



481 Bericht von Thilo Kroeger und Dominik Boddin

Beschäftigung im Strukturwandel: Berufe bleiben, Branchen wechseln

- Abbau produktionsnaher Arbeitsplätze bei reiner Industriebetrachtung überschätzt
- Bleiben Beschäftigte in produktionsnahen Berufen, sind Einkommensverluste eher gering
- Politik sollte Wechsel in ähnliche Tätigkeiten unterstützen, nicht auf Branchenerhalt setzen

488 Interview mit Thilo Kroeger

490 Kommentar von Alexander S. Kritikos

Nicht weniger Staat, sondern besserer Staat: Verwaltungsqualität als Standortpolitik

Die Mineralöl- und Erdgaswirtschaft der Sowjetunion (UdSSR)

Entwicklung der Erdölförderung in der UdSSR

Jahr	Erdölförderung in Mill. t	Veränderung zum Vorjahr in vH
1937	28,5	.
1938	30,0	.
1940	31,1	.
1950	37,9	.
1951	42,3	+ 11,6
1952	47,4	+ 12,1
1953	52,8	+ 11,4
1954	59,3	+ 12,3
1955	70,8	+ 19,4

© CC BY 4.0

Die Erdölförderung der UdSSR hat sich innerhalb der letzten fünf Jahre nahezu verdoppelt. Der Anteil der UdSSR an der Erdölförderung der Welt im Jahre 1955 mit rd. 763 Mill.t betrug rd.9 vH. In der Rangfolge der einzelnen Weltländer lag die UdSSR im gleichen Jahre hinter den USA (332,8 Mill. t) und Venezuela (111 Mill. t) an dritter Stelle.

Das Schwergewicht der Erdölförderung in der UdSSR hat sich inzwischen von den klassischen Fördergebieten des Kaukasusraumes (Baku, Maikop, Grosny), welche mit Baku an der Spitze noch bis vor einigen Jahren die Führung unter den verschiedenen Erdölgebieten der UdSSR hatten, auf das Gebiet zwischen Ural und Wolga (Ural—Wolga-Distrikt) verlagert, das wegen seines Ölreichtums auch als „zweite Baku“ bezeichnet wird. Während der Förderanteil des Ural—Wolga-Distriktes an der gesamten Erdölförderung der Sowjetunion im Jahre 1940 schätzungsweise 6 vH betrug, war er 1950 auf 28 vH gestiegen und erreichte nach neuesten sowjetischen Angaben 1) im Jahre 1955 bereits 57 vH. Dies entspricht einer effektiven Förderung von rd. 40 Mill. t. Damit hat aber die Förderung aus diesem Gebiet die aus den kaukasischen Feldern um nahezu das Doppelte überflügelt.

Aus dem DIW Wochenbericht Nr. 32 vom 10. August 1956

IMPRESSUM



DIW Berlin — Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e. V.

Anton-Wilhelm-Amo-Straße 58, 10117 Berlin

www.diw.de

Telefon: +49 30 897 89–0 E-Mail: kundenservice@diw.de

93. Jahrgang 5. August 2026

Herausgeber*innen

Prof. Anna Bindler, Ph.D.; Prof. Dr. Tomaso Duso; Sabine Fiedler; Prof. Marcel Fratzscher, Ph.D.; Prof. Dr. Peter Haan; Prof. Dr. Claudia Kemfert; Prof. Dr. Alexander S. Kritikos; Prof. Dr. Alexander Kriwoluzky; Prof. Karsten Neuhoﬀ, Ph.D.; Prof. Dr. Sabine Zinn

Chefredaktion

Prof. Dr. Pio Baake; Claudia Cohnen-Beck; Sebastian Kollmann; Kristina van Deuverden

Lektorat

Dr. Angelina Hackmann

Redaktion

Dr. Hella Engerer; Petra Jasper; Adam Mark Lederer; Frederik Schulz-Greve; Sandra Tubik

