

Der Faktor 10

Was geschieht, wenn Konstruktion, Entwicklung und Software überall fast nichts mehr kosten

factsoft AG, München — Martin Richter — 10. August 2026

Dieses Papier will nicht vorhersagen, ob das folgende Szenario eintritt. Es untersucht ausschließlich, welche wirtschaftlichen und rechtlichen Folgen sich ergäben, falls es einträte.

Wenn eine Leistung plötzlich überall auf der Welt zehnmal schneller erbracht werden kann, kann kein Anbieter diesen Vorteil lange für sich behalten. Der Wettbewerb zwingt ihn, einen erheblichen Teil davon über niedrigere Preise an seine Kunden weiterzugeben. Für die Kunden ist das eine gute Nachricht. Für ein Land, das sein Geld genau mit dieser Leistung verdient, ist es keine.

Deutschland verdient sein Geld zu einem erheblichen Teil damit, komplexe Technik zu entwerfen. Der Wettbewerbsvorsprung des industriellen Mittelstands beruhte nur zum Teil auf Patenten. Ebenso bedeutsam waren ökonomische Markteintrittsbarrieren: In vielen spezialisierten Nischen standen hohen irreversiblen Entwicklungs- und Markteintrittskosten nur begrenzte Marktvolumina gegenüber, sodass sich der Aufbau eines konkurrierenden Produkts wirtschaftlich häufig nicht rechnete. Wer eintreten wollte, brauchte Jahre, erfahrene Konstrukteure, Referenzen und ein Servicenetz. Sinkt der Entwicklungsaufwand drastisch, fällt zwar nicht die gesamte Eintrittsbarriere — aber ein bislang besonders bedeutender Bestandteil.

Verdient wird dann eher dort, wo etwas knapp bleibt: bei Fertigungskapazität, Energie, Daten, Marken, Kundenbeziehungen und Servicenetzen. Auch das ist für Deutschland keine gute Nachricht, denn diese Stärken lassen sich schlechter exportieren als ein guter Entwurf.

Hinzu kommt ein zweiter, zeitversetzter Effekt. Wird Software billiger, wird es wirtschaftlich, den großen Rückstau an nicht digitalisierten Abläufen in Verwaltung, Handel und Finanzdienstleistung endlich abzuarbeiten. Was in der Softwarebranche wie eine Entlastung aussieht — mehr Aufträge, stabile Beschäftigung —, ist in Wahrheit der Weg, auf dem der Produktivitätsschub in alle übrigen Bürotätigkeiten weitergereicht wird. Diese zweite Welle setzt später ein, verläuft langsamer und betrifft deutlich mehr Menschen als die erste.

Aus der Technik selbst, über die bald jeder verfügt, lässt sich in dieser Lage kaum ein dauerhafter Ertrag ziehen — wohl aber aus dem zeitlichen Vorsprung bei ihrer Einführung. Und gerade diese Zeit verbraucht Deutschland überdurchschnittlich: durch Mitbestimmungsverfahren bei jedem einzelnen Werkzeug, durch eine nach der neueren Rechtsprechung deutlich einzelfallabhängigere Rechtsgrundlage für die Verarbeitung von Beschäftigendaten, durch fehlende gesetzliche Grundlagen für automatisierte Verwaltungsverfahren und durch eine Freigabekultur, die Sicherheit vor Geschwindigkeit stellt. Das meiste davon ist institutionell bedingt und national verursacht — und damit auch änderbar.

Was Sie in diesem Text finden

Er unterstellt ein einziges Szenario und arbeitet aus, was daraus folgt, ohne das Szenario selbst begründen zu wollen. Er ordnet es in die vorhandene Forschung zu Vorleistungsverflechtung und zur Verbreitung von Basistechnologien ein. Er beziffert, wie viele Erwerbstätige betroffen wären — ausdrücklich als Belastungsrechnung und nicht als Prognose. Er untersucht, was ein solcher Wandel für eine Sozialversicherung bedeutet, deren Gesamtsozialversicherungsbeitrag schon ohne

jede Annahme über künstliche Intelligenz auf knapp fünfzig Prozent zuläuft. Er beschreibt den Anwendungsfall mit dem geringsten Verdrängungskonflikt: die Entlastung von Pflege, Medizin und Bildung von Dokumentationsarbeit. Und er sagt zu Beginn ausdrücklich, was er nicht behauptet. Und er nennt am Schluss die Einwände, die das ganze Szenario widerlegen würden.

Worum es geht

Angenommen, die Produktivität in Konstruktion, Entwicklung und Softwareerstellung steigt innerhalb von zehn Jahren um den Faktor zehn — weltweit und im Wesentlichen gleichzeitig. Was folgt daraus für ein Land, dessen Wohlstand auf industrieller Entwicklungstiefe beruht und dessen Sozialstaat fast vollständig aus Arbeitseinkommen finanziert wird?

Der erste Schritt der Antwort wird in der öffentlichen Debatte meist übersprungen, obwohl er alles Weitere bestimmt. Verfügen alle Anbieter über dieselbe Technik, lässt sich der Vorsprung kaum dauerhaft als Gewinnaufschlag halten. Je stärker der Wettbewerb, desto größer der Anteil, der über sinkende Preise bei den Abnehmern landet. Vollständig geschieht das allerdings nur unter idealisierten Bedingungen; Marktmacht, Marken und Wechselkosten können erhebliche Teile beim Anbieter belassen. Entscheidend ist etwas anderes: Die Erträge verschwinden nicht, sie verlagern sich — weg von der Planungsleistung, die ihre Knappheit verliert, hin zu den Faktoren, die knapp bleiben.

Für Deutschland folgen daraus zwei getrennte Probleme. Das erste betrifft den industriellen Kern, und es ist ein anderes, als man zunächst vermutet: Die Kostenwettbewerbsfähigkeit leidet nicht — der Schock senkt die deutschen Kosten sogar überdurchschnittlich, weil der Entwicklungsanteil hierzulande höher liegt als bei Wettbewerbern mit niedrigeren Ingenieurlöhnen. Was verloren geht, ist ein Knappheitsvorteil und mit ihm ein wesentlicher Bestandteil der Markteintrittsbarriere, von der der Mittelstand lebt. Das zweite Problem ist die beschriebene Kaskade in die Bürotätigkeiten.

Diese Probleme lassen sich mit den üblichen Vorschlägen kaum lösen. Instrumente wie eine Robotersteuer oder eine Abgabe auf die Nutzung solcher Systeme sind nicht gegenstandslos, aber sie zielen auf die falsche Stelle: Sie belasten die Technik, deren Ertrag der Wettbewerb ohnehin abschmilzt, und lassen jene Faktoren unberührt, bei denen künftig verdient wird. Andere Ansätze — breite Kapitalbeteiligung, internationale Steuerkoordination — werfen eigene Fragen auf, die dieser Text nicht abschließend beurteilt; gemeinsam ist ihnen ein Vorlauf, der deutlich über den hier unterstellten Anpassungszeitraum hinausreicht. Der Text beschränkt sich deshalb auf Maßnahmen, die unmittelbar entweder die Adoptionsgeschwindigkeit oder die Finanzierung des Sozialstaats betreffen. Diese Liste ist kurz — und sie beginnt nicht bei der Technologieförderung, sondern beim Arbeits-, Verwaltungs- und Sozialrecht.

Die Annahme

Diese Untersuchung prüft die Folgen einer einzigen Annahme, ohne sie zu begründen. Sie lautet: In den planenden technischen Berufen und in der Softwareentwicklung steigt die Arbeitsproduktivität innerhalb von zehn Jahren um den Faktor zehn. Betroffen sind Softwareentwicklung einschließlich Test und Qualitätssicherung, Konstruktion, Entwicklung, Simulation und Auslegung, Systemarchitektur, technische Dokumentation und technisches Projektmanagement. Der Sprung vollzieht sich weltweit und im Wesentlichen gleichzeitig, nicht als deutscher oder europäischer Sondervorteil.

Zwei Eigenschaften dieser Annahme tragen die gesamte Argumentation. Die erste ist, dass es sich um Vorleistungen handelt und nicht um Endprodukte. Konstruktion, Auslegung und Software werden nicht konsumiert, sondern gehen als Input in andere Produktion ein, und zwar in nahezu jede. Ein Produktivitätssprung an dieser Stelle bleibt deshalb nicht dort, wo er entsteht. Die zweite Eigenschaft ist die Gleichzeitigkeit. Vollziehen alle Anbieter weltweit denselben Sprung, entsteht daraus kein dauerhafter technologischer Vorsprung, den ein einzelnes Land für sich behalten könnte.

Daraus folgt allerdings nicht, dass die komparativen Positionen unberührt blieben — im Gegenteil. Ein identischer technologischer Schock wirkt auf Volkswirtschaften unterschiedlich, sobald sich die Kostenanteile unterscheiden. Das lässt sich an einem rein rechnerischen Beispiel zeigen, dessen Werte frei gewählt sind: Trägt die Konstruktion bei einem Hersteller ein Viertel zu den Kosten bei und bei einem anderen ein Zehntel, so senkt derselbe prozentuale Rückgang die Kosten des ersten Herstellers stärker. Ob der Entwicklungsanteil bei deutschen Herstellern tatsächlich höher liegt als bei Wettbewerbern mit niedrigeren Ingenieurlöhnen, ist eine empirische Frage, die hier nicht entschieden wird; das Argument benötigt allein, dass die Anteile überhaupt auseinanderfallen. Deutschland verliert in diesem Szenario jedenfalls nicht in erster Linie an Kostenwettbewerbsfähigkeit. Es verliert einen Teil seines bisherigen **Knappheitsvorteils**: Hochqualifizierte technische Planungsleistung, bislang ein knappes und ungleich verteiltes Gut, wird weltweit wesentlich leichter verfügbar. Damit fällt vor allem eine Markteintrittsbarriere, und das ist etwas anderes als ein Kostennachteil. Beides wird in der Debatte regelmäßig vermengt; die vorliegende Untersuchung hält es auseinander.

Was diese Analyse nicht behauptet

Fünf Klarstellungen vorab, weil die folgenden Überlegungen sonst leicht schärfer gelesen werden, als sie gemeint sind.

Der Faktor zehn ist eine Szenarioannahme und keine Prognose; er wird hier gesetzt, nicht begründet. Die angenommene technische Produktivität einzelner Tätigkeiten ist nicht dasselbe wie die volkswirtschaftlich gemessene Arbeitsproduktivität, und beide dürfen nicht gleichgesetzt werden. Die Zahl der exponierten Erwerbstätigen ist keine Zahl wegfallender Arbeitsplätze, sondern die Grundlage einer Belastungsrechnung. Dass eine Technologie weltweit verfügbar ist, bedeutet nicht, dass sie überall gleich schnell und gleich wirksam eingeführt wird — genau in dieser Differenz liegt der Kern der späteren Argumentation. Und die Weitergabe des Produktivitätsgewinns über sinkende Preise erfolgt nicht vollständig, sondern nur in dem Maße, in dem Wettbewerb herrscht; Marktmacht, Marken, Wechselkosten und knappe komplementäre Faktoren belassen erhebliche Teile beim Anbieter.

Die Argumentationskette im Überblick

Die Untersuchung folgt einer Kette von acht Schritten. Jeder spätere Abschnitt prüft eines dieser Kettenglieder; wer die Kette kennt, kann jeden Abschnitt einzeln beurteilen.

Erstens: Der Produktivitätssprung tritt weltweit im Wesentlichen gleichzeitig ein. Zweitens: Damit verliert die technische Planungsleistung ihre Knappheit. Drittens: Soweit Wettbewerb herrscht, sinken deshalb ihre Preise, statt dass die Erträge bei den Anbietern verbleiben. Viertens: Die Erträge verschwinden nicht, sondern verlagern sich auf jene komplementären Faktoren, die knapp bleiben — Fertigungskapazität, Energie, Daten, Marken, Kundenbeziehungen, Boden. Fünftens: Für Deutschland bedeutet das, dass die hohe Dichte technischer Entwicklungsleistung einen Teil ihres relativen Werts verliert, und mit ihr ein bedeutender Bestandteil der Markteintrittsbarriere des industriellen Mittelstands. Sechstens: Weil zugleich Software billiger wird, beschleunigt sich die Automatisierung nachgelagerter Verwaltungs- und Dienstleistungsarbeit; die Softwarebranche wirkt dabei als Übertragungsweg und nicht als Senke. Siebtens: Daraus gerät die lohnbezogene Beitragsbasis unter Druck, auf der die deutsche Sozialversicherung nahezu vollständig beruht. Achtens: Weil sich aus der Technologie selbst kaum ein dauerhafter Ertrag ziehen lässt, gewinnt der zeitweilige Adoptionsvorsprung an relativem Gewicht — und damit die institutionelle Geschwindigkeit eines Landes.

Einordnung in die Forschung

Die hier entwickelte Argumentation ist keine neue Theorie, sondern die Zusammenführung von vier etablierten Literatursträngen auf einen bislang nicht in dieser Kombination betrachteten Fall.

Es ist zweckmäßig, diese Bezüge offenzulegen, weil daraus zugleich hervorgeht, worin der eigene Beitrag besteht und worin nicht.

Erstens die Literatur zu Produktionsnetzwerken und Vorleistungsverflechtung. Charles Hulten hat 1978 gezeigt, dass eine marginale sektorale Produktivitätsänderung in erster Ordnung mit dem Domar-Gewicht des betreffenden Sektors in die gesamtwirtschaftliche Produktivität eingeht — also mit seinem Bruttooutput im Verhältnis zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung —, und zwar unabhängig von der Struktur des Vorleistungsnetzes¹. Auf diesem Theorem beruhen die vorliegenden Schätzungen zur gesamtwirtschaftlichen Wirkung künstlicher Intelligenz, insbesondere die von Daron Acemoglu². Entscheidend für die vorliegende Untersuchung ist jedoch, dass es sich um eine Approximation erster Ordnung für marginale Änderungen handelt. David Baqaee und Emmanuel Farhi haben 2019 gezeigt, dass diese lineare Näherung bei größeren Schocks an Aussagekraft verlieren kann und Terme höherer Ordnung relevant werden; maßgeblich sind dann Substitutionselastizitäten, Komplementaritäten, Skalenerträge, Reallokation und Abweichungen vom vollkommenen Wettbewerb³. Ein Faktor von zehn dürfte weit außerhalb des Bereichs liegen, für den eine Approximation erster Ordnung entwickelt wurde; die vorliegende Untersuchung behandelt ihn deshalb nicht mehr als marginale Änderung. Das ist eine eigene Einordnung und keine Aussage der zitierten Arbeit. Die Arbeiten von Acemoglu, Carvalho, Ozdaglar und Tahbaz-Salehi zur Ausbreitung sektoraler Schocks im Input-Output-Netzwerk liefern den formalen Rahmen für die hier beschriebene Weitergabe⁴.

