die parallele digitale und ökologische Transformation. In der Literatur gibt es derzeit keine allgemein akzeptierte Definition des Begriffs der digitalen Transformation (Schallmo 2019). Dieser Beitrag bezieht sich deshalb auf die Beschreibung von Schallmo, die sich wiederum auf mehrere andere Definitionen stützt und besagt, dass die digitale Transformation für Unternehmen, Geschäftsmodelle, Prozesse, Beziehungen, Produkte usw. stattfinden kann (Bowersox, Closs, Drayer 2005; Mazzone 2014), um die Leistung und Reichweite eines Unternehmens zu erhöhen (Westerman, Calmédjane, Bonnet, Ferraris, McAfee 2011).

Auch der Begriff der ökologischen Transformation ist nicht homogen definiert und weist nach unterschiedlichen Autoren ebenfalls verschiedene Facetten auf. So gilt es z. B. zwischen dem Drei-Säulen-Modell (Ökonomie, Ökologie und Sozial), der sozial-ökologischen Transformation sowie der ökologisch/ökonomischen Transformation zu unterscheiden. Der Begriff der sozial-ökologischen Transformation bezieht sich auf Prozesse der Technologienutzung und des Sozialverhaltens. Geprägt wird dieser Begriff durch eine Forderung nach einer Gesellschaft und Unternehmen, die energetische Grundlagen basierend auf erneuerbaren Energien auch im Sinne der Dekarbonisierung schaffen, um die fossilnukleare Wirtschaftsweise zu überwinden (Schellnhuber, Messner, Leggewie, Leinfelder, Nakicenovic, Rahmstorf, Schlacke, Schmid, Schubert 2011; Deutscher Bundestag). Dies kann u. a. durch den Übergang zu erneuerbaren Energien und Effizienzsteigerungen erreicht werden, erfordert aber eine umfassende Umstrukturierung der Wirtschaft und der Energieinfrastruktur. Der Begriff der ökologisch/ökonomischen Transformation ist zudem geprägt durch die Integra-

tion der ökonomischen Managementperspektive bei der Transformation. So gilt es, realistische Zielsetzung unter Berücksichtigung von Geschäftszwecken und dem Marktbestehen eines Unternehmens zu forcieren. Das Drei-Säulen-Modell zeigt einen Zusammenhang aller drei Dimensionen auf und spricht sich gegen eine einseitige Betrachtung der ökologischen Dimension aus, da nur so ein geeigneter Management Ansatz entstehen könne (Nagel 2011). Gleichzeitig scheint jedoch auch eine simultane Betrachtung mit gleicher Gewichtung aller Dimensionen eine unlösbare Aufgabe zu sein. Auch wenn im Zuge der ökologischen Transformation zu allererst der Schwerpunkt a) bei der Nutzung regenerativer Energien im Sinne der Dekarbonisierung gesehen wird, so gibt es einige weitere Schwerpunktthemen, die für die Industrie wichtig sind: b) Zirkuläre Wertschöpfung im Sinne der Wiederverwertung von Ressourcen, c) Ressourcen-effizientere Produktionsprozesse (weniger Energieverbrauch), d) Ressourcen-effizientere Produkte (weniger Material oder ökologisch nachhaltiges Material), e) Nachhaltige Logistik bzw. Supply Chain im Sinne der Nutzung von ökologisch nachhaltigen Transportmitteln und Standortentscheidungen.

In der Bevölkerung wird grundsätzlich die Notwendigkeit für Anpassungen der Wirtschaft in Richtung Nachhaltigkeit geteilt (Schulz und Trappmann 2023). Unternehmen müssen diese Transformationen jedoch immer auch aus ökonomischer Sicht bewerten. Hinzu treten Sorgen von Beschäftigten bzgl. der Auswirkungen und Kosten der doppelten Transformation (Hammermann und Monsef 2023), die bis hin zur völligen Ablehnung ökologischer Anpassungen der Wirtschaft gehen können (Schaupp 2025). Forschungsergebnisse deuten auf ein vielfältiges Erleben des Wandels hin: Der doppelte Transformationsprozess folgt keinem linearen Schema der Einführung neuer Technologien und der Umsetzung ökologisch nachhaltiger Prozesse im Unternehmen, sondern kann auch die Organisation von Unternehmen und Wertschöpfungsketten grundlegend verändern. So etablieren beispielsweise Künstliche Intelligenz (KI) und Big-Data-Anwendungen neue Betreibermodelle, die digitale Industriepattformen umfassen (Dolata 2024).