Gestaltung

Roman Wilhelm; Stefanie Reeg; Eva Kretschmer, DIW Berlin

Umschlagmotiv

© imageBROKER / Steffen Diemer

Satz

Satz-Rechen-Zentrum Hartmann + Heenemann GmbH & Co. KG, Berlin

Der DIW Wochenbericht ist kostenfrei unter www.diw.de/wochenbericht abrufbar. Abonnieren Sie auch unseren Wochenberichts-Newsletter unter www.diw.de/wb-anmeldung

ISSN 1860-8787

Beschäftigung im Strukturwandel: Berufe bleiben, Branchen wechseln

Von Thilo Kroeger und Dominik Boddin

- Von 1975 bis 2019 verschwanden im Verarbeitenden Gewerbe 1,5 Millionen produktionsnahe Jobs, in der Wirtschaft insgesamt ist der Rückgang jedoch wesentlich geringer
- Produktionsnahe Tätigkeiten verlagern sich immer mehr in den Dienstleistungssektor – von 1975 bis 2019 sind dort eine Million neue Arbeitsplätze entstanden
- Erwerbsbiografien von Massenentlassungen Betroffener zeigen: Einkommensverluste hängen stark davon ab, wo und wie sie anschließend arbeiten
- Einkommenseinbußen fallen geringer aus, wenn berufsspezifisches Wissen erhalten bleibt – unabhängig vom Sektor des neuen Arbeitsplatzes
- Politik sollte nicht auf den Erhalt von Strukturen setzen, sondern Beschäftigte frühzeitig beim Wechsel in ähnliche Tätigkeiten in andere Branchen unterstützen

Nach Massenentlassungen: Einkommensverluste von Industriebeschäftigten sind dann hoch, wenn sie nicht nur in den Dienstleistungssektor, sondern auch in einen Dienstleistungsberuf wechseln

Zwei Drittel der verlorenen Industriearbeitsplätze von 1975 bis 2019 wurden ausgeglichen

Produktionsnahe Berufe im



Industriesektor



Dienstleistungs-
sektor



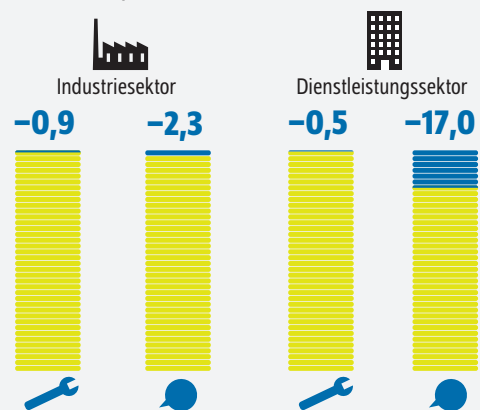
Lohneinkommensverluste¹ pro Jahr nach Arbeitsplatzwechsel, in Prozent



Produktionsnahe
Berufe



Dienstleistungs-
berufe



© CC BY 4.0, creativecommons.org/licenses/by/4.0

¹ Bereinigt um betriebliche Lohnaufschläge.

Quellen: Betriebshistorik-Panel; Stichprobe der Integrierten Arbeitsmarktbiografien.

ZITAT

„Strukturwandel bedeutet nicht, dass produktionsnahe Arbeit gänzlich verschwindet. Nach Wechseln im Zuge von Massenentlassungen fallen Einkommenseinbußen dann gering aus, wenn Beschäftigte ähnliche Tätigkeiten ausüben – auch im Dienstleistungssektor. Unterschiede beruhen vor allem auf Eigenschaften der Betriebe.“