Zweitens die Literatur zu Engpässen und schwachen Gliedern. William Baumol hat beschrieben, dass Sektoren ohne Produktivitätsfortschritt relativ immer teurer werden und einen wachsenden Anteil der Wirtschaft einnehmen⁵. Charles I. Jones hat 2011 mit dem Konzept der schwachen Glieder gezeigt, dass in einer stark verflochtenen Produktionsstruktur das Ergebnis durch den am wenigsten verbesserten Input begrenzt wird, weshalb Multiplikatoren über Vorleistungen erheblich sein können, aber eben nur bis zum nächsten Engpass⁶. Philippe Aghion, Benjamin Jones und Charles Jones haben 2019 diesen Gedanken auf künstliche Intelligenz angewandt und gezeigt, dass in Modellen mit begrenzt substituierbaren Aufgaben das Wachstum durch die schwer automatisierbaren Bereiche begrenzt wird⁷. Als zugespitzte Schlussfolgerung aus dieser Literatur lässt sich formulieren: Nicht das Automatisierbare bestimmt das Wachstum, sondern das Nichtautomatisierbare. Diese Formulierung stammt vom Verfasser und geht über die Aussagen der zitierten Arbeit hinaus. Die in dieser Untersuchung beschriebene Verlagerung der Knappheit ist die praktische Konsequenz dieses Befundes.

Drittens die Literatur zu Basistechnologien und ihrer Diffusion. Timothy Bresnahan und Manuel Trajtenberg haben 1995 den Begriff der General Purpose Technology geprägt und herausgearbeitet, dass solche Technologien ihre Wirkung erst über Komplementaritäten in den anwendenden Sektoren entfalten⁸. Paul David hat 1990 am Beispiel des Elektromotors gezeigt, dass zwischen Verfügbarkeit und messbarer Produktivitätswirkung eine erhebliche Verzögerung liegt und dass diese nicht technisch, sondern organisatorisch bedingt ist⁹. Erik Brynjolfsson, Daniel Rock und Chad Syverson haben 2021 mit der Produktivitäts-J-Kurve dargelegt, dass gemessene Produktivität während der Aufbauphase sogar sinken kann, weil immaterielle Investitionen als laufender Aufwand verbucht werden¹⁰. Dieser Befund ist für die vorliegende Untersuchung in doppelter Hinsicht einschlägig: für die Frage der Geschwindigkeit und für das weiter unten behandelte Messproblem in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen.

Viertens die aufgabenbasierte Automatisierungsliteratur. Daron Acemoglu und Pascual Restrepo haben den Rahmen entwickelt, in dem Verdrängungs- und Wiedereinsetzungseffekte gegeneinander abgewogen werden und in dem die Richtung des technischen Fortschritts selbst als von Anreizen abhängige Größe erscheint¹¹.

Der eigenständige Beitrag dieser Untersuchung liegt in der Zusammenführung mehrerer bislang getrennt behandelter Literaturstränge auf das hier untersuchte Szenario. Neue Theorie wird nicht vorgelegt; die Leistung besteht in der Synthese und ihrer Anwendung. Betrachtet wird ein weltweit gleichzeitiger Produktivitätsschock bei planenden technischen Vorleistungen, der drei Eigenschaften zugleich aufweist, die in der Literatur bisher getrennt behandelt werden. Er ist erstens groß genug, dass die Approximation erster Ordnung nicht mehr trägt^{1, 3}. Er ist zweitens rekursiv, weil die im betroffenen Sektor freigesetzte Kapazität selbst der Input für die

Automatisierung der nachgelagerten Sektoren ist. Und er ist drittens global synchron, weshalb der unmittelbar aus der verbilligten Planungsleistung entstehende Rentenanteil unter Wettbewerbsbedingungen weitgehend abgeschmolzen wird und sich Renten auf die verbleibenden Engpassfaktoren verlagern. Aus der dritten Eigenschaft folgt zugleich eine Verschiebung der verteilungspolitisch entscheidenden Frage: Neben die klassische Auseinandersetzung zwischen Kapital und Arbeit tritt eine Asymmetrie zwischen breit gestreuten Gewinnen und eng konzentrierten Verlusten. Hinzu tritt als institutionelle Dimension, dass sich von der neuen Technologie selbst bei global gleichzeitiger Verfügbarkeit vor allem ein temporärer Adoptionsvorsprung monetarisieren lässt, was die regulatorische und arbeitsverfassungsrechtliche Ausgangslage eines Landes zu einem wirtschaftlich erstrangigen Faktor macht.

Die einschlägigen quantitativen Referenzrechnungen — Acemoglus Schätzung eines Zuwachses der totalen Faktorproduktivität von höchstens etwa 0,7 Prozent über zehn Jahre², die Szenariorechnung des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung mit einem zusätzlichen Wachstumsbeitrag von 0,8 Prozentpunkten jährlich¹² sowie die deutlich optimistischeren Marktschätzungen — unterstellen sämtlich, dass ein Produktivitätsgewinn sich in Wertschöpfungswachstum übersetzt. Genau das ist hier die offene Frage, und die Antwort fällt über weite Strecken negativ aus.

Der Mechanismus

Der erste Schritt der Kausalkette wird in der öffentlichen Debatte fast immer übersprungen, obwohl er alles Weitere bestimmt. Wenn sämtliche Anbieter denselben Produktivitätssprung vollziehen, lässt sich der technologische Vorsprung nicht dauerhaft als Marge halten. Je intensiver der Wettbewerb, desto größer ist der Anteil, der über sinkende Preise an die Abnehmer weitergegeben wird. Vollständig geschieht das allerdings nur unter idealisierten Bedingungen. Marktmacht, Produktdifferenzierung, Wechselkosten, Marken und begrenzter Markteintritt können erhebliche Teile des Gewinns beim Anbieter belassen; Baqaee und Farhi weisen ausdrücklich darauf hin, dass Abweichungen vom vollkommenen Wettbewerb für die Aggregation großer Schocks bedeutsam werden³.

Die vorliegende Untersuchung leitet daraus ab, dass nicht die Renten als solche verschwinden, sondern dass sie ihren Ort wechseln. Was verschwindet, ist die Knappheit der Konstruktionsleistung selbst. Was bleibt und relativ aufgewertet wird, sind die komplementären Faktoren, die weiterhin knapp sind: Fertigungskapazität, Energie, Kapital, Daten, Marken, Vertriebs- und Servicenetze, Kundenbeziehungen und Boden. Wer über diese verfügt, kann einen erheblichen Teil des Produktivitätsgewinns abschöpfen.

Aus den zuvor dargestellten Befunden folgt eine präzisere Kritik der geläufigen Instrumente. Robotersteuer, Tokenabgabe und Wertschöpfungsabgabe sind nicht gegenstandslos, aber sie zielen — soweit intensiver Wettbewerb den Produktivitätsgewinn weitgehend an die Nachfrager weitergibt — auf die falsche Stelle: Sie belasten jene Technologie, deren Ertrag dann ohnehin abschmilzt, und lassen die Faktoren unberührt, bei denen die Rente stattdessen anfällt. Bestehen dagegen dauerhafte Marktmacht oder Plattformrenten, kann sich die Beurteilung ändern. Ein Instrument, das in diesem Szenario greifen soll, müsste an den verbleibenden Engpassfaktoren ansetzen und nicht an der Technik.

Der zweite Schritt folgt daraus. Wenn ein Kostenbestandteil um neunzig Prozent fällt, während die übrigen bleiben, bestehen die Gesamtkosten anschließend fast vollständig aus den übrigen. Was nicht schneller wird, wird zum bestimmenden Kostenblock und zum bindenden Engpass^{5, 6}. Daraus ergibt sich als Arbeitshypothese die folgende Beurteilungsregel: Ob ein Produktivitätsgewinn überhaupt realen Output erzeugt, hängt nicht von seiner Größe ab, sondern davon, ob der nachgelagerte Engpass gelöst wird. Bleibt dieser bestehen, entstehen billigere Vorleistungen und freigesetzte Fachkräfte, während der zusätzliche Output durch den nachgelagerten Engpass begrenzt bleibt — möglich sind dann noch Qualitätsverbesserungen, zusätzliche Varianten und kürzere Lieferzeiten, nicht aber eine Mengenausweitung in der Größenordnung des Produktivitätsgewinns.

Der dritte Schritt ergibt sich aus dem Charakter der betroffenen Leistungen als Vorleistung. Weil der verbilligte Input überall verwendet wird, endet der Prozess nicht im Ursprungssektor. Er beginnt dort⁴.

Ein vierter Punkt betrifft die internationale Wirkung. Dass die Technologie überall gleichzeitig verfügbar ist, bedeutet nicht, dass komparative Vorteile unberührt bleiben — im Gegenteil. Läge der Kostenanteil der Konstruktion bei deutschen Herstellern höher als bei Wettbewerbern mit niedrigeren Entwicklungslöhnen — was hier offenbleibt —, senkte derselbe Schock die deutschen Kosten sogar stärker. Deutschland verliert in diesem Szenario also nicht primär Kostenwettbewerbsfähigkeit. Es verliert einen Knappheitsvorteil: die bislang seltene Verfügbarkeit hochqualifizierter technischer Planungsleistung — und mit ihr einen wesentlichen Bestandteil der Markteintrittsbarriere. Beides wird häufig vermengt und ist streng zu trennen.

Die erste Welle: der industrielle Kern

Warum Industrie anderen Regeln folgt als Dienstleistung

Für ein Ingenieurbüro ist Planung ein verkaufte Produkt; fällt ihr Preis, fällt unmittelbar der Umsatz. Im Maschinenbau, im Fahrzeugbau, in der Elektrotechnik und in der Medizintechnik ist Entwicklung dagegen eine Fixkostenposition, die über Stückzahlen amortisiert wird. Diese Unterscheidung ist nicht bloß buchhalterischer Natur: Hohe Entwicklungsfixkosten erhöhen insbesondere die Absatzschwelle, ab der sich Entwicklung und Markteintritt wirtschaftlich rechnen.

Die Größenordnung des in Deutschland betroffenen Bestands ist beträchtlich. Nach dem Bundesbericht Forschung und Innovation 2026 waren im Berichtsjahr 2024 rund 840.100 Personen in Vollzeitäquivalenten in Forschung und Entwicklung tätig, bei Gesamtausgaben von 137,1 Milliarden Euro¹³. Für die Risikobeurteilung wesentlich ist die Konzentration: Auf die Automobilhersteller entfielen 33,9 Prozent der internen Forschungs- und Entwicklungsausgaben der Wirtschaft¹³. Ein Drittel der gesamten Unternehmensforschung des Landes hängt damit an einer einzigen Branche, die unabhängig von künstlicher Intelligenz bereits erheblich unter Druck steht. Im Maschinenbau sind nach amtlicher Statistik rund 1,04 Millionen Menschen beschäftigt¹⁴; einschließlich der kleineren Betriebe weist der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau über 1,2 Millionen aus¹⁵.

Woran der Schutz des Mittelstands typischerweise hing

Die verbreitete Erklärung für den Erfolg des industriellen Mittelstands verweist auf Patente, Qualität und Ingenieurskunst. Eine bislang unterschätzte Erklärung ist unbequemer: Der Nachbau lohnte sich häufig nicht. Die Übersichtsarbeit von Julian Schenkenhofer, die 112 Publikationen und eine Stichprobe von 1.372 deutschen Hidden Champions auswertet, stützt diese Lesart: Danach verfügen Hidden Champions vielfach nicht über außergewöhnlich umfangreiche Patentportfolios; ihre Stellung beruht vielmehr auf einer engen Nischenspezialisierung, technologischem Vorsprung, enger Kundenbindung, kontinuierlicher Weiterentwicklung und eben begrenzten Marktvolumina¹⁶.

Ein vereinfachtes Beispiel verdeutlicht den Mechanismus, ohne einen konkreten Fall zu behaupten: Ein Weltmarkt für Spezialmaschinen mit einem Volumen von zweihundert Millionen Euro wäre für einen neu eintretenden Wettbewerber wenig attraktiv, wenn die Entwicklung eines konkurrenzfähigen Produkts mehrere Jahre und eine erhebliche Zahl erfahrener Konstrukteure erforderte. Stünden diese nicht in der nötigen Tiefe zur Verfügung und reichte der erreichbare Umsatz zur Refinanzierung nicht aus, unterbliebe der Eintritt. Ein wesentlicher Teil dieses Schutzes war damit ökonomischer Natur: In vielen spezialisierten Nischen standen hohen irreversiblen Entwicklungs- und Markteintrittskosten nur begrenzte Marktvolumina gegenüber, sodass sich der Aufbau eines konkurrierenden Produkts wirtschaftlich häufig nicht rechnete. Hinzu kamen Erfahrungswissen, Referenzinstallationen, Serviceinfrastruktur, Zertifizierungen und Wechselkosten. Sinkt insbesondere der Entwicklungsaufwand drastisch, fällt ein bislang besonders bedeutender Bestandteil dieser Eintrittsbarriere fort — nicht jedoch die Barriere insgesamt.

Genau dieser Schutz fällt, wenn die Entwicklungskosten drastisch sinken und das erforderliche Erfahrungswissen als Werkzeug global verfügbar wird. Die Nischen werden dann nicht nacheinander, sondern gleichzeitig angreifbar. Der Status des Hidden Champion ist unter diesen Bedingungen kein struktureller Vorteil mehr, sondern ein temporärer Vorsprung, der von der Adoptionsgeschwindigkeit abhängt.