3. Verschränkungen von Digitalisierung und Nachhaltigkeit

Die doppelte Transformation verläuft je nach Branche unterschiedlich, auch wenn ökologische Anpassungen oft mit dem Einsatz digitaler Technologien verbunden sind. Pfeiffer beschreibt die ökologische Transformation

der Automobilindustrie als einen Prozess, der mehrere zentrale Bereiche umfasst: die Entwicklung neuer Antriebstechnologien wie Batterie-, Wasserstoff- und Hybridantriebe, den Ausbau autonomer Fahrtechnologien innerhalb des Fahrzeugs, die Weiterentwicklung von Ladeinfrastrukturen sowie die Etablierung neuer Geschäftsmodelle und Dienstleistungen, etwa Mobilitätsdienste oder vernetzte Fahrzeuge (Pfeiffer 2023).

Generell lässt sich festhalten, dass nur durch beide Komponenten, d. h. durch das synergetische Zusammenspiel von Digitalisierung und Nachhaltigkeit, das maximale Potenzial für Unternehmen erreicht werden kann (Fraunhofer 2023). Dabei ist zu beachten, dass die Digitalisierung als Transformation auch ohne Nachhaltigkeit voranschreiten wird, während ökologische Nachhaltigkeit in Unternehmen ohne Digitalisierung nur schwer umsetzbar wäre, was ein Ungleichgewicht der doppelten Transformation bedeuten würde (Fouquet und Hippe 2022).

Dies führt zu der Hypothese, dass die Digitalisierung in Unternehmen eine Voraussetzung und damit ein wichtiger Enabler für ökologische Nachhaltigkeit ist. Wenn auch nicht im Detail formuliert, wurde dieser Zusammenhang bereits in früheren Publikationen zu Beginn der Diskussionen des Themas Industrie 4.0 aufgezeigt. Bereits Krückhans, Kreimeier und Kuhlenkötter 2015 und Krückhans 2016 zeigen, dass sich der Ressourcenverbrauch in Unternehmen durch die Nutzung zusätzlich generierter Daten und den Einsatz digitaler Simulationen optimieren lässt. Cyber-physische Systeme (CPS) tragen dabei zur Transparenz des Ressourcenverbrauchs bei und machen Verschwendung in den Ressourcenströmen sichtbar (Krückhans 2016).

Die Form, in der solche grundlegenden Veränderungen von Unternehmen und ihren Geschäftsbereichen umgesetzt werden können, wird jedoch sehr spezifisch in den Unternehmen selbst geprägt. Hier entscheidet sich, ob und inwieweit nachhaltige Praktiken in Bezug auf Ressourcenverbrauch, Produktentstehung, Logistik, Standort- und Arbeitssicherheit oder die Gestaltung von Arbeitsinhalten und -bedingungen etabliert werden.

In Anlehnung an Meier, Kreimeier, Velkova und Schröder (2019), die Transformationsfaktoren für die Gestaltung anpassungsfähiger Produktionen identifiziert haben, können diese auch für doppelte Transformationsprozesse ermittelt werden (Abb. 1). Dem folgend, können auch die Interaktionen zwischen den beiden Transformationsprozessen skizziert werden. Wie oben erläutert, kann davon ausgegangen werden, dass die Auslöser für die beiden Prozesse unterschiedlich gelagert sind: Während die Digitalisierung vielfach durch unternehmerische Faktoren ausgelöst wird, sind es vor

dem Hintergrund der Klimakrise vor allem gesellschaftspolitische Auslöser, die zur Definition des Ziels der ökologischen Nachhaltigkeit führen.