— Thilo Kroeger —

MEDIATHEK



Audio-Interview mit Thilo Kroeger
www.diw.de/mediathek

Beschäftigung im Strukturwandel: Berufe bleiben, Branchen wechseln

Von Thilo Kroeger und Dominik Boddin

ABSTRACT

Der Verlust von Industriearbeitsplätzen in Deutschland wird häufig mit großer Sorge betrachtet. Obwohl im Produzierenden Gewerbe viele produktionsnahe Arbeitsplätze abgebaut werden, entstehen neue Arbeitsstellen mit ähnlichen Tätigkeitsprofilen in Dienstleistungsunternehmen. Rund zwei Drittel der von 1975 bis 2019 in Industriebranchen verlorenen Arbeitsplätze werden so ausgeglichen. Gelingt entlassenen Beschäftigten der Wechsel in einen neuen Job mit ähnlichen Tätigkeiten, bleiben die Einkommensverluste meist gering – unabhängig davon, in welchem Sektor sie arbeiten. Entscheidend ist der Erhalt berufsspezifischer Kompetenzen. Daher sollten nicht einzelne Branchen geschützt, sondern auf Qualifizierung, berufliche Anschlussfähigkeit und Vermittlung über Branchengrenzen hinweg gesetzt werden.

Im Strukturwandel wechseln Beschäftigte und Tätigkeiten zunehmend über Branchengrenzen hinweg.¹ In fortgeschrittenen Volkswirtschaften ist die Beschäftigung im Verarbeitenden Gewerbe zwar langfristig rückläufig.² Dieser auf Branchenebene gemessene Rückgang bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass produktionsnahe Arbeitsplätze im gleichen Umfang verschwinden. Er kann auch mit einer Verlagerung entsprechender Tätigkeiten in Unternehmen des Dienstleistungssektors einhergehen. Aus dieser Unterscheidung folgt die Frage, welche langfristigen Einkommenseffekte solche sektoralen Wechsel für Beschäftigte haben und ob diese davon abhängen, dass sie ihren bisherigen produktionsnahen Beruf beibehalten können.

Branchenstatistiken überschätzen den Rückgang produktionsnaher Arbeit

In Deutschland ist der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der Gesamtbeschäftigung von 47 Prozent im Jahr 1975 auf 23 Prozent im Jahr 2019 gesunken (Abbildung 1, linker Teil). Die übliche Art, Strukturwandel zu messen – anhand der Zahl der Arbeitsplätze in Industriebranchen – berücksichtigt jedoch nicht, dass ein erheblicher Anteil der produktionsnahen Tätigkeiten nicht vollständig aus der Wirtschaft verschwunden ist.

Bei der Standardmessung des Strukturwandels werden Beschäftigte dem Wirtschaftszweig ihres Betriebs zugeordnet. Dieser, in der Forschung und Politik weit verbreitete, Ansatz unterstellt allerdings implizit, dass alle Beschäftigten in einem Industriebetrieb in der Produktion arbeiten und alle Beschäftigten in Dienstleistungsunternehmen Dienstleistungen erbringen, unabhängig davon, welche Aufgaben sie

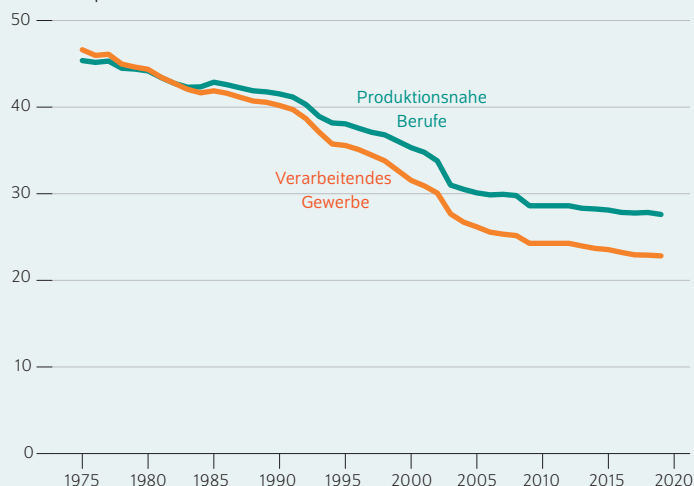
¹ Die in diesem Papier vertretenen Ansichten sind die der Autoren und spiegeln nicht notwendigerweise die Ansichten des DIW Berlin, der Deutschen Bundesbank oder des Eurosystems wider. Dieser Wochenbericht basiert auf Dominik Boddin und Thilo Kroeger (2025): Manufacturing Work Beyond Manufacturing Industries: A Reassessment of Structural Change. DIW Discussion Paper Nr. 2144 (online verfügbar, abgerufen am 9. Juli 2026). Dies gilt auch für alle anderen Online-Quellen dieses Berichts, sofern nicht anders vermerkt.