Es ist wichtig zu sehen, dass dieser Prozess nicht erst beginnt. Die folgenden Werte sind eine Momentaufnahme zum Jahreswechsel 2025/2026 und dienen der Einordnung des Trends, nicht als dauerhafte Kennzahlen. China hat Deutschland bereits im Jahr 2020 als größten Maschinenexporteur der Welt abgelöst und den Abstand seither ausgebaut¹⁷. In der ifo-Umfrage vom Oktober 2025 berichtete gut ein Drittel der Industrieunternehmen von einer sinkenden Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Wettbewerbern außerhalb der Europäischen Union — der höchste in dieser Erhebung bis dahin gemessene Anteil; im Maschinenbau lag er bei rund 40 Prozent¹⁸. In der Metall- und Elektroindustrie ist die Beschäftigung im Dezember 2025 unter 3,8 Millionen gefallen, gegenüber dem Vorjahresmonat ein Rückgang um rund 102.500 Arbeitsplätze oder 2,6 Prozent und gegenüber dem Höchststand 2019 um über 270.000. Für 2026 rechnete der Arbeitgeberverband Gesamtmetall mit dem Verlust von bis zu 150.000 weiteren Arbeitsplätzen¹⁹. Diese Entwicklung hat Ursachen, die mit künstlicher Intelligenz nichts zu tun haben — Kostenniveau, Energiepreise, Nachfrageschwäche, veränderte Handelsbedingungen. Das hier untersuchte Szenario setzt an einer einzigen weiteren Größe an: Es senkt einen bislang bedeutenden Bestandteil der Markteintrittsbarriere. Welche Beschäftigungswirkung daraus folgt, ist damit nicht gesagt; wohl aber, dass ein Schutzmechanismus schwächer würde, der bislang zur Stabilisierung der Marktstellung beigetragen hat.

Ein zweiter Kanal wirkt in dieselbe Richtung. Der Anteil der Software an der Wertschöpfung von Fahrzeugen, Werkzeugmaschinen und Medizingeräten steigt seit Jahren, und gerade dieser Anteil ist der am unmittelbarsten betroffene. Die deutsche Industrie hat in den vergangenen fünfzehn Jahren mit erheblichem Aufwand Softwarekompetenz aufgebaut — in dem Moment, in dem diese Kompetenz ihren Knappheitswert zu verlieren beginnt.

Was verteidigungsfähig bleibt

Der industrielle Vorteil verschwindet nicht, aber er verschiebt sich, und zwar in eine Richtung, die die gegenwärtige Industriepolitik nicht abbildet.

Verteidigungsfähig bleibt zunächst das implizite Prozesswissen: jene Fertigungsparameter und Erfahrungswerte, die nirgends dokumentiert sind und deshalb auch in keinen Trainingsdaten stehen — das Wissen darüber, warum eine bestimmte Maschine so und nicht anders läuft.

Verteidigungsfähig bleibt ferner die Fertigungspräzision und die Beherrschung enger Toleranzen, weil es sich dabei um eine physische Fähigkeit handelt und nicht um Information. Dasselbe gilt für die Werkstoff- und Verfahrensempirie, also für teuer erzeugte und nicht öffentliche Messdatenbestände. Hinzu kommen die installierte Basis mit Service und Ersatzteilversorgung, die im Maschinenbau einen erheblichen und regelmäßig überdurchschnittlich ertragsstarken Umsatzanteil ausmacht, sowie Zulassung und Zertifizierung in Märkten mit hoher Haftung.

An Knappheits- und Differenzierungswert verlieren demgegenüber der Konstruktionsentwurf, die Auslegungsrechnung und Simulation, die im Produkt enthaltene Software sowie die technische Dokumentation. Diese Fähigkeiten verschwinden nicht; sie taugen nur immer weniger zur Abgrenzung vom Wettbewerb. Dasselbe gilt — als übergreifender Befund — für die Entwicklungsgeschwindigkeit als Differenzierungsmerkmal und für die Ingenieursdichte als Standortvorteil.

Der Vorteil verschiebt sich damit vom Entwerfen zum Fertigen und Betreiben. Eine Industriepolitik, die weiterhin vorrangig Forschung und Entwicklung fördert, unterstützt unter diesen Bedingungen genau jenen Teil der Wertschöpfungskette, der seinen Schutzwert verliert.

Ein Posten verdient gesonderte Hervorhebung, weil sein relativer strategischer Wert in diesem Szenario deutlich steigen dürfte: die Normung. In einer Welt, in der der Entwurf nahezu kostenlos ist, entscheiden Normen darüber, was überhaupt gebaut und in Verkehr gebracht werden darf. Die

deutsche Stellung in der internationalen Normung gewinnt dadurch an Gewicht — sie wird gegenwärtig jedoch nicht als strategischer Vermögenswert behandelt.

Die globale Verteilung von Gewinn und Verlust

Weil der Sprung überall stattfindet, kann Deutschland absolut vom Produktivitätsschub profitieren und zugleich einen Teil seines relativen Standortvorteils verlieren. Es gewinnen jene Volkswirtschaften, denen bisher gerade die Ingenieursdichte fehlte, die aber über alles Übrige verfügen: über Kapital, einen großen Binnenmarkt, physische Fertigungskapazität, günstige Energie und zügige Genehmigungsverfahren. Das betrifft China, Indien, die Golfstaaten, die Vereinigten Staaten und Teile Südostasiens. Es verlieren jene Volkswirtschaften, deren spezifischer Vorteil eben die Ingenieursdichte war: Deutschland, Japan, Südkorea und in Teilen die Schweiz.

Hinzu tritt ein Effekt zweiter Ordnung. Wird Entwicklung überall billig, verschiebt sich der globale Engpass auf Energie, Fertigungskapazität, Material und Facharbeit⁷. Deutschland ist bei Energie teuer. Die relative Position verschlechtert sich damit ein zweites Mal, und zwar an Faktoren, die mit künstlicher Intelligenz nichts zu tun haben.

Die zweite Welle: die Kaskade in die Bürotätigkeiten

Der Übertragungsmechanismus

Es liegt nahe, die hohe Nachfrageelastizität bei Software als beruhigend zu deuten. Der Rückstau an nicht digitalisierten Prozessen ist groß; wird Software erheblich billiger, so das Argument, wird entsprechend mehr Software nachgefragt, und die Beschäftigung in der Branche bleibt erhalten. Der zugrunde liegende Zusammenhang ist seit Jevons als Rebound-Effekt bekannt²⁰.

Als Aussage über die Softwarebranche ist das plausibel. Als Entwarnung ist es unzutreffend, und zwar aus einem Grund, der die Beurteilung des gesamten Vorgangs verändert. Wenn der Rückstau tatsächlich abgearbeitet wird, besteht das Ergebnis nicht in mehr Beschäftigung, sondern in Automatisierung überall sonst. Jedes digitalisierte Verwaltungsverfahren, jeder automatisierte Genehmigungsverfahren, jede abgelöste Sachbearbeitung senkt den Arbeitseinsatz, der zur Erbringung desselben Leistungsumfangs erforderlich ist, und erzeugt damit Beschäftigungsdruck im Abnehmersektor, sofern die Nachfrage nicht entsprechend wächst.

Die Softwarebranche ist nicht die Senke des Schocks, sondern sein Übertragungsweg. Je vollständiger der Nachfrageeffekt in der Softwareentwicklung wirkt, desto größer wird der Gesamtschock, nicht kleiner. Dies ist die konkrete Ausprägung dessen, was die Netzwerkliteratur als Ausbreitung eines sektoralen Schocks über die Vorleistungsverflechtung beschreibt⁴, und zugleich der Grund, weshalb eine Betrachtung, die beim Ursprungssektor stehen bleibt, die Wirkung systematisch unterschätzt.

Die Selbstverstärkung

Die Rückkopplung verläuft über eine bestimmte Art von Kapazität, und es ist wesentlich, sie von einer anderen zu unterscheiden.

Der Ablauf ist folgender. Die Softwareentwicklung wird produktiver, wodurch Entwicklerkapazität frei wird. Das Angebot an Automatisierungskompetenz steigt, während ihr Preis fällt. Die Automatisierung von Geschäftsprozessen wird dadurch nochmals billiger, als der Produktivitätsgewinn des Werkzeugs allein sie machen würde — es sinken die Kosten des Werkzeugs und die Kosten derer, die es anwenden. Entsprechend mehr Vorhaben werden wirtschaftlich, und in den Abnehmersektoren wird Sachbearbeitungskapazität verdrängt.

Diese verdrängte Kapazität speist die Rückkopplung nicht. Wer in der Sachbearbeitung einer Versicherung freigesetzt wird, kann die nächste Automatisierung nicht durchführen; dazu bedürfte es einer Qualifizierung, die Jahre beansprucht und keineswegs allen gelingt. Die Rekursion läuft ausschließlich über die in der ersten Welle freigesetzte Entwickler- und Integrationskapazität. Auch dort trifft sie nicht auf alle: Ein Berechnungsingenieur oder technischer Dokumentar wird nicht ohne Weiteres Geschäftsprozesse in einer Versicherung automatisieren. Für den

Rekursionseffekt genügt jedoch jener Teil — Softwareentwicklung und Systemintegration —, der unmittelbar einsetzbar ist.

Daraus folgt zugleich, dass sich der Effekt selbst begrenzt: Die zusätzlichen Automatisierungsvorhaben binden Entwicklerkapazität und nehmen damit einen Teil dessen wieder auf, was zuvor frei geworden war. Wie stark die Rückkopplung wirkt, hängt davon ab, welcher Anteil der freigesetzten Entwickler tatsächlich in die Prozessautomatisierung wechselt und wie schnell die Abnehmersektoren solche Vorhaben aufnehmen können. Beides ist offen. Der Mechanismus erklärt aber, warum die zweite Welle rascher eintreten kann, als es die organisatorische Trägheit der betroffenen Sektoren allein erwarten ließe⁹. Hierin liegt auch der Unterschied zu früheren Basistechnologien: Beim Elektromotor war die freigesetzte Arbeitskraft in keiner Phase das Mittel der weiteren Elektrifizierung.

Zeitliche Struktur und Größenordnung

Statt Jahreszahlen anzugeben, für die es keine belastbare Grundlage gibt, wird im Folgenden zwischen drei Phasen unterschieden: der unmittelbaren technischen Adoption, der betrieblichen Reorganisation und der Diffusion in nachgelagerte Verwaltungs- und Dienstleistungsprozesse. Diese Abfolge folgt keiner empirischen Prognose, sondern der in der Literatur zu Basistechnologien beschriebenen Beobachtung, dass technische Produktivitätseffekte regelmäßig früher eintreten als die organisatorischen Anpassungen und deren gesamtwirtschaftliche Diffusion²¹. Die beiden Wellen unterscheiden sich danach nicht durch feste Zeiträume, sondern dadurch, in welcher Phase sie ihre Hauptwirkung entfalten.

Die erste Welle betrifft die technischen Berufe unmittelbar und setzt deshalb früh ein. Der exponierte Bestand liegt bei rund 3,5 bis 4 Millionen Erwerbstätigen, also bei etwa acht Prozent aller Erwerbstätigen. Exponiert heißt dabei allein, dass die ausgeübten Tätigkeiten in den Wirkungsbereich des unterstellten Produktivitätssprungs fallen — nicht, dass diese Arbeitsplätze entfielen. Ob und in welchem Umfang Beschäftigung tatsächlich zurückgeht, hängt davon ab, wie stark die Nachfrage nach der verbilligten Leistung wächst; bei hinreichender Nachfrageausweitung bleibt der Bestand erhalten oder wächst sogar. Die Anpassung verläuft vergleichsweise schnell, weil sie überwiegend die Privatwirtschaft betrifft und sich vor allem über unterbleibende Einstellungen und nicht über Entlassungen vollzieht.

Die zweite Welle setzt später ein und reicht entsprechend weiter. Betroffen sind kaufmännische Sachbearbeitung, Buchhaltung, Personalverwaltung, Versicherungs- und Bankensachbearbeitung, Logistikdisposition, öffentliche Verwaltung sowie der Routinebereich der Steuer- und Rechtsberatung. Die Größenordnung dieser Gruppe lässt sich nur als grober Korridor angeben; je nach Abgrenzung der Berufshauptgruppen liegt sie im Bereich von fünf bis acht Millionen Erwerbstätigen²². Diese Zahl ist eine Einordnung und keine amtliche Zählung; sie soll allein die Relation deutlich machen. Die zweite Welle kann, je nach Abgrenzung, deutlich größer ausfallen als die erste. Sie verläuft langsamer, weil sie nicht an der Technik hängt, sondern an Organisationsänderung, Vertragsstrukturen, Tarifrecht und, im öffentlichen Sektor, am Haushalts-, Vergabe- und Dienstrecht.

Großes Potenzial bei geringer Umsetzungsfähigkeit

An dieser Stelle liegt eine Ambivalenz, die sich nicht auflösen lässt.

Deutschland verfügt über einen erheblichen Rückstau, und zwar ausgeprägter im öffentlichen Sektor als in der Privatwirtschaft. Der von Bitkom auf Grundlage der EU-Indikatoren fortgeschriebene Index für digitale Wirtschaft und Gesellschaft weist Deutschland 2025 im Gesamtergebnis auf Rang 14 von 27 Mitgliedstaaten aus, in der digitalen Wirtschaft auf Rang 8, bei den digitalen öffentlichen Diensten dagegen auf Rang 21²³. Der Abstand zwischen gegenwärtigem und erreichbarem Zustand ist damit vor allem in der Verwaltung groß; hohe Verwaltungs- und Dokumentationsintensität, Medienbrüche und papiergebundene Verfahren kommen hinzu. Wo der Rückstand groß ist, ist der Hebel groß: Der Digitalisierungsrückstand wird in diesem Szenario zum potenziellen Vorteil, weil andere Länder den entsprechenden Gewinn bereits gehoben haben und ihn kein zweites Mal heben können.

Der Rückstau sitzt jedoch überwiegend im öffentlichen Sektor und in stark regulierten Branchen, also dort, wo die Adoptionsgeschwindigkeit am geringsten ist. Vergaberecht, Haushaltsrecht, Personalvertretungsrecht, Datenschutzvorsicht und Ressortföderalismus wirken hier zusammen. Das Potenzial ist damit am größten, wo die Umsetzungsfähigkeit am kleinsten ist. Diese Asymmetrie ist weitgehend national verursacht und deshalb prinzipiell veränderbar.

Der öffentliche Dienst als günstigster Fall

Bemerkenswerterweise ist ausgerechnet der öffentliche Sektor jener Bereich, in dem Produktivitätsgewinn und demografische Entwicklung zusammenpassen. Wegen der hohen Beschäftigungssicherheit — beim Beamtenstatus rechtlich, bei den Tarifbeschäftigten faktisch — und einer ungünstigen Altersstruktur, die einen erheblichen Teil der Belegschaft in den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts altersbedingt ausscheiden lässt, kann dort ein großer Teil der Anpassung ohne betriebsbedingte Entlassungen erfolgen. Stellenabbau durch Nichtnachbesetzung, Versetzungen und Umorganisation bleiben davon unberührt.