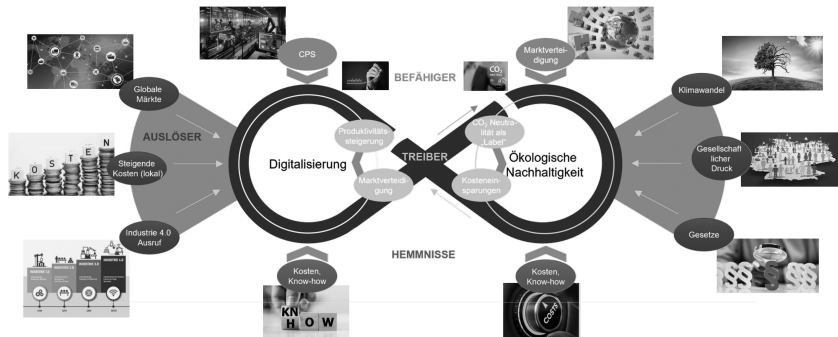


Abbildung 1: Transformationsfaktoren.

Zu den wichtigsten Enablern der Digitalisierung gehören cyber-physische Systeme (CPS). Ein Befähiger der Nachhaltigkeit ist jedoch die Digitalisierung selbst, da sie mehr als nur CPS umfasst, zu nennen sind hier Künstliche Intelligenz (KI), Geschäftsmodelle, Big Data und vieles mehr (Schmidt 2019). Zu den Treibern der Digitalisierung gehören, wie bei den Auslösern, vor allem unternehmerische Faktoren wie die Produktivitätssteigerung und damit auch der Faktor Marktposition, während gesellschaftspolitische Faktoren wie grüne Initiativen und in diesem Zuge entstandene CO-Neutralitäts-„Labels“ oder auch Verpflichtungen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung¹ als Treiber der ökologischen Nachhaltigkeit identifiziert werden können.

Doch nicht nur die bislang genannten ökonomischen Faktoren sind Treiber der Digitalisierung: Auch das Ziel der ökologischen Nachhaltigkeit kann hier verstärkend wirken, da für deren Umsetzung eine umfangreiche Erhebung und Verarbeitung von Daten erforderlich ist. Die größten Hürden der doppelten Transformation sind Kosten und fehlendes Know-how und damit die daraus resultierende fehlende Rentabilität derartiger Veränderungen. Besonders Unternehmen, denen bereits das erforderliche Wissen zur Umsetzung von Transformationsprozessen fehlt, stehen vor zusätzlichen Herausforderungen und benötigen methodische Unterstützung,

1 Als Beispiele kann hier Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) der EU genannt werden (Richtlinie EU 2022/2464).

um diesen Wandel erfolgreich zu bewältigen. Das gleichzeitige Auftreten digitaler und ökologischer Veränderungsprozesse stellt dabei eine außerordentliche Herausforderung dar, die nicht durch kleine Anpassungen bewältigt werden kann.

Im laufenden Prozess der Anpassung von Arbeit und Wirtschaft an veränderte Rahmenbedingungen wird die doppelte Transformation als besonders dringlicher und grundlegender Wandel beschrieben. Eine solche „Twin Transition“ wird auch politisch als wichtiger Hebel zum Erhalt der Wirtschaftskraft und des europäischen Wachstumsmodells gesehen (European Commission 2024). Die „Flughöhe“ solcher oder ähnlich formulierter Forderungen (Rat der Arbeitswelt 2023) ist oft hoch. Wie der digitale und ökologische Wandel vor Ort in den Unternehmen umgesetzt werden kann, ist jedoch oft noch unklar. Das liegt nicht zuletzt daran, dass für beide Seiten des Veränderungsprozesses unterschiedliche Definitionen und Begrifflichkeiten verwendet werden: Hinter dem Begriff Digitalisierung verbergen sich beispielsweise so unterschiedliche Technologien wie Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), cyber-physische Systeme (CPS), Künstliche Intelligenz (KI) etc. Im Hinblick auf den ökologischen Wandel werden unter anderem die nachhaltige Ressourcennutzung, der sozio-ökologische Wandel und die Dekarbonisierung thematisiert.