Das ist die günstigste Konstellation im gesamten Szenario, weil Automatisierung und demografischer Abgang sich hier weitgehend decken. Sie setzt allerdings voraus, dass die Verwaltung die Technik überhaupt und rechtzeitig einführt, denn die Fluktuation wartet nicht auf die Einführungsentscheidung.

Der arbeitsmarktpolitisch günstigste Kanal

Ein Teil der zweiten Welle trifft die Dokumentations- und Verwaltungsarbeit innerhalb der Engpassektoren selbst: Pflegedokumentation, ärztliche Dokumentation, Abrechnung, Schulverwaltung, Berichtspflichten. Dort setzt Automatisierung keine Menschen frei, die anschließend entlassen werden; sie gibt vorhandenen Fachkräften Arbeitszeit zurück. In der Pflege macht die Dokumentation einen erheblichen Anteil der Arbeitszeit aus, und jede dort zurückgewonnene Stunde ist eine Stunde am Patienten, die andernfalls durch Personal gedeckt werden müsste, das nicht verfügbar ist.

Positive Wirkungen hat der Produktivitätssprung an vielen Stellen — billigere Produkte, schnellere Innovation, geringere Gründungskosten, bessere öffentliche Leistungen. Dieser Kanal ist jedoch derjenige mit dem geringsten Verdrängungskonflikt: Er adressiert den demografischen Engpass unmittelbar, nicht durch Ersatz von Arbeitskraft, sondern durch Rückgewinnung von Arbeitszeit, und zwar mit besonders geringem Verdrängungskonflikt: Zwar können auch hier Abrechnungs- und Verwaltungsstellen entfallen, doch leidet der Kern der Fachleistung unter Personalknappheit, sodass zurückgewonnene Arbeitszeit produktiv absorbiert wird. Dieser Kanal sollte politische Priorität haben und hat sie nicht.

Die Grenze des Sprungs: nicht das Prüfen, sondern das Entstehen

Gegen die Annahme eines Faktors von zehn wird regelmäßig eingewandt, die Verifikation setze eine natürliche Grenze: Wenn das Prüfen eines Ergebnisses annähernd so aufwendig bleibe wie seine Erstellung, könne der Gesamtgewinn den Faktor zwei bis drei nicht überschreiten. Der Einwand trifft einen realen Sachverhalt, unterstellt aber, die Verifikation sei ein exogenes und unveränderliches Residuum. Genau das ist sie nicht.

Zum einen war die Verifikation niemals ein Zusatz, sondern stets Bestandteil der Ausgangslage. Test, Review, statische Analyse, Regressionsprüfung und Freigabe waren bereits in jenem Aufwand enthalten, gegen den der Faktor gemessen wird. Sie nachträglich als zusätzliche Bremse einzuführen, zählt denselben Aufwand doppelt. Zum anderen skaliert die Prüfung in weiten Teilen mit. Testerzeugung, Regressionsläufe, statische Analyse, Codeprüfung und der Abgleich von Spezifikation und Implementierung sind selbst automatisierbar, in Teilen sogar besser als die Erstellung, weil für sie objektive Erfolgskriterien vorliegen. Richtig bleibt, dass einzelne Teilschritte unterschiedlich stark automatisierbar sind und der realisierte Faktor deshalb hinter dem

technisch möglichen zurückbleiben kann. Der Einwand taugt jedoch nicht als feste Obergrenze, weil er einen Prozessteil als unveränderlich behandelt, der es nicht ist.

Was tatsächlich als Rest verbleibt, ist nicht das Prüfen, sondern das Entstehen: die rechtlich zurechenbare Verantwortungsübernahme. In reiner Anwendungssoftware bedeutet das wenig. In sicherheitskritischer und regulierter Software dagegen — bei Medizinprodukten, in der funktionalen Sicherheit im Fahrzeug, in der Luftfahrt, bei Maschinen — bleibt die Bewertung durch eine unabhängige Stelle bestehen. Die Erzeugung der Nachweise ist weitgehend automatisierbar, ihre Würdigung nicht.

Damit verschiebt sich der verbleibende Engpass ins Institutionelle: auf Zulassungsstellen, Prüfororganisationen und Aufsichtsbehörden. Das sind in Europa langsam skalierende Ressourcen — und zugleich, wie weiter unten ausgeführt, ein belastbarer Wettbewerbsvorteil. Beides trifft zu, und es handelt sich um denselben Sachverhalt.

Der rechtliche Rahmen und seine tatsächliche Wirkung

Worauf das Datenschutzrecht Anwendung findet — und worauf nicht

Die verbreitete Annahme, die Datenschutz-Grundverordnung bremse die industrielle Anwendung künstlicher Intelligenz, trifft für den industriellen Kernbereich in dieser Allgemeinheit nicht zu. Für den überwiegenden Teil industrieller Konstruktions-, Simulations- und Entwicklungsdaten spielt die Verordnung keine unmittelbare Rolle, weil diese Daten regelmäßig keinen Personenbezug aufweisen; soweit keine personenbezogenen Daten verarbeitet oder mit Personenbezug verknüpft werden, unterfallen sie nicht dem Anwendungsbereich der Verordnung²⁴. Das gilt typischerweise für Simulations- und Berechnungsergebnisse, Werkstoffkennwerte, Prüfergebnisse, Stücklisten und Fertigungsparameter. Die verbreitete Zuschreibung verkennt insoweit den Schwerpunkt des Problems und lenkt die politische Aufmerksamkeit von den wirksameren Hemmnissen ab.

Vorsicht ist allerdings dort geboten, wo mittelbar ein Personenbezug entstehen kann — etwa durch Zuordnung von Maschinen- oder Sensordaten zu Bedienern, Schichten oder Kennungen. Die eigentlichen rechtlichen Hemmnisse liegen an anderer Stelle.

Diese liegen erstens im Beschäftigtendatenschutz und zweitens in den Anforderungen an die Verwaltungsautomatisierung; in beiden Fällen liegt das Problem nicht in der Auslegung, sondern im materiellen Recht.

Erstens der Beschäftigtendatenschutz. Hier besteht tatsächlich Rechtsunsicherheit; sie ist allerdings differenzierter, als es in der Debatte meist dargestellt wird. Die Lage lässt sich in vier Schritten ordnen.

Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs. Mit Urteil vom 30. März 2023 hat der Gerichtshof entschieden, dass nationale Generalklauseln zum Beschäftigtendatenschutz keine spezifischeren Vorschriften im Sinne von Artikel 88 der Datenschutz-Grundverordnung darstellen, wenn sie keinen auf den Bereich zugeschnittenen Regelungsgehalt und nicht die Schutzmaßnahmen des Artikels 88 Absatz 2 aufweisen²⁵.

Rechtsprechung des Bundesarbeitsgerichts. Das Bundesarbeitsgericht hat daraufhin bestätigt, dass § 26 Absatz 1 Satz 1 des Bundesdatenschutzgesetzes den Anforderungen des Artikels 88 nicht genügt, zugleich aber entschieden, dass die Norm je nach Regelungsgegenstand über Artikel 6 Absatz 3 der Verordnung weiterhin als Rechtsgrundlage wirken kann — etwa dort, wo die Verarbeitung der Erfüllung eines gesetzlichen Rechts der Interessenvertretung dient²⁶. Für die Verarbeitung von Beschäftigtendaten in einem Personalinformationssystem hat es dies dagegen verneint²⁷.

Folgerung. Die Rechtslage ist danach nicht regelungslos, wohl aber enger und stärker einzelfallabhängig geworden. Die vorliegende Untersuchung leitet daraus ab, dass gerade die für den Einsatz künstlicher Intelligenz typische Konstellation — ein Werkzeug erzeugt, protokolliert oder bewertet Arbeitsergebnisse einzelner Personen — regelmäßig einer Einzelfallprüfung bedarf und nicht auf eine allgemeine nationale Erlaubnisnorm gestützt werden kann.

Rechtspolitische Bewertung. Ein spezifisches Beschäftigtendatenschutzgesetz könnte diese Unsicherheit verringern; es ist seit Jahren angekündigt und nicht zustande gekommen. Der Befund ist mithin anders zu fassen, als es die übliche Klage über den Datenschutz nahelegt: Nicht die Verordnung selbst ist das Hindernis, sondern das Ausbleiben der nationalen Konkretisierung, die sie ausdrücklich zulässt.

Zweitens die Verwaltungsautomatisierung in der zweiten Welle. Verwaltungsprozesse verarbeiten nahezu durchgängig personenbezogene Daten; hier ist die Verordnung flächendeckend einschlägig. Zu unterscheiden ist dabei aber zwischen sehr verschiedenen Einsatzformen. Assistive Nutzung — das Sortieren von Unterlagen, das Auslesen von Daten, das Erstellen eines Bescheidentwurfs, die Zuarbeit für eine sachbearbeitende Person — bedarf keiner besonderen Ermächtigung für den Einsatz künstlicher Intelligenz; hier gelten die allgemeinen Anforderungen an Rechtsgrundlage, Zweckbindung und Erforderlichkeit. Anders liegt es beim vollständig automatisierten Erlass eines Verwaltungsakts: Dieser ist nur zulässig, soweit er durch Rechtsvorschrift ausdrücklich zugelassen ist und weder Ermessen noch ein Beurteilungsspielraum besteht²⁸. Aus ökonomischer Sicht liegt der größte Produktivitätshebel bei den vollständig automatisierten Verfahren; für sie ist der Engpass damit nicht die Auslegung des Datenschutzrechts, sondern das Fehlen fachgesetzlicher Ermächtigungen. Auch das ist eine gesetzgeberische und keine interpretatorische Aufgabe.

Die Größenasymmetrie bleibt bestehen, ist aber falsch zugeordnet. Ein Konzern führt neue Werkzeuge leichter ein als ein Maschinenbauer mit einhundertachtzig Beschäftigten — nicht jedoch überwiegend wegen des Datenschutzes, sondern wegen der Gesamtheit der Einführungsfixkosten: Sicherheitsprüfung, IT-Architektur, Lieferantenbewertung, Governance, Dokumentationspflichten nach der KI-Verordnung, Schulung und Beschaffung. Diese Kosten sind weitgehend unabhängig von der Unternehmensgröße und amortisieren sich im Konzern über eine große Zahl von Anwendungsfällen. Der Effekt ist real und für den deutschen Mittelstand erheblich; ihn dem Datenschutz zuzuschreiben, greift zu kurz und führt zu Abhilfevorschlägen, die am Problem vorbeigehen.

Mitbestimmung als institutionelles Hemmnis

Ein potenziell besonders wirksames institutionelles Hemmnis ist an anderer Stelle geregelt und wird in der Debatte über künstliche Intelligenz weitgehend übersehen. Ob es gegenüber anderen Adoptionshindernissen — IT-Sicherheit, fehlenden Fähigkeiten, Finanzierung, Beschaffung, Haftung — das gewichtigste ist, lässt sich aus der Rechtslage nicht ableiten und wird hier nicht behauptet.

Der Betriebsrat hat nach § 87 Absatz 1 Nummer 6 des Betriebsverfassungsgesetzes ein erzwingbares Mitbestimmungsrecht bei der Einführung technischer Einrichtungen, die dazu geeignet sind, Verhalten oder Leistung der Beschäftigten zu überwachen²⁹. Nach ständiger Rechtsprechung genügt dafür die objektive Eignung; eine Überwachungsabsicht des Arbeitgebers ist nicht erforderlich. Viele Werkzeuge künstlicher Intelligenz können wegen ihrer objektiven Eignung zur Leistungs- oder Verhaltenskontrolle Mitbestimmungsrechte auslösen: Ein Programmierassistent zeichnet auf, welche Vorschläge von wem angenommen wurden, ein Vorgangsbearbeitungssystem lässt Bearbeitungsgeschwindigkeiten erkennen.

Die praktischen Folgen sind erheblich. Der Arbeitgeber kann die Maßnahme ohne Beteiligung des Betriebsrats regelmäßig nicht wirksam einführen; die Beteiligung kann durch Betriebsvereinbarung, durch formlose Einigung oder — wenn keine Einigung zustande kommt — durch Spruch der Einigungsstelle erfolgen. In der Praxis wird meist eine Betriebsvereinbarung geschlossen, häufig je Werkzeug oder Werkzeugklasse. Die Verhandlung kann insbesondere bei komplexen oder streitigen Einführungen erhebliche Zeit in Anspruch nehmen und sich im Konfliktfall über die Einigungsstelle weiter verlängern. Bei Werkzeugen, die sich in kurzen Abständen grundlegend verändern, kann der Verhandlungsgegenstand überholt sein, bevor die Regelung zustande kommt. Nach der Rechtsprechung kann dem Betriebsrat bei Verletzung erzwingbarer Mitbestimmungsrechte zudem ein Unterlassungsanspruch zustehen, was einem faktischen Einführungsstopp gleichkommen kann. Im öffentlichen Dienst entfalten die

Personalvertretungsgesetze eine vergleichbare Wirkung, was die zweite Welle zusätzlich verlangsamt.

Es handelt sich um eine legitime und historisch gut begründete Institution. Zugleich verlängern die vorgesehenen Beteiligungsverfahren die Adoptionsdauer — also genau jene Größe, die sich nach dem zuvor Gesagten als einzige monetarisieren lässt.

An dieser Stelle verbinden sich Mitbestimmung und Datenschutz auf eine Weise, die für die Handlungsoptionen wesentlich ist. Der Europäische Gerichtshof hat am 19. Dezember 2024 in der Rechtssache C-65/23 klargestellt, dass auch die Parteien einer Kollektivvereinbarung an die Vorgaben der Datenschutz-Grundverordnung gebunden sind und deren Schutzniveau nicht unterschreiten dürfen³⁰. Eine Betriebsvereinbarung kann das materielle Schutzniveau also nicht absenken. Verhandelbar bleibt damit im Wesentlichen die organisatorische Ausgestaltung — und genau deshalb ist dieser Teil standardisierbar, ohne dass jemand etwas aufgibt.

Die europäische KI-Verordnung

Die KI-Verordnung kann die deutsche Industrie in zwei Rollen zugleich betreffen³¹. Als Anwenderin, weil Systeme im Beschäftigungskontext — etwa bei Auswahl, Zuweisung oder Bewertung von Arbeitsleistung — je nach Ausgestaltung als hochriskant einzustufen sein können und dann umfangreiche Pflichten zu Risikomanagement, Datenqualität, Protokollierung, menschlicher Aufsicht und Konformitätsbewertung auslösen. Als Herstellerin, weil ein System, das als Sicherheitsbauteil in ein ohnehin konformitätsbewertungspflichtiges Produkt eingebaut wird — etwa in Maschinen, Medizinprodukte oder Fahrzeuge —, unter bestimmten Voraussetzungen selbst als hochriskant gilt. Nicht jedes System künstlicher Intelligenz fällt in diese Kategorien; die konkrete Einstufung hängt stets vom jeweiligen Anwendungsfall, vom Anwendungsbereich und von der konkreten Funktion des Systems ab.

Wo die Einstufung greift, besteht die wirtschaftliche Wirkung weniger in einem Verbot als in der Verlängerung von Produktentwicklungszyklen — und zwar in genau jenem Szenario, in dem die Entwicklungsgeschwindigkeit die wichtigste kapitalisierbare Größe darstellt.

Abhängigkeit von Modellen und Infrastruktur

Jenseits der Rechtsvorschriften besteht eine strukturelle Abhängigkeit. Die leistungsfähigsten Modelle stammen ganz überwiegend von nicht europäischen Anbietern, und der Zugang zu ihnen ist keine allein kommerzielle, sondern auch eine politisch verfügbare Größe. Der Vorgang im Juni 2026, als Anthropic den Zugang zu zwei Spitzenmodellen zur Einhaltung US-amerikanischer Exportkontrollen vorübergehend aussetzte, veranschaulicht das Prinzip unabhängig von seinem konkreten Ausgang³². Für eine Industrie, deren Entwicklungsprozesse auf solchen Modellen aufsetzen, ist das ein Lieferkettenrisiko in einem Bereich ohne kurzfristige europäische Substitutionsfähigkeit — und zugleich ein wirtschaftliches und nicht bloß souveränitätsrhetorisches Argument für eine europäische Modellinfrastruktur.

Wo Regulierung einen Vorteil darstellen kann

Die Bilanz wäre unvollständig ohne die Gegenrichtung. In Märkten mit hoher Haftung wirkt die Zulassung als Marktzutrittsschranke: In der Medizintechnik, der Luftfahrt, bei der funktionalen Sicherheit im Fahrzeug und im Pharmaanlagenbau verlangsamt sie neue Wettbewerber ebenso wie etablierte, wobei letztere die Verfahren beherrschen. Der europäische Rechtsrahmen zum Zugang zu maschinengenerierten Daten verpflichtet Hersteller zur Bereitstellung³³; daraus kann sich insbesondere für europäische Hersteller mit starkem Service- und Ersatzteilgeschäft ein Wettbewerbsvorteil ergeben, also in genau jenem Bereich, der verteidigungsfähig bleibt. Und die Normung gewinnt, wie ausgeführt, an Wert. Diese Vorteile wirken allerdings im Wesentlichen in regulierten Produktmärkten; für den allgemeinen Maschinenbau, für Software und für Verwaltungsprozesse greifen sie nicht.

Zusammenfassende Beurteilung

Die europäischen und deutschen Vorgaben behindern die globale Aufstellung der technischen Bereiche, aber nicht in der Weise, wie üblicherweise behauptet wird. Für den überwiegenden Teil

der im industriellen Kern verarbeiteten Konstruktions-, Simulations- und Entwicklungsdaten ist der Datenschutz kein wesentlicher Faktor, weil diese Daten regelmäßig keinen Personenbezug aufweisen und die Rechtslage insoweit klar ist. Wo er wirkt — beim Beschäftigtendatenschutz und in der zweiten Welle —, liegt das Problem nicht in der Auslegung, sondern in einer fehlenden nationalen Konkretisierung beziehungsweise in fehlenden fachgesetzlichen Rechtsgrundlagen. Beides sind gesetzgeberische Aufgaben, keine kommunikativen. Der entscheidende Engpass insgesamt ist die Adoptionsgeschwindigkeit, und diese wird wesentlich durch institutionell bedingte Faktoren mitbestimmt: Beteiligungsverfahren nach dem Betriebsverfassungs- und Personalvertretungsrecht, Freigabekulturen, Haftungsvorsicht und Einführungsfixkosten, die kleinere Unternehmen überproportional treffen. Das sind keine unionsrechtlichen Vorgaben, sondern nationale Praxis und ausstehende nationale Gesetzgebung — und deshalb prinzipiell änderbar.

Der entscheidende Zusammenhang ist jedoch ein anderer. In einem Szenario, in dem der Produktivitätsgewinn weitgehend über den Preis weitergegeben wird, lässt sich aus der Technologie selbst kaum ein dauerhafter Ertrag ziehen. Monetarisieren lässt sich von ihr vor allem ein temporärer Adoptionsvorsprung. Wer früher adaptiert, verdient während der Übergangsphase an der Differenz zwischen altem Preis und neuen Kosten. Wer später adaptiert, trägt die vollen Anpassungskosten und findet ein dauerhaft niedrigeres Preisniveau vor, an dem er nie verdient hat. Je vollständiger die Weitergabe erfolgt, desto weniger bleibt einem spät adaptierenden Land von der Übergangsphase; es trägt dann die Anpassungskosten, ohne an der Differenz verdient zu haben. Das ist die eigentliche Antwort auf die Frage nach der Wirkung des rechtlichen Rahmens, und sie gilt unabhängig davon, ob man die einzelnen Regelungen für sachlich richtig hält.

Beschäftigungswirkung

Der unmittelbar exponierte Bestand der ersten Welle setzt sich aus rund 840.100 Vollzeitäquivalenten in Forschung und Entwicklung¹³, rund 1,61 Millionen Erwerbstätigen in den Berufen der Informations- und Kommunikationstechnik³⁴, rund 1,6 Millionen Erwerbstätigen in Ingenieurberufen³⁵ sowie geschätzt einer halben bis knapp einer Million in Konstruktion, technischem Zeichnen, Dokumentation und Planung zusammen. Auch hier gilt: Der Bestand beschreibt die Reichweite des Wirkungsbereichs, nicht eine Zahl gefährdeter Arbeitsplätze. Diese Gruppen lassen sich nicht addieren, weil sie sich erheblich überschneiden. Die Abgrenzung erfolgt in drei Schritten. Erstens wird das Personal in Forschung und Entwicklung nicht gesondert hinzugerechnet: Es wird nach der ausgeübten Funktion und nicht nach dem Beruf erfasst und besteht ganz überwiegend aus Personen, die bereits in den Ingenieur- und IKT-Berufen enthalten sind. Zweitens ergibt die Summe der berufsbezogen erfassten Gruppen — IKT-Berufe, Ingenieurberufe sowie Konstruktion, technisches Zeichnen, Dokumentation und Planung — rechnerisch rund 3,7 bis 4,1 Millionen Erwerbstätige. Drittens ist dieser Wert nach unten zu korrigieren, weil ein Teil der Ingenieur- und IKT-Berufe keine planenden Tätigkeiten ausübt — etwa im Anlagenbetrieb, im technischen Vertrieb oder im Anwendersupport —, und nach oben, soweit planende Tätigkeiten in anderen Berufsgruppen anfallen. Beide Korrekturen wirken gegenläufig und werden hier nicht einzeln quantifiziert. Daraus ergibt sich der im Folgenden verwendete Korridor von rund 3,5 bis 4 Millionen Erwerbstätigen, etwa acht Prozent aller Erwerbstätigen. Es handelt sich um eine begründete, nicht um eine amtliche Abgrenzung.

Eine rein mechanische Obergrenzenrechnung verdeutlicht die Größenordnung. Sie ergibt sich aus dem Ausgangsbestand multipliziert mit dem Quotienten aus Nachfrageausweitung und realisiertem Produktivitätsfaktor. Würde der gesamte Tätigkeitsumfang tatsächlich um den Faktor zehn produktiver und die nachgefragte Leistungsmenge sich lediglich verdreifachen, wären rechnerisch noch dreißig Prozent des ursprünglichen Arbeitsvolumens erforderlich; bei Verdopplung der Nachfrage zwanzig Prozent, bei einer Ausweitung um die Hälfte fünfzehn Prozent. Auf den genannten Bestand bezogen wären damit rechnerisch 2,6 bis 3,2 Millionen Arbeitsplatzäquivalente nicht mehr erforderlich; verbleiben würden 0,5 bis 1,2 Millionen.

Dies ist ausdrücklich keine Beschäftigungsprognose, sondern eine Belastungsrechnung. Sie unterstellt homogene Arbeit, vollständige Realisierung des Produktivitätssprungs, konstante

Arbeitszeit, unveränderte relative Löhne sowie das Ausbleiben neuer Aufgaben, zusätzlicher Produktvarianten, Qualitätssteigerungen und Reallokation. Der aufgabenbasierte Ansatz von Acemoglu und Restrepo liefert den Rahmen dafür, dass mit dem Wegfall von Tätigkeiten neue entstehen können¹¹; in welchem Umfang das im hier gesetzten Szenario geschieht, ist damit nicht gesagt. Der tatsächliche Beschäftigungsrückgang kann daher erheblich geringer ausfallen. Die Rechnung dient allein dazu, die Größenordnung des Anpassungsdrucks sichtbar zu machen.

Für die zweite Welle liegt der exponierte Bestand nach diesem groben Korridor mit fünf bis acht Millionen Erwerbstätigen erheblich höher — auch dies eine Angabe zur Reichweite und nicht zum Beschäftigungsrisiko —, der realisierte Produktivitätsfaktor jedoch niedriger, weil organisatorische Trägheit und Rechtsbindung stärker wirken. Der zeitliche Verlauf ist gestreckt, und im öffentlichen Sektor vollzieht sich die Anpassung überwiegend über Fluktuation statt über Freisetzung.

Zur Einordnung: Der Braunkohleausstieg betraf rund zwanzigtausend direkte Arbeitsplätze und beschäftigte die politische Öffentlichkeit ein Jahrzehnt lang. Die Szenariorechnung des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung für die Gesamtwirkung künstlicher Intelligenz über fünfzehn Jahre kommt auf rund 790.000 wegfallende Stellen bei gleichzeitiger Neuentstehung in ähnlicher Höhe¹².

Ein aktueller Beobachtungswert stützt die Richtung, ohne sie zu beweisen. Der Ingenieurmonitor des Vereins Deutscher Ingenieure weist für das vierte Quartal 2025 mit 58.392 Arbeitslosen in Ingenieur- und Informationstechnikberufen den höchsten Stand seit Beginn der Erhebung im Jahr 2011 aus, bei einem Rückgang der offenen Stellen um 18,2 Prozent. Dabei gingen die offenen Stellen in den Informatikberufen um 33 Prozent zurück, in den Bauingenieurberufen dagegen nur um 3,8 Prozent³⁶. Die Werte sind konjunkturrell überlagert und für sich genommen nicht beweiskräftig. Die Spreizung zwischen beiden Berufsfeldern entspricht jedoch dem Muster, das dieses Szenario erwarten lässt: Der Effekt greift zuerst dort, wo das Arbeitsergebnis rein digital ist und keine physische Realisierung nachhängt.

Fiskalische Wirkung

Für die Gesamtwirtschaft gilt definitionsgemäß, dass das reale Bruttoinlandsprodukt dem Produkt aus realer Arbeitsproduktivität je Stunde und Arbeitsvolumen entspricht. Der hier angenommene Faktor zehn bezeichnet jedoch zunächst die technische Produktivität bestimmter Tätigkeiten und darf nicht ohne Weiteres mit einer Verzehnfachung ihrer gemessenen realen Wertschöpfung je Arbeitsstunde gleichgesetzt werden. Beides fällt auseinander, sobald der Output nicht in gleichem Maße wächst: Steigt die technische Produktivität stark und die nachgefragte Menge nur mäßig, sinkt das erforderliche Arbeitsvolumen im betroffenen Bereich erheblich, ohne dass die gemessene Wertschöpfung entsprechend zunimmt.

Hinzu tritt ein Messproblem. Wo nichtmarktbestimmte oder selbst erstellte Leistungen mangels beobachtbarer Marktpreise kostenbasiert bewertet werden, kann ein drastischer Rückgang des Ressourceneinsatzes dazu führen, dass Mengen- und Qualitätssteigerungen statistisch nur unvollständig erfasst werden. Besonders ausgeprägt ist das im öffentlichen Sektor, dessen Leistungen weitgehend über die Herstellungskosten in die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen eingehen. Bei selbst erstellter Software und Forschung und Entwicklung ist die Lage komplizierter, da beide nach den geltenden Rechnungslegungsgrundsätzen als Investitionen in geistiges Eigentum behandelt werden; eine Eins-zu-eins-Übersetzung von Produktivitätsgewinn in sinkendes reales Bruttoinlandsprodukt folgt daraus nicht. Die allgemeine theoretische Motivation liefert die Literatur zur Produktivitäts-J-Kurve, die zeigt, dass gemessene Produktivität während einer Umbauphase hinter der tatsächlichen zurückbleiben kann¹⁰. Festzuhalten bleibt: Ein Teil des Wohlstandsgewinns dürfte in der amtlichen Statistik nicht sichtbar werden.

Fiskalisch bedeutet das weniger einen allgemeinen Einnahmeneinbruch als eine Verschiebung der Abgabenbasis, und die Richtung ist je nach Abgabenart unterschiedlich. Dabei ist zwischen Steuern und Sozialversicherungsbeiträgen zu unterscheiden: Beiträge sind keine Steuern, sondern zweckgebundene Gegenleistungen für einen Versicherungsschutz; sie fließen nicht dem allgemeinen Haushalt zu, sondern den Trägern der Sozialversicherung, und ihre

Bemessungsgrundlage ist enger, weil sie allein an das beitragspflichtige Arbeitsentgelt bis zur Beitragsbemessungsgrenze anknüpft. Unter Druck geraten Lohnsteuer und Beitragsaufkommen gleichermaßen, soweit hoch entlohnte Beschäftigung tatsächlich wegfällt — in der ersten Welle überproportional, weil es sich um überdurchschnittliche Entgelte handelt, in der zweiten Welle breitenwirksam. Bei Umsatz- und Unternehmenssteuern ist die Richtung dagegen nicht eindeutig: Fällt der Preis um neunzig Prozent und verzehnfacht sich die Menge, bleibt der nominale Umsatz unverändert; steigt die Menge stärker, wächst das Aufkommen sogar. Ebenso kann frei werdende Kaufkraft an anderer Stelle Umsätze und Gewinne erzeugen, und komplementäre Engpassektoren können zusätzliche Erträge verzeichnen. Was sich weder besteuern noch verbeitragen lässt, ist der Teil des Gewinns, der als Konsumentenrente bei den Abnehmern verbleibt.