Die Forschung auf diesem Gebiet konnte inzwischen zeigen, dass die Einführung von Industrie 4.0-Elementen zwar weniger disruptiv ist als zunächst angenommen, aber dennoch in den Unternehmen angekommen ist. Ein Vergleich zeigt jedoch unterschiedliche Niveaus der Digitalisierung. So investieren beispielsweise große Unternehmen zuerst in diese Technologien, und die Verbreitung ist je nach Branche unterschiedlich (Haipeter 2019). Auch der Grad der Ausprägung ist nicht überall gleich, was die konsequent in der Weiterentwicklung befindlichen Technologien angeht. Während beispielsweise der Einsatz von Robotik in der Industrie bereits weitverbreitet ist (International Federation of Robotics 2024), wird bei der Nutzung von KI-Technologien noch das Gegenteil berichtet (Giering 2022). Doch auch wenn die Verbreitung einzelner Technologien von Branche zu Branche variiert, besteht mittlerweile ein breiter Konsens darüber, dass der digitale Wandel sowohl die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine als auch die Arbeitsorganisation bereits prägt (z. B. in Form von vermehrtem mobilem Arbeiten und Arbeiten von zu Hause aus, durch die Verbreitung von Plattformarbeit usw.) (Rat der Arbeitswelt 2023).

Für den Einsatz neuer Technologien müssen Unternehmen die Fähigkeit erlangen, Daten zu erfassen sowie sie im Wertschöpfungsnetz verfügbar

zu machen und zu analysieren, um letztlich Informationen zu erhalten, die eine Optimierung und Entscheidungsfindung ermöglichen (Schallmo 2019). In Bezug auf die ökologische Transformation und ihren Impact auf die Wertschöpfung gab es bereits 2023 von der Acatech eine ausführliche Studie (Acatech 2023). Laut dieser Marktanalyse ergeben sich durch die digitale Transformation neue Wertschöpfungspotenziale, insbesondere durch die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien. Dies betrifft vor allem den Maschinen- und Anlagenbau, wo ressourcenschonendere Produktionsmethoden und verbesserte Steuerungs- und Regelungssysteme eine zentrale Rolle spielen. Die Studie bietet vor allem szenario-basierte Wertschöpfungsanalysen und kommt für die Sektoren Produktion und Maschinen- und Anlagenbau zu folgenden Ergebnissen.

Der Sektor Produktion erzielte 2020 eine Wertschöpfung von 373,6 Milliarden € und hatte einen 3.431,4 Petajoule Energieverbrauch (höchster Verbrauch in Deutschland). Gleichzeitig beinhaltet dieser Sektor auch einen sehr hohen Rohstoffeinsatz und hohe Treibhausgasemissionen (22 % an der Gesamterzeugung Deutschland in 2020). Digitale Lösungen (durch Industrie 4.0) werden hier bereits eingesetzt und erzielen eine Effizienzsteigerung bei Energie- und Ressourceneinsparungen. Größtes Potenzial für die Nachhaltigkeit liegt aber noch in der Zirkularisierung von Geschäftsmodellen (Zirkuläre Wertschöpfung) und der Optimierung von Vorlieferketten. 10–30 % Einsparung von Energie- und Rohstoffverbrauch sowie Treibhausgasemissionen sind, wenn auch stark anwendungsabhängig, bereits durch „grüne“ Enterprise-Resource Planning (ERP)-Systeme, digitale Zwillinge, integrierte Maschinen- und Anlagensteuerung, additive Fertigung, virtuelles Produktdesign sowie datenbasierte Optimierung von Lagerhaltung und Logistik möglich. Lösungen im Bereich Smart Energy Supply und Management erlauben eine Verbesserung des Energieverbrauchs um bis zu 50 %. Innerhalb der Produktion tragen Datenplattformen zur Optimierung beispielsweise der Maschinenauslastung bei. Digitale Produktpässe ermöglichen beispielsweise im Batteriebereich die potenzielle Nachverfolgung und damit auch die Rückgewinnung der verwendeten Materialien. Im „Best Case 2030“ könnten durch mehr I4.0-Wertschöpfungsanteile (auf 384,8 Mrd. € von 216,6 Mrd. €) auch die Umweltkosten (im Vergleich zu 2019) um 13,1 Milliarden reduziert werden. Hemmnisse der Digitainability liegen in mangelnder Datenverfügbarkeit sowie der Schnittstellenheterogenität zwischen einzelnen Prozessen und Akteuren in der Wertschöpfungskette der Produktion.