Über beide Wellen hinweg verbreitert sich der potenziell betroffene Erwerbstätigenbestand von etwa acht auf zwanzig bis fünfundzwanzig Prozent. Ob und in welchem Umfang daraus eine Erosion der Beitragsbasis wird, hängt davon ab, wie viel Beschäftigung tatsächlich entfällt und wie sich die Löhne der verbleibenden entwickeln. Aus einem sektoralen wird damit ein potenziell systemisches Problem.

Der eigentliche fiskalische Befund liegt damit nicht bei den Steuern, sondern bei den Sozialversicherungsbeiträgen, und dort ist er sehr belastbar. Deutschland finanziert einen großen Teil seines Sozialstaats über Arbeitseinkommen — also über genau jene Bemessungsgrundlage, die der hier betrachtete technische Wandel relativ entwertet. Das System steht bereits ohne jede Annahme über künstliche Intelligenz unter erheblichem Druck. Die Summe der Beitragssätze zu den vier Zweigen der Sozialversicherung — der Gesamtsozialversicherungsbeitrag — liegt seit Anfang 2025 bei rund 42,6 Prozent der beitragspflichtigen Einnahmen; die Projektion des IGES Instituts für die DAK-Gesundheit modelliert im Basisszenario einen Anstieg auf 49,7 Prozent bis 2035, bei ungünstiger wirtschaftlicher Entwicklung auf rund 54 Prozent³⁷. Auf den einzelnen Zweig bezogen steigt der Beitragssatz zur gesetzlichen Rentenversicherung nach dem Rentenversicherungsbericht 2025 von 18,6 auf rund 21,2 Prozent im Jahr 2039³⁸, wobei der Bundesrechnungshof höhere Werte für möglich hält³⁹.

Die Frage lautet folglich nicht, ob sämtliche Staatseinnahmen wegbrechen — das tun sie nicht. Sie lautet, was mit einem Sicherungssystem geschieht, dessen wichtigste Bemessungsgrundlage gerade jene Arbeitseinkommen sind, die der technische Wandel relativ entwertet, und dessen Gesamtsozialversicherungsbeitrag bereits auf demografischem Pfad in Richtung fünfzig Prozent läuft.

Verteilungswirkung

Die klassische Verteilungsfrage zwischen Kapital und Arbeit bleibt relevant, denn wenn die Renditen komplementärer Kapitalgüter steigen, während die Löhne bestimmter Tätigkeiten sinken, verschiebt sich die Funktionalverteilung genau in der gewohnten Richtung. Politisch entscheidend ist hier jedoch eine andere Asymmetrie: **Die Gewinne sind diffus, die Verluste konzentriert.**

Der Produktivitätsgewinn erreicht als Konsumentenrente sehr viele Menschen in jeweils kleinen Beträgen, während die Einkommensverluste — soweit sie eintreten — auf vergleichsweise wenige Berufsgruppen in großen Beträgen entfallen. Ein illustratives Zahlenbeispiel macht die Struktur deutlich: Sparen achtzig Millionen Menschen jeweils fünfhundert Euro im Jahr und verlieren eine Million Menschen jeweils fünfzigtausend Euro Erwerbseinkommen, ist der gesamtgesellschaftliche Saldo deutlich positiv — und gleichzeitig entsteht eine schwere politische Krise. Denn die Begünstigten bemerken ihren Vorteil kaum und organisieren sich deshalb nicht, während die Geschädigten ihn vollständig bemerken und sich sehr wohl organisieren. Das ist die klassische Konstellation, in der ökonomisch vorteilhafte Anpassungen politisch scheitern.

Die folgende Aufstellung beschreibt typisierte Fälle unter der Annahme, dass die Nachfrage die Produktivitätsgewinne nicht vollständig auffängt; trifft diese Annahme nicht zu, verschieben sich die Vorzeichen entsprechend. Stark negativ stünde dann der fünfundvierzigjährige Entwicklungsingenieur, dessen erlernte Leistung an Marktwert verlöre, während sein Konsumgewinn gering bliebe. Negativ stünde der achtundzwanzigjährige Softwareentwickler, in

der zweiten Welle ebenso die fünfzigjährige kaufmännische Sachbearbeiterin. Positiv stünde demgegenüber der Beamte in der Verwaltung, dessen Status geschützt ist und der allein als Konsument gewönne, ebenso der Rentner. Leicht positiv stünde der Facharbeiter in der Fertigung, solange die Fertigung im Land bliebe. Stark positiv stünde der Handwerksmeister, dessen Leistung zum Engpass würde und dessen relativer Preis deshalb stiege. Positiv, und zwar ausnahmsweise auch auf der Produktionsseite, stünde die Pflegekraft, weil sie durch die Automatisierung der Dokumentation Arbeitszeit zurückgewönne. Uneinheitlich fällt die Wirkung für Grundeigentümer aus: Wo Standortproduktivität und Einkommen steigen, dürften auch die Bodenwerte anziehen; wo dagegen Büroarbeit stark automatisiert wird und der Flächenbedarf sinkt, kann innerstädtischer Gewerbeboden an Wert verlieren. Eine allgemeine Aufwertung des Bodens folgt aus dem Szenario nicht.

Diese Konstellation ist historisch nicht neu. Robert Allen hat für die britische Frühindustrialisierung gezeigt, dass die Produktion je Arbeiter zwischen 1780 und 1840 erheblich stieg, während die Reallöhne nahezu stagnierten, und dass erst danach beide Größen gemeinsam wuchsen⁴⁰. Der Zeitraum, in dem der gesellschaftliche Gewinn an den unmittelbar Betroffenen vorbeiging, umfasste zwei Generationen.

Innerhalb der betroffenen Gruppen wirkte die Altersstruktur zusätzlich verschärfend. Der Fünfundzwanzigjährige träte gar nicht erst in den Beruf ein, weil die Einstiegspositionen entfielen. Der Fünfundfünfzigjährige rettete sich in den Ruhestand, und sein Erfahrungswissen wäre gerade in der Übergangsphase besonders wertvoll. Der Vierzigjährige würde zerrieben: zwanzig Jahre Spezialisierung entwertet, fünfundzwanzig Jahre bis zur Rente, laufende Verbindlichkeiten.

Die politische Beurteilung dieses Musters fällt ungünstiger aus als bei der üblichen Verteilungsfrage. Die Verlierer sind nicht diffus, sondern identifizierbar; sie sind statushoch, sodass die Abstiegs Erfahrung stärker wirkt als eine Armutserfahrung; sie sind über Kammern und Verbände organisiert; sie sind überdurchschnittlich gebildet und daher artikulationsfähig; und sie waren bislang eine systemtragende und nicht eine protestgeneigte Gruppe. Mit der zweiten Welle tritt eine zahlenmäßig weit größere Gruppe hinzu, die denselben Erfahrungsgehalt teilt: Der erlernte Beruf verliert nicht seine Nachfrage, sondern seinen Zweck.

Was gegen das Szenario spricht

Drei Einwände bleiben ernstzunehmen.

Der erste betrifft die Möglichkeit, dass sich die Nachfrage nicht in der Menge, sondern in der Vielfalt entlädt. Wird die Entwicklung billig, könnte die Zahl der entwickelten Produktvarianten steigen, statt dass die Zahl der Entwickler fällt¹¹. Das käme gerade dem variantenreichen deutschen Mittelstand zugute, der über jene Fertigungskompetenz verfügt, die neuen Wettbewerbern fehlt. Dieser Einwand entlastet allerdings nur die erste Welle; auf die Automatisierung der Bürotätigkeiten wirkt er nicht.

Der zweite Einwand ist historischer Natur und wird durch die Literatur zu Basistechnologien gestützt^{8, 9}. Der Übergang zum rechnergestützten Konstruieren benötigte rund zwei Jahrzehnte für einen Faktor in der Größenordnung von fünf. Organisatorische Trägheit, Zertifizierungszyklen, Vertragsstrukturen und Ausbildungsdauern haben sich historisch als stärkere Bremsen erwiesen als die technische Machbarkeit. Zehn Jahre für einen Faktor von zehn wären eine außergewöhnlich schnelle Adoption.

Der dritte Einwand ergibt sich aus den institutionellen Engpässen bei Zulassung und Prüfung. Sie könnten den realisierten Faktor in regulierten Bereichen erheblich unter zehn drücken. Das verändert jedoch vor allem die Verteilung der Wirkung zwischen den Sektoren, nicht das Gesamtbild.

Handlungsoptionen

Die folgende Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und beurteilt insbesondere nicht abschließend jene Instrumente, die in der allgemeinen Debatte über technologischen Wandel diskutiert werden — Bürgerfonds und breite Kapitalbeteiligung, Wertschöpfungsabgabe, Roboter- oder Tokenabgaben, bedingungsloses Grundeinkommen, internationale Steuerkoordination. Sie alle werfen eigene Fragen auf, die den Rahmen dieser Untersuchung überschreiten. Für den hier betrachteten Zeithorizont konzentriert sich die Darstellung auf Maßnahmen, die unmittelbar entweder die Adoptionsgeschwindigkeit oder die Finanzierung des Sozialstaats betreffen. Sie sind nach vermuteter Hebelwirkung geordnet.

An erster Stelle steht die Adoptionsgeschwindigkeit als Gegenstand der Industriepolitik, weil sich aus der Technologie selbst vor allem der zeitliche Vorsprung bei ihrer Einführung monetarisieren lässt. Erforderlich wäre erstens ein spezifisches Beschäftigtendatenschutzgesetz, das die nach der neueren Rechtsprechung deutlich einzelfallabhängigere Rechtslage durch bereichsspezifische Regelungen konkretisiert^{25, 26}. Das ist keine Deregulierung, sondern die Wahrnehmung einer Regelungsbefugnis, die die Datenschutz-Grundverordnung den Mitgliedstaaten ausdrücklich einräumt und die Deutschland seit Jahren ungenutzt lässt. Ohne eine solche Konkretisierung müssen insbesondere neue, nicht bereits eindeutig erfasste Verarbeitungskonstellationen im Beschäftigungsverhältnis stärker einzelfallbezogen gewürdigt werden, was bei Werkzeugen, die sich in kurzen Abständen ändern, die Einführung strukturell verzögert. Zweitens bedarf es sozialpartnerschaftlich erarbeiteter Muster-Betriebsvereinbarungen für Werkzeuge künstlicher Intelligenz mit Rahmencharakter statt Einzelfallverhandlung²⁹. Da das materielle Schutzniveau ohnehin durch die Verordnung festgelegt ist und von den Betriebsparteien nicht unterschritten werden kann³⁰, betrifft die Standardisierung allein die organisatorische Ausgestaltung; sie kann die Adoptionsdauer erheblich verkürzen, ohne das Mitbestimmungsrecht anzutasten. Dieser Vorschlag dürfte besonders breit wirken, weil er beide Wellen betrifft. Drittens sind für den öffentlichen Sektor fachgesetzliche Rechtsgrundlagen für vollständig automatisierte Verwaltungsentscheidungen zu schaffen, soweit solche Verfahren bislang nicht ausdrücklich zugelassen sind. Und viertens sollte die Bewältigung der Einführungsfixkosten — Sicherheitsprüfung, Lieferantenbewertung, Governance, Dokumentation nach der KI-Verordnung — für den Mittelstand als Gemeinschaftsleistung über Kammern und Verbände organisiert werden, um die Größenasymmetrie zu neutralisieren. Ergänzend ist eine schlanke nationale Umsetzung der KI-Verordnung ohne Übererfüllung geboten³¹.

An zweiter Stelle steht die gezielte Anwendung in den Engpassektoren. Die Automatisierung von Dokumentation und Verwaltung in Pflege, Medizin, Bildung und Sozialverwaltung setzt keine Menschen frei, sondern gibt Fachkräften Arbeitszeit zurück. Konkret erforderlich sind die Reduktion von Dokumentationspflichten, die Zulassung automatisierter Dokumentation im Prüfkontext der Pflege- und Krankenversicherung sowie Beschaffungswege, die schneller sind als der Produktzyklus.

An dritter Stelle steht die Modernisierung des öffentlichen Sektors über Fluktuation. Statusschutz in Verbindung mit ungünstiger Altersstruktur bedeutet, dass Produktivitätsgewinne dort ohne Entlassungen realisierbar sind. Voraussetzung ist ein frühzeitiger Beginn, denn der altersbedingte Abgang lässt sich nicht verschieben.

An vierter Stelle steht der Ausbau des Vorteils dort, wo er trägt. Das bedeutet die Förderung von Fertigungstiefe und Prozesswissen anstelle einer vorrangigen Förderung von Forschung und Entwicklung, die Behandlung von Werkstoff- und Prozessdaten als geschütztes Betriebsvermögen, die strategische Stärkung des Service- und Ersatzteilgeschäfts, die Ausstattung der Normungsarbeit als Instrument der Industriepolitik und schließlich den Ausbau der Prüf- und Zulassungskapazität, die den neuen Engpass bildet und zugleich einen verbleibenden Vorteil darstellt.

An fünfter Stelle stehen Energiepreis und Fertigungsstandort. Verlagert sich der globale Engpass auf Energie und physische Kapazität, entscheidet der Strompreis über die Verteidigungsfähigkeit des verbleibenden Vorteils⁷. Das ist kein Thema der künstlichen Intelligenz; es wird durch sie lediglich entscheidend.

An sechster Stelle steht die Offenhaltung des Berufseinstiegs. Wer in zehn Jahren Menschen benötigt, die einen maschinell erzeugten Entwurf beurteilen können, muss sie heute an Aufgaben ausbilden, die betriebswirtschaftlich niemand mehr menschlich bearbeiten würde. Es handelt sich um ein öffentliches Gut, das ohne Eingriff nicht bereitgestellt wird.

An siebter Stelle steht ein Prinzip, nicht ein einzelnes Instrument: Gerät die beitragspflichtige Lohnsumme unter Druck, während der reale Wohlstand steigt, muss die Finanzierung stärker auf Grundlagen gestützt werden, die sich nicht verlagern lassen. Das ist der eigentliche Befund; welche Bemessungsgrundlage dafür herangezogen wird, ist eine nachgeordnete und politisch zu entscheidende Frage.

Zwei Einschränkungen sind dabei ernst zu nehmen. Erstens ist ein Ausgleich innerhalb des Beitragssystems nicht ohne Weiteres möglich: Beiträge knüpfen ihrer Konstruktion nach an das Arbeitsentgelt an, sodass eine Verbreiterung auf andere Bemessungsgrundlagen entweder über Steuermittel oder über eine Änderung des Beitragsbegriffs erfolgen müsste. Zweitens fließen Steuern nicht automatisch dorthin, wo die Lücke entsteht; die Zuordnung zwischen einem zusätzlichen Steueraufkommen und der Finanzierung der Sozialversicherung müsste eigens geregelt werden.

Der Bodenwert ist unter den ortsgebundenen Grundlagen ein naheliegendes Beispiel — nicht weil er in diesem Szenario zwingend stiege, sondern weil er der Besteuerung sicher zugänglich bleibt. Über die Größenordnung sollte man sich allerdings keine Illusionen machen: Das gesamte Grundsteueraufkommen belief sich 2024 auf rund 16 Milliarden Euro⁴¹, während ein einziger Beitragssatzpunkt in der Sozialversicherung überschlägig einer Größenordnung von knapp zwanzig Milliarden Euro entspricht. Eine stärkere Bodenwertkomponente in der Grundsteuer kann daher ein Baustein sein und die Richtung anzeigen; sie ersetzt keine Antwort auf die Finanzierungsfrage.

Beobachtungsgrößen

Ob das Szenario eintritt, lässt sich an einigen Größen vergleichsweise früh erkennen.

Für die erste Welle ist der zentrale Indikator, ob neue Wettbewerber in bisher geschützte Nischen des Mittelstands eintreten, und zwar mit technisch konkurrenzfähigen Produkten und nicht mit einfachen Kopien. Ergänzend ist zu beobachten, ob die Entwicklungszeit vom Konzept bis zur Serienreife bei außereuropäischen Wettbewerbern schneller sinkt als bei deutschen, was auf einen Vorsprung in der Adoptionsgeschwindigkeit hindeutet, und ob das Forschungs- und Entwicklungspersonal in der deutschen Industrie zurückgeht, während die Zahl neuer Produktvarianten gleich bleibt oder steigt — dann trägt der Variantenmechanismus die Beschäftigung nicht.

Für die zweite Welle ist die wichtigste Vorlaufgröße die Zahl produktiv eingeführter Fachanwendungen je Entwickler. Steigt sie sprunghaft, setzt die Kaskade ein. Der Wirkungsindikator ist ein Rückgang der Beschäftigung in der kaufmännischen Sachbearbeitung bei stabilem Geschäftsvolumen. Als Bestätigung der strategischen Verschiebung ist zu beobachten, ob der Anteil von Service und Ersatzteilgeschäft am Umsatz deutscher Maschinenbauer relativ steigt.

Ein für Deutschland plausibler und zugleich statistisch leicht zu übersehender Verlaufspfad wäre, dass Einstiegs- und Ausbildungsstellen in technischen und kaufmännischen Berufen deutlich zurückgehen, ohne dass die Jugendarbeitslosigkeit entsprechend steigt, weil ein Teil der Betroffenen in längere Bildungswege ausweicht. Dieser Vorgang erscheint in keiner Statistik als Krise und wird deshalb keine politische Reaktion auslösen, solange man ihn nicht gezielt misst.

Schluss

Drei Befunde tragen die Untersuchung.

Erstens entwertet der Schock nicht die deutsche Technik, sondern einen Teil ihrer Knappheit. Was hierzulande teuer verkauft wurde, war zu einem erheblichen Teil die seltene Fähigkeit, komplexe Technik zu entwerfen. Wird sie überall verfügbar, sinkt nicht die Qualität des deutschen Produkts, wohl aber der Aufpreis, den es erzielt — und mit ihm ein wichtiger Bestandteil jener Eintrittsbarriere, die den industriellen Mittelstand in seinen Nischen geschützt hat. Der verbleibende Vorteil verschiebt sich vom Entwerfen zum Fertigen und Betreiben; die Industriepolitik bildet diese Verschiebung bislang nicht ab.

Zweitens ist Software der Übertragungskanal in die übrige Wirtschaft. Die hohe Nachfrageelastizität dort ist kein Puffer, sondern der Weg, auf dem der verbilligte Input die Automatisierung in allen Abnehmersektoren auslöst. Daraus folgt eine zweite Welle, die einen größeren Erwerbstätigenbestand erfasst als die erste, langsamer verläuft und zu einem Teil von jener Entwickler- und Integrationskapazität ausgeführt wird, die in der ersten Welle frei geworden ist — nicht dagegen von der in ihr selbst verdrängten Sachbearbeitung. In dieser Rekursivität liegt die Besonderheit des Falls, und sie ist der Grund, weshalb eine Betrachtung, die beim Ursprungssektor stehen bleibt, die Wirkung unterschätzt.

Drittens ist die entscheidende deutsche Variable nicht der technische Zugang, sondern die Geschwindigkeit der institutionellen Anpassung. Über die Technik verfügen alle. Je stärker der Produktivitätsgewinn wettbewerbsmäßig weitergegeben wird, desto größer wird der relative Wert eines zeitlichen Adoptionsvorsprungs. Was diesen Vorsprung in Deutschland aufzehrt, ist überwiegend institutionell bedingt: Beteiligungsverfahren je Werkzeug, das Ausbleiben einer spezifischen gesetzlichen Neuregelung des Beschäftigtendatenschutzes, fehlende fachgesetzliche Grundlagen für automatisierte Verwaltungsverfahren und Einführungsfixkosten, die kleinere Unternehmen überproportional treffen. Für den überwiegenden Teil der industriellen Entwicklungsdaten ist der Datenschutz dabei kein wesentlicher Faktor — die verbreitete Zuschreibung führt zu Abhilfevorschlägen, die am Problem vorbeigehen.

Zwei Folgen verdienen besondere Aufmerksamkeit. Fiskalisch wirkt der Schock auf die betroffenen Leistungen stark preissenkend und gesamtwirtschaftlich disinflationär; entscheidend ist aber nicht ein allgemeiner Einnahmeneinbruch, sondern dass ausgerechnet die Arbeitseinkommen unter Druck geraten — jene Bemessungsgrundlage, auf der die deutsche Sozialversicherung nahezu vollständig beruht und deren Gesamtsozialversicherungsbeitrag schon auf demografischem Pfad in Richtung fünfzig Prozent läuft. Politisch liegt das größere Risiko in der Asymmetrie zwischen diffusen Gewinnen und konzentrierten Verlusten: Der Vorteil verteilt sich in kleinen Beträgen auf sehr viele, der Schaden in großen Beträgen auf eine statushohe, organisierte und bislang systemtragende Berufsgruppe. Den geringsten Verdrängungskonflikt hat dabei ausgerechnet der Anwendungsfall, der politisch die geringste Aufmerksamkeit erfährt: die Entlastung von Pflege, Medizin und Bildung von Dokumentationsarbeit.

Der Wert dieser Analyse hängt schließlich nicht daran, dass die Ausgangsannahme in voller Höhe zutrifft. Selbst wenn nur ein erheblicher Teil des Produktivitätsgewinns über den Wettbewerb in die Preise eingeht, selbst wenn nur ein Teil der technischen Beschäftigung entfällt, selbst wenn die zweite Welle wesentlich langsamer verläuft und selbst wenn in nennenswertem Umfang neue Tätigkeiten entstehen — die Größenordnung des angenommenen Produktivitätssprungs genügt, um Deutschlands bisherige Knappheitsvorteile, seine Arbeitsmarktstruktur und die lohnbasierte Finanzierung seines Sozialstaats unter einen Anpassungsdruck zu setzen, für den weder die Industriepolitik noch das Sozialrecht gegenwärtig eingerichtet sind.

Daraus folgt eine unbequeme Prioritätenordnung. Die Debatte über künstliche Intelligenz wird in Deutschland überwiegend als Technologiefrage geführt — als Frage nach Rechenzentren, Modellen und Förderprogrammen. Wenn die hier untersuchte Kette trägt, ist sie das gerade nicht. Über die Technik verfügen dann alle; was sich unterscheidet, ist die Geschwindigkeit, mit der ein Land sie in seine Betriebe, Behörden und Rechtsverhältnisse einlässt. Die entscheidenden Stellschrauben lägen dann nicht in der Forschungspolitik, sondern im Betriebsverfassungsrecht, im

Beschäftigtendatenschutz, im Verwaltungsverfahrensrecht und in der Finanzierungsverfassung der Sozialversicherung.

Das ist die eigentliche Zumutung dieses Szenarios: Es verlangt Entscheidungen in Bereichen, die als geregelt gelten und in denen niemand Aufbruch erwartet — und es verlangt sie, bevor sich zeigt, ob das Szenario eintritt. Träfe es nicht ein, wären die meisten der hier genannten Maßnahmen dennoch sinnvoll; sie adressieren Probleme, die Deutschland unabhängig von künstlicher Intelligenz hat. Träte es ein, käme jede Maßnahme zu spät, mit der erst dann begonnen würde — denn wirken können sie nur, wenn sie bereits laufen.

Anmerkungen

- 1 Hulten, Charles R. (1978): *Growth Accounting with Intermediate Inputs*. Review of Economic Studies, Band 45, Heft 3, S. 511–518. — Grundlage der Aussage, dass der gesamtwirtschaftliche Effekt einer marginalen sektoralen Produktivitätsänderung in erster Ordnung mit dem Domar-Gewicht des betreffenden Sektors gewichtet wird, also mit seinem Bruttooutput im Verhältnis zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung.
- 2 Acemoglu, Daron (2025): *The Simple Macroeconomics of AI*. Economic Policy, Band 40, Heft 121, S. 13–58. — Quelle der Schätzung eines Zuwachses der totalen Faktorproduktivität von höchstens etwa 0,7 Prozent über zehn Jahre, in der pessimistischeren Variante unter 0,55 Prozent; die Aggregation erfolgt methodisch über das in Anm. 1 beschriebene Verfahren.
- 3 Baqaee, David Rezza und Emmanuel Farhi (2019): *The Macroeconomic Impact of Microeconomic Shocks — Beyond Hulten's Theorem*. Econometrica, Band 87, Heft 4, S. 1155–1203, DOI 10.3982/ECTA15202. — Nachweis, dass die Näherung aus Anm. 1 bei größeren Schocks an Aussagekraft verlieren kann und Terme höherer Ordnung relevant werden; untersucht werden Substitutionselastizitäten, Netzwerkbeziehungen, Skalenerträge, Reallokation und Abweichungen vom vollkommenen Wettbewerb. Die Übertragung auf das hier gesetzte Szenario ist eine eigene Schlussfolgerung.
- 4 Acemoglu, Daron, Vasco M. Carvalho, Asuman Ozdaglar und Alireza Tahbaz-Salehi (2012): *The Network Origins of Aggregate Fluctuations*. Econometrica, Band 80, Heft 5, S. 1977–2016, DOI 10.3982/ECTA9623. — Formaler Rahmen für die Ausbreitung sektoraler Schocks über die Vorleistungsverflechtung, einschließlich der Kaskadenwirkung über nachgelagerte Sektoren.
- 5 Baumol, William J. (1967): *Macroeconomics of Unbalanced Growth — The Anatomy of Urban Crisis*. American Economic Review, Band 57, Heft 3. — Grundlage der Aussage zur relativen Verteuerung nicht beschleunigter Tätigkeiten; hier in umgekehrter Anwendung.
- 6 Jones, Charles I. (2011): *Intermediate Goods and Weak Links in the Theory of Economic Development*. American Economic Journal: Macroeconomics, Band 3, Heft 2, S. 1–28, DOI 10.1257/mac.3.2.1. — Konzept der schwachen Glieder: Begrenzung des Ergebnisses durch den am wenigsten verbesserten Input; zugleich Nachweis eines erheblichen Multiplikators über Vorleistungen.
- 7 Aghion, Philippe, Benjamin F. Jones und Charles I. Jones (2019): *Artificial Intelligence and Economic Growth*. In: Ajay Agrawal, Joshua Gans und Avi Goldfarb (Hrsg.), *The Economics of Artificial Intelligence — An Agenda*, University of Chicago Press. — Anwendung der Engpasslogik auf künstliche Intelligenz. Die im Text gewählte Zuspitzung geht über die Formulierung der Autoren hinaus und ist eine eigene Interpretation.
- 8 Bresnahan, Timothy F. und Manuel Trajtenberg (1995): *General Purpose Technologies — Engines of Growth?* Journal of Econometrics, Band 65, Heft 1, S. 83–108. — Begriffsbildung und Nachweis, dass Basistechnologien ihre Wirkung über innovatorische Komplementaritäten in den anwendenden Sektoren entfalten.
- 9 David, Paul A. (1990): *The Dynamo and the Computer — An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox*. American Economic Review, Papers and Proceedings, Band 80, Heft 2, S. 355–361, JSTOR 2006600. — Beleg für die erhebliche zeitliche Verzögerung zwischen Verfügbarkeit einer Basistechnologie und messbarer Produktivitätswirkung sowie für deren organisatorische statt technische Ursache; Grundlage des Vergleichs mit der Elektrifizierung.
- 10 Brynjolfsson, Erik, Daniel Rock und Chad Syverson (2021): *The Productivity J-Curve — How Intangibles Complement General Purpose Technologies*. American Economic Journal: Macroeconomics, Band 13, Heft 1, S. 333–372, DOI 10.1257/mac.20180386. — Grundlage der Aussage, dass gemessene Produktivität während der Aufbauphase sinken kann, sowie des Messproblems in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen.
- 11 Acemoglu, Daron und Pascual Restrepo (2019): *Automation and New Tasks — How Technology Displaces and Reinstates Labor*. Journal of Economic Perspectives, Band 33, Heft 2,

S. 3–30, DOI 10.1257/jep.33.2.3. — Liefert den theoretischen Rahmen für Verdrängungs- und Wiedereinsetzungseffekte sowie für die Entstehung neuer Aufgaben. Die Quelle belegt nicht, dass im hier gesetzten Szenario neue Aufgaben in gleichem Umfang entstehen; sie begründet allein die Möglichkeit.