Der Maschinen- und Anlagenbau gehört zu den am weitesten fortgeschrittenen Sektoren, was unter anderem auf die weitverbreitete Anwendung des Industrie-4.0-Paradigmas zurückzuführen ist. Dennoch bleibt der Energieverbrauch und Rohstoffeinsatz hier hoch. Die bereits genutzten digitalen Lösungen zur Steigerung ökologischer Nachhaltigkeit überschneiden sich hinsichtlich der relevanten Lösungsgruppen und Technologien stark mit dem Bereich der Produktion. Allerdings werden in diesem Sektor bislang kaum Lösungen mit Hebelwirkungen für die ökologische Nachhaltigkeit eingesetzt. Ähnlich wie in der Produktion steht hier die Reparatur- und Adaptionfähigkeit bisher nicht im Vordergrund und technologische Obsoleszenz wird aufgrund fehlender ökonomischer Anreize zur ökologischen Nachhaltigkeit in Kauf genommen. Durch die Integration von Produktpässen in die Wertschöpfungskette könnte der Sektor effektiv in eine Kreislaufwirtschaft integriert werden. Im Idealfall kann die Digitainability-Wertschöpfung in Elektrotechnik und Maschinenbau so bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu 2020 mehr als verdoppelt werden. Im „Best Case 2030“ könnten durch eine nachhaltige Wertschöpfung bzw. Erhöhung des Digitainability-Anteils auf 140,3 Milliarden € bei einer Energieeffizienzsteigerung jährlich um 5,9 % Umweltkosten in Höhe von 584 Millionen Euro vermieden werden.

Die so umrissenen Ergebnisse der Acatech-Studie (2023) zeigen somit, dass grundsätzlich Potenziale zur Einsparung von Umweltkosten vorhanden sind. Allerdings bleibt unberücksichtigt – oder geht nicht explizit hervor – welche Investitionen für die ökologische Transformation erforderlich sind. Unternehmen müssen diese Kosten im globalen Wettbewerb vor dem Hintergrund der aktuellen Wirtschaftskrise in Deutschland wirtschaftlich abwägen.

4. Hindernisse der doppelten Transformation

Ein durch die Autoren durchgeführtes Interview mit einem Vertreter eines Großunternehmens hatte das Ziel zu untersuchen, welche Einflüsse auf Nachhaltigkeitsprojekte eine Rolle für Unternehmen spielen. Das Unternehmen hatte ein Projekt zum Thema Wasserstoff gestartet: Hier wurde Wasserstoff als Treiber für ökologische Nachhaltigkeit erkannt, während Digitalisierung Regelungs- und Steuerungsprozesse optimierte. Zudem spielten digitale Lösungen wie Predictive Maintenance und After-Sales-Services eine Schlüsselrolle. Dieses Projekt wurde im Zuge einer entwickelten

Nachhaltigkeitsstrategie aufgesetzt. Die Motivation lag hier vor allem in der Demonstration von Unternehmensprodukten im Rahmen des Einsatzes von Wasserstofftechnologien. Gleichzeitig hat sich für das Unternehmen durch das Projekt auch ein neuer Geschäftsbereich eröffnet, den man nun etablieren möchte. Im Interview mit dem Unternehmensvertreter sind aber darüber hinaus verschiedene Aspekte sichtbar geworden, die wohl bei einer großen Anzahl von ökologischen Projekten in Unternehmen gelten: Die größten Hemmnisse für die ökologische Transformation in Unternehmen sind die Kosten und zu geringe bis nicht vorhersehbare ROI-Rechnungen. Auch im Beispielunternehmen wurde das Projekt durch die Geschäftsführung initiiert und getrieben. Der monetäre Kontext hat dabei keine Rolle gespielt und hätte sogar eher einen negativen Einfluss auf die Umsetzungsentscheidung gehabt. Ökologische Nachhaltigkeitsprojekte scheinen für Unternehmen besonders schwer umsetzbar zu sein, wenn sie keine direkten Einsparungen ermöglichen oder ausschließlich Kosten verursachen – insbesondere vor dem Hintergrund der aktuell angespannten wirtschaftlichen Lage in Deutschland. Weil das Projekt als Demonstrator nicht die gesamte Produktion des Unternehmens betraf, war darüber hinaus die Einbindung der Belegschaft bei der Entwicklung begrenzt, was Herausforderungen in der sozialpartnerschaftlichen Gestaltung offenbarte. Zudem rückten in dem hier betrachteten Unternehmen nach der öffentlichkeitswirksamen Vorstellung des Demonstrators im Jahresverlauf 2024 die akuten wirtschaftlichen Herausforderungen – einschließlich des Kostensenkungsdrucks – in den Fokus und brachten Herausforderungen und Einschnitte für die Belegschaft mit sich.