12 Zika, Gerd und andere (2025): *Künstliche Intelligenz — Potenzielle Effekte für den deutschen Arbeitsmarkt*. IAB-Forschungsbericht 23/2025, Nürnberg. — Modelliert im Szenariorahmen des QuBe-Projekts einen zusätzlichen Wachstumsbeitrag von 0,8 Prozentpunkten jährlich sowie rund 790.000 wegfallende und in ähnlicher Höhe neu entstehende Stellen. Beide Werte sind

Modellergebnisse einer Szenariorechnung und keine Prognosen.

13 Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (2026): *Bundesbericht Forschung und Innovation 2026*, Ergänzungsband *Daten und Fakten zum deutschen Forschungs- und Innovationssystem*, Kapitel zu Personal und Ausgaben in Forschung und Entwicklung, Berichtsjahr 2024 (vorläufige Werte). — Quelle der Angaben zu 840.100 Vollzeitäquivalenten in Forschung und Entwicklung, zu Gesamtausgaben von 137,1 Milliarden Euro und zum Anteil der Automobilhersteller von 33,9 Prozent an den internen Forschungs- und Entwicklungsausgaben der Wirtschaft.

14 Statistisches Bundesamt, Fachserie zur Produktion im Verarbeitenden Gewerbe (Betriebe ab 50 Beschäftigten). — Quelle der Angabe von rund 1,04 Millionen Beschäftigten im Maschinenbau.

15 Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA): Kennzahlen zur Branche einschließlich der Betriebe unter 50 Beschäftigten. — Quelle der Angabe von über 1,2 Millionen Beschäftigten.

16 Schenkenhofer, Julian (2022): *Hidden champions — a review of the literature and future research avenues*. Management Review Quarterly, Band 72, Heft 2, S. 417–482, DOI 10.1007/s11301-021-00253-6. — Systematische Auswertung von 112 Publikationen sowie einer Stichprobe von 1.372 deutschen Hidden Champions; Grundlage der Aussage, dass deren Stellung weniger auf Patentportfolios als auf Nischenspezialisierung, technologischem Vorsprung, Kundenbindung, kontinuierlicher Weiterentwicklung und begrenzten Marktvolumina beruht.

17 Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA): Auswertung der weltweiten Maschinenexporte auf Grundlage nationaler Außenhandelsstatistiken. — Danach löste China Deutschland im Jahr 2020 erstmals als größten Maschinenexporteur ab; der Abstand hat sich in den Folgejahren vergrößert.

18 ifo Institut für Wirtschaftsforschung, München: Umfrage zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit im Verarbeitenden Gewerbe, Erhebung Oktober 2025, veröffentlicht am 11. November 2025 (Auswertung von Klaus Wohlrabe, Leiter der ifo-Umfragen). — Es handelt sich um Selbsteinschätzungen der befragten Unternehmen, nicht um eine gemessene Kennzahl der Wettbewerbsfähigkeit.

19 Gesamtmetall — Gesamtverband der Arbeitgeberverbände der Metall- und Elektro-Industrie: Beschäftigtenzahlen zum Dezember 2025 sowie Äußerungen des Hauptgeschäftsführers Oliver Zander gegenüber den Zeitungen der Funke-Mediengruppe, März 2026. — Quelle der Beschäftigtenzahlen und der Erwartung eines Verlusts von bis zu 150.000 Arbeitsplätzen im Jahr 2026.

20 Jevons, William Stanley (1865): *The Coal Question — An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines*. London: Macmillan. — Ursprung des nach dem Autor benannten Paradoxons beziehungsweise des Rebound-Arguments: Effizienzsteigerung kann den Verbrauch erhöhen statt senken.

21 Die angegebenen Zeiträume stellen keine empirisch geschätzten Werte dar. Sie dienen der analytischen Trennung zweier Anpassungsprozesse unterschiedlicher Geschwindigkeit. Grundlage ist die Literatur zur verzögerten Diffusion von General Purpose Technologies (David 1990, Anm. 9; Bresnahan und Trajtenberg 1995, Anm. 8; Brynjolfsson, Rock und Syverson 2021, Anm. 10),

die eine erhebliche Verzögerung zwischen technischer Verfügbarkeit und organisatorischer Umsetzung belegt, nicht jedoch die Dauer einzelner Phasen im hier betrachteten Fall.

22 Eigene Einordnung auf Grundlage der Berufshauptgruppen der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit). — Die Größenordnung von fünf bis acht Millionen Erwerbstätigen in den kaufmännisch-administrativen Berufen der zweiten Welle ist eine eigene Abschätzung und keine amtliche Zählung; sie dient allein der Verdeutlichung der Relation zur ersten Welle.

23 Bitkom e. V.: *Digitalisierung — Deutschland im EU-Vergleich auf Platz 14*, Presseinformation vom 11. August 2025, auf Grundlage des von der Europäischen Kommission erhobenen Indikatorensatzes zum Index für digitale Wirtschaft und Gesellschaft. — Quelle der Rangangaben: Gesamtrang 14 von 27, digitale Wirtschaft Rang 8, digitale öffentliche Dienste Rang 21. Die Europäische Kommission veröffentlicht seit 2023 kein Gesamtranking mehr, sondern nur Einzelindikatoren; die Zusammenfassung zu einem Index stammt vom Verband.

24 Verordnung (EU) 2016/679 (Datenschutz-Grundverordnung), insbesondere Artikel 2 und Artikel 4 Nummer 1. — Grundlage der Aussage zum sachlichen Anwendungsbereich und zum Begriff des personenbezogenen Datums.

25 Europäischer Gerichtshof, Urteil vom 30. März 2023, Rechtssache C-34/21, Hauptpersonalrat der Lehrerinnen und Lehrer beim Hessischen Kultusministerium, ECLI:EU:C:2023:270, insbesondere Rn. 61, 65, 72, 74 f. und 80 ff. — Danach müssen spezifischere Vorschriften nach Artikel 88 Absatz 1 der Datenschutz-Grundverordnung einen vom allgemeinen Recht abweichenden, auf den Bereich zugeschnittenen Regelungsgehalt aufweisen und die Schutzmaßnahmen des Artikels 88 Absatz 2 enthalten; fehlt es daran, richtet sich die Verarbeitung im Beschäftigungskontext unmittelbar nach der Verordnung (Rn. 80, 82 bis 84 und 89).

26 Bundesarbeitsgericht, Beschluss vom 9. Mai 2023, 1 ABR 14/22. — Danach genügt § 26 Absatz 1 Satz 1 Bundesdatenschutzgesetz den Anforderungen des Artikels 88 der Datenschutz-Grundverordnung nicht, bleibt aber für die Verarbeitung zur Erfüllung eines gesetzlichen Rechts der Interessenvertretung Rechtsgrundlage nach Artikel 6 Absatz 3 in Verbindung mit Absatz 1 Buchstabe c der Verordnung.

27 Bundesarbeitsgericht, Urteil vom 8. Mai 2025, 8 AZR 209/21. — Danach stellt § 26 Absatz 1 Bundesdatenschutzgesetz für die Verarbeitung von Beschäftigtendaten in einem Personalinformationssystem keine Rechtsgrundlage im Sinne von Artikel 6 Absatz 3 der Datenschutz-Grundverordnung dar.

28 § 35a Verwaltungsverfahrensgesetz sowie die entsprechenden Vorschriften der Abgabenordnung und des Sozialgesetzbuchs. — Grundlage der Aussage, dass der vollständig automatisierte Erlass eines Verwaltungsakts einer ausdrücklichen Zulassung durch Rechtsvorschrift bedarf und Ermessens- sowie Beurteilungsspielräume ausschließt.

29 § 87 Absatz 1 Nummer 6 Betriebsverfassungsgesetz; ergänzend §§ 90 und 111 Betriebsverfassungsgesetz sowie die Personalvertretungsgesetze des Bundes und der Länder. — Dass die objektive Eignung zur Überwachung genügt und es auf eine Überwachungsabsicht des Arbeitgebers nicht ankommt, entspricht ständiger Rechtsprechung des Bundesarbeitsgerichts seit dem Produktographen-Beschluss von 1975; vgl. etwa BAG, Beschluss vom 13. Dezember 2016, 1 ABR 7/15, Rn. 22, sowie zuletzt BAG, Beschluss vom 16. Juli 2024, 1 ABR 16/23, wonach die bloße Überwachungsmöglichkeit auch ohne Speicherung personenbezogener Daten genügt.

30 Europäischer Gerichtshof, Urteil vom 19. Dezember 2024, Rechtssache C-65/23, K GmbH, insbesondere Rn. 53 f. — Danach gelten die Anforderungen der Datenschutz-Grundverordnung auch für die Parteien einer Kollektivvereinbarung im Sinne des Artikels 88; deren Gestaltungsspielraum findet seine Grenze in den Vorgaben der Verordnung, die nicht unterschritten werden dürfen.

31 Verordnung (EU) 2024/1689 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz und zur Änderung mehrerer Verordnungen und Richtlinien (Verordnung über künstliche Intelligenz), ABl. L, 2024/1689 vom

12. Juli 2024. — Maßgeblich sind Artikel 6 Absatz 1 in Verbindung mit Anhang I für Systeme, die als Sicherheitsbauteil eines konformitätsbewertungspflichtigen Produkts eingesetzt werden, sowie Artikel 6 Absatz 2 in Verbindung mit Anhang III Nummer 4 für Systeme im Bereich Beschäftigung und Personalmanagement. Die Pflichten für Hochrisikosysteme ergeben sich aus den Artikeln 8 bis 15 sowie 16 ff.

32 Anthropic: *Redeploying Claude Fable 5*, Mitteilung vom 30. Juni 2026 (www.anthropic.com/news/redeploying-fable-5). — Danach belegte die US-Regierung am Freitag, dem 12. Juni 2026, die Modelle Claude Fable 5 und Claude Mythos 5 mit Exportkontrollen, die den Zugang für ausländische Staatsangehörige untersagten; da eine Prüfung der Staatsangehörigkeit in Echtzeit nicht möglich war, setzte das Unternehmen den Zugang für sämtliche Nutzer aus. Am 30. Juni 2026 wurden die Kontrollen aufgehoben, der weltweite Zugang zu Fable 5 wurde am 1. Juli 2026 wiederhergestellt. Der Vorgang wird als aktueller Beleg für ein Verfügbarkeitsrisiko angeführt, nicht als wissenschaftliche Primärquelle.

33 Verordnung (EU) 2023/2854 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2023 über harmonisierte Vorschriften für einen fairen Datenzugang und eine faire Datennutzung sowie zur Änderung der Verordnung (EU) 2017/2394 und der Richtlinie (EU) 2020/1828 (Datenverordnung). — Die Bereitstellungspflicht für maschinengenerierte Daten ergibt sich aus Artikel 3 (Zugänglichkeit durch Produktgestaltung), Artikel 4 (Zugang des Nutzers) und Artikel 5 (Weitergabe an Dritte auf Verlangen des Nutzers).

34 Statistik der Bundesagentur für Arbeit: *Der Arbeitsmarkt für Berufe der Informations- und Kommunikationstechnik*, Berichte Arbeitsmarkt kompakt. — Quelle der Angabe von rund 1,61 Millionen Erwerbstätigen in den IKT-Berufen.

35 Statistisches Bundesamt, Mikrozensus 2025. — Quelle der Angabe von rund 1,6 Millionen Erwerbstätigen in Ingenieurberufen.

36 Verein Deutscher Ingenieure und Institut der deutschen Wirtschaft Köln: *Ingenieurmonitor — Der Arbeitsmarkt für Ingenieurinnen und Ingenieure*, IV. Quartal 2025, Kapitel „Arbeitsmarktentwicklung“, Übersichten „Arbeitslose“ und „Offene Stellen“. — Quelle der Angaben zu 58.392 Arbeitslosen in den Ingenieur- und Informatikberufen, zum Rückgang der offenen Stellen um 18,2 Prozent insgesamt sowie zur Spreizung zwischen Informatik- und Bauingenieurberufen.

37 IGES Institut GmbH im Auftrag der DAK-Gesundheit (2025): *Beitragsentwicklung in der Sozialversicherung bis 2035 — Projektion der Beitragssätze in der gesetzlichen Kranken-, Pflege-, Renten- und Arbeitslosenversicherung*, Berlin. — Quelle der Abgabenlast von rund 42,6 Prozent der beitragspflichtigen Einnahmen sowie der Projektion eines Anstiegs auf 49,7 Prozent bis 2035 im Basisszenario und auf rund 54 Prozent bei ungünstiger wirtschaftlicher Entwicklung.

38 Bundesministerium für Arbeit und Soziales: *Rentenversicherungsbericht 2025*, Bundestagsdrucksache 21/3080, Abschnitt „Vorausberechnungen“ sowie Tabellenanhang (Entwicklung von Beitragssatz und Sicherungsniveau bis 2039). — Quelle der Projektion des Beitragssatzes zur gesetzlichen Rentenversicherung von 18,6 Prozent auf 19,8 Prozent im Jahr 2028 und rund 21,2 Prozent im Jahr 2039.

39 Bundesrechnungshof: *Auswirkungen der neuen Rentenanpassungsformel*, Bericht 2025. — Dort wird ein Anstieg des Beitragssatzes zur gesetzlichen Rentenversicherung bis zum Jahr 2040 auf 22,6 Prozent statt auf 21,3 Prozent modelliert; Grundlage der Aussage, dass höhere Werte als in Anm. 38 für möglich gehalten werden.

40 Allen, Robert C. (2009): *Engels' Pause — Technical Change, Capital Accumulation, and Inequality in the British Industrial Revolution*. Explorations in Economic History, Band 46, Heft 4, S. 418–435. — Quelle des historischen Vergleichs zwischen Produktivitäts- und Reallohnentwicklung in der britischen Frühindustrialisierung.

41 Statistisches Bundesamt: Realsteuervergleich 2024, Pressemitteilung vom 21. August 2025. — Danach nahmen die Gemeinden 2024 aus der Grundsteuer B rund 15,6 Milliarden Euro und aus der Grundsteuer A rund 0,4 Milliarden Euro ein. Die Gegenüberstellung mit einem

Beitragssatzpunkt in der Sozialversicherung ist eine eigene überschlägige
Größenordnungsrechnung auf Basis der beitragspflichtigen Entgeltsumme und keine amtliche
Angabe.