Auch in gemeinsamen Transferforschungsaktivitäten des Lehrstuhls für Produktionssysteme (LPS) und der Gemeinsamen Arbeitsstelle RUB/IGM (GAS) ist das Thema der Doppelten Transformation in den vergangenen Jahren immer wieder Thema gewesen. Dabei zeigte sich: Die doppelte Transformation stellt Unternehmen vor enorme Herausforderungen, die weit über technologische Anpassungen hinausgehen. Das Ziel der ökologischen Nachhaltigkeit ist ein politisch gesetztes Ziel, welches auf Nachhaltigkeits-Abwägungen basiert und weniger industriell/unternehmerisch getrieben ist. Kurzfristige Kosten- und Machbarkeitsfragen überlagern hier langfristige, ethisch-moralische Überlegungen.

Die Qualifikation und das Wissen der Belegschaft sind zentrale Ressourcen für die erfolgreiche Umsetzung von ökologischen Transformationsprojekten in Betrieben. Da Veränderungen nicht linear erfolgen, bedarf es flexibler Strategien. Politisch-regulative Vorgaben setzen den Rahmen, sind

jedoch nicht immer stabil und vorhersehbar. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Unternehmensführungen, Belegschaften und externen Sozialpartnern ist essenziell, wenn die Bewältigung der Herausforderungen möglichst positiv verlaufen soll.

Rückmeldungen aus Belegschaften und von Betriebsräten zeigten in diesem Zusammenhang, dass diese Nachhaltigkeitsprojekte oft als von politischen Rahmenbedingungen oder Managementvorgaben getrieben erleben, während Belegschafts- oder Betriebsratsinitiativen selten als Ausgangspunkt dienen. Nachhaltigkeitsmaßnahmen konzentrieren sich zudem oft auf Ressourceneffizienz und Kostenreduktion, etwa durch Energieeinsparung oder die Reduktion von Verpackungsmaterialien. Es bestehen somit Vorbehalte hinsichtlich der eigentlichen Ziele von Transformationsprozessen, insbesondere wenn diese mit Produktionsverlagerungen oder Personaleinsparungen verbunden sind. Vereinbarungen zwischen Arbeitgebern und Arbeitnehmenden, die Herausforderungen kompromissbereit mit der Erarbeitung von gemeinsamen Zukunftsperspektiven anzugehen, auch in Form von Vertraglichen Vereinbarungen wie der „Vereinbarung Zukunft Volkswagen“ oder den Zukunftstarifverträgen der IG Metall (siehe Einführung Wannöffel et al. in diesem Band) könnten sich als Mittel erwiesen, um neue Geschäftsfelder zu erschließen, technologische Veränderungen umzusetzen und Akzeptanz für Transformationsmaßnahmen zu schaffen.

5. Fazit und Zusammenfassung

Der gesellschaftliche Druck zur Umsetzung der ökologischen Transformation hat sich seit 2019 deutlich reduziert. Politische Vorgaben haben immer noch Bestand, diese befinden sich aber derzeit aufgrund der andauernden Wirtschaftskrise in der Diskussion und werden zukünftig wohl abgeschwächt – obwohl die ökologischen Herausforderungen bestehen bleiben. Ökologische Transformation ist derzeit nur eingeschränkt betriebswirtschaftlich rentabel und erfordert weitere Entwicklungen: Offene Fragen für zukünftige Forschung und Praxis betreffen die wirtschaftliche Tragfähigkeit bestehender technologischer Lösungen, die konkreten Auswirkungen der doppelten Transformation auf Beschäftigte und die Sicherung von Marktpositionen im Spannungsfeld zwischen ökologischer und digitaler Transformation. Dies verdeutlicht, dass die doppelte Transformation ein komplexer Prozess ist, der sowohl inkrementelle als auch disruptive Anpassungen erfordert. Sie kann, wenn erfolgreich umgesetzt, ein Wettbewerbsvorteil

für Unternehmen sein, erfordert aber ein strategisches, sozialpartnerschaftliches Vorgehen.

Dies geht möglicherweise auch mit Belastungen von Belegschaften einher, erforderlich werden können z. B. höhere Flexibilität, um Energiekosten zu senken und die Intensivierung der Produktion zu Zeitpunkten, wenn Strompreise möglichst günstig sind. Durch die Wirtschaftskrise und Investitionen in die ökologische Transformation stehen Sozialpartner vor der Herausforderung einer Regulierung eines Minus-Wachstums. Die doppelte Transformation nimmt keinen linearen Verlauf und ist mal mehr und mal weniger gesellschaftlich und politisch getrieben. Daher ist die Umsetzung extrem herausfordernd für die Unternehmen. Die doppelte Transformation stellt somit für die Unternehmen weiterhin ein großes Spannungsfeld zwischen den Dimensionen Technik, Organisation und Personal (TOP) dar. Viele Ansätze der Unternehmensunterstützung sind oft auf sehr spezifische Bereiche der doppelten Transformation ausgerichtet. Es gibt keine umfassenden Methoden, die versuchen, den Unternehmen eine ganzheitliche Anleitung für die Bewältigung dieses wichtigen Veränderungsprozesses zu geben. Die notwendigen Veränderungen und Kernelemente der doppelten Transformation lassen sich sicherlich auf der Makroebene formulieren. Versucht man jedoch, alle notwendigen Veränderungspotenziale auf die Meso- und Mikroebene der Unternehmen herunterzubrechen, so muss dies derzeit als zukünftiges Forschungsziel definiert werden.

Literatur

- Acatech Studie (2023): Digitainability – Digitale Schlüsseltechnologien für ökologisch nachhaltiges Wirtschaften: Marktpotenziale und strategische Implikationen. <https://www.acatech.de/publikation/digitainability-digitale-schluesseeltechnologien-fuer-oekologisch-nachhaltiges-wirtschaften-marktpotenziale-und-strategische-implikationen>
- BMWK (2021). Im Trend: Photovoltaikanlagen in privater Hand. https://www.bmwk-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2021/11/Meldung/direkt-erfasst_infografik.html [abgerufen am 27.02.2025].
- Bowersox, D., Closs, D. & Drayer, R. (2005). The Digital Transformation: Technology and Beyond. In: Supply Chain Management Review, 9(1), 22–29.
- Deutscher Bundestag: Schlussbericht der Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft“. Drucksache 17/13300. URL: <https://dser.ver.bundestag.de/btd/17/133/1713300.pdf>, [abgerufen am 07.02.2024].
- Dolata, U. (2024). Industrieplattformen: Eine neue Form der Handlungskoordination in der Wirtschaft. *SOI Discussion Paper*, 2024–01.

- European Commission: Towards a Green, Digital and Resilient Economy: Our European Growth Model [Pressemitteilung, 02. März 2022]. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_22_1467/IP_22_1467_EN.pdf, [abgerufen am 07.02.2024].
- Fouquet, R. & Hippe, R. (2022). Twin Transitions of Decarbonisation and Digitalisation: A Historical Perspective on Energy and Information in European Economies. *Energy Research & Social Science*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102736>.
- Fraunhofer FIT (2023): Studie – Digital und nachhaltig die Zukunft sichern: Wie Unternehmen die Twin Transformation als Vorreiter meistern können. URL: www.fit.fraunhofer.de/content/dam/fit/wirtschaftsinformatik/dokumente/ey-studie-digital-und-nachhaltig-die-zukunft-sichern-februar-2023.pdf, [abgerufen am 07.02.2024].
- Giering, O. (2022). Künstliche Intelligenz und Arbeit: Betrachtungen zwischen Prognose und betrieblicher Realität. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 76(1), 50–64. <https://doi.org/10.1007/s41449-021-00289-0>
- Haipeter, T. (2019). Interessenvertretung in der Industrie 4.0: Das gewerkschaftliche Projekt Arbeit 2020. Baden-Baden: Nomos. <https://doi.org/10.5771/9783845295770>
- Hofmann J, Laurenzano A, Kleinewefers C, Ricci C (2023) Doppelte Transformation. Metastudie über den state-of-the-art. Gütersloh: Bertelsmann-Stiftung.
- International Federation of Robotics: Roboter-Installationen: Deutsche Industrie weltweit auf Rang drei [Pressemitteilung, 10. Januar 2024]. URL: https://ifr.org/downloads/press2018/DE-2024-JAN-10-IFR_Pressemeldung_Roboterdichte.pdf, [abgerufen am 27.02.2025].
- Krückhans, B., Kreimeier, D., Kuhlenkötter, B. (2015). Networks to Increase Resource Efficiency-Use of Simulation Technology in CPPS | Kommunikationsverbund zur Steigerung der Ressourceneffizienz: Einsatz der Simulationstechnik im CPPS. *ZWF Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 110(7–8), 421–424.
- Krückhans, B. (2016). Methodik zur Erhöhung der Ressourceneffizienz in Cyber-Physischen Produktionssystemen (CPPS). Dissertation. Düren: Shaker Verlag.
- Mazzone, D. (2014). *Digital or Death: Digital Transformation – The Only Choice for Business to Survive, Smash, and Conquer*. Mississauga: Smashbox Consulting Inc.
- Meier, H., Kreimeier, D., Velkova, J. & Schröder, S. (2012). Gestaltung wandlungsfähiger Produktionssysteme ganzheitliche Identifikation und Analyse wandlungsbeeinflussender Faktoren. *Industrie-Management*, 28(2), 55–58.
- Nagel, A. (2011). Logistik im Kontext der Nachhaltigkeit. Ökologische Nachhaltigkeit als Zielgröße bei der Gestaltung logistischer Netzwerke. *Schriftenreihe Logistik der Technischen Universität Berlin*, Band 18. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin.
- Pfeiffer, S. (2023). Die doppelte Transformation in der Automobilindustrie. *WSI-Mitteilungen*, 76(4), 296–304. <https://doi.org/10.5771/0342-300X-2023-4-296>.
- Rat der Arbeitswelt (2023). *Arbeitsweltbericht, Transformation in bewegten Zeiten: Nachhaltige Arbeit als wichtigste Ressource*. Berlin: Rat der Arbeitswelt.
- Schallmo, D. (2019). *Jetzt Digital Transformieren: So Gelingt Die Erfolgreiche Digitale Transformation Ihres Geschäftsmodells* (2. Aufl.). Wiesbaden: Springer Gabler.

- Schellnhuber, H. J., Messner, D., Leggewie, C., Leinfelder, R., Nakicenovic, N., Rahmstorf, S., Schlacke, S., Schmid, J. & Schubert, R. (2011). *Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine große Transformation*. Hauptgutachten. Berlin: WBGU. URL: https://issuu.com/wbgu/docs/wbgu_jg2011?fr=sMzhLOTM1OTc5NDI [abgerufen am 27.02.2025].
- Schmidt, H. (2019). *Digitale Transformation zur „Wirtschaft 4.0“*. URL: <http://www.netz-oekonom.de/digitale-transformation/>, [abgerufen am 07.02.2024].
- Schulz, F. & Trappmann, V. (2023). *Erwartungen von Beschäftigten an die sozial-ökologische Transformation: Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage zu Klimawandel und Arbeitswelt*. Working Paper Forschungsförderung Nr. 308.
- Westerman, G., Calm jane, C., Bonnet, D., Ferraris, P. & McAfee, A. (2011). *Digital Transformation: A Road-Map for Billion-Dollar Organizations*. Cambridge: MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting. https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/Digital_Transformation__A_Road-Map_for_Billion-Dollar_Organizations.pdf