² Thilo Kroeger, Claudia Schaffranka und Monika Schnitzer (2025): Structural change in Germany: Challenges for growth and productivity. *Intereconomics* 60(5), 290–296.

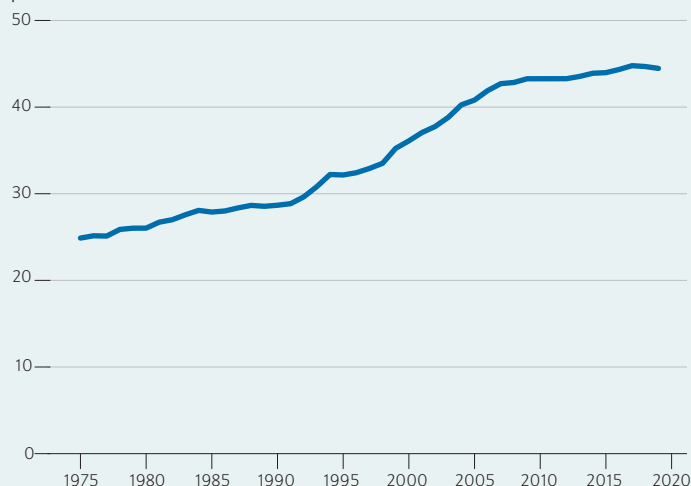
Abbildung 1

Beschäftigungsentwicklung in Deutschland In Prozent

Anteil der Beschäftigung nach Sektor (Verarbeitendes Gewerbe) und Beruf (produktionsnahe Berufe)



Anteil produktionsnaher Berufe im Dienstleistungssektor an allen produktionsnahen Berufen



Anmerkungen: Linker Abbildungsteil: Anteil an der Gesamtbeschäftigung nach Branchenklassifikation des Betriebs und nach beruflicher Klassifikation der Beschäftigten. Rechter Abbildungsteil: Anteil der Beschäftigten in produktionsnahen Berufen in Betrieben des Dienstleistungssektors.

Quellen: Betriebshistorik-Panel (BHP) 1975–2019; Statistisches Bundesamt.

© CC BY 4.0

Produktionsnahe Berufe spielen im Dienstleistungssektor eine immer größere Rolle.

tatsächlich ausüben. Diese Betrachtung kann beispielsweise bei der Analyse von Arbeitsplatzwechseln irreführend sein.

Die Arbeitgeber-Arbeitnehmer-Daten des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) für die Jahre 1975 bis 2019 ermöglichen es, Beschäftigte stattdessen nach ihrem Beruf zu klassifizieren und gleichzeitig den Wirtschaftszweig des Unternehmens zu berücksichtigen (Kasten 1). Dabei wird danach unterschieden, ob Tätigkeiten die Herstellung oder Umwandlung physischer Güter betreffen oder ob immaterielle Dienstleistungen erbracht werden. Bei Ersterem handelt es sich um produktionsnahe oder handwerkliche Berufe, bei Letzterem um Dienstleistungsberufe. Dieser berufsorientierte Ansatz macht Entwicklungen sichtbar, die in herkömmlichen branchenbasierten Statistiken verborgen bleiben.

Es zeigt sich, dass im Lauf der Zeit immer mehr produktionsnahe Arbeitsplätze außerhalb des industriellen Sektors entstanden sind. Im Jahr 2019 arbeiteten 1,7 Millionen mehr Menschen in produktionsnahen Berufen als in Industriebranchen. Somit waren im Jahr 2019 etwa 45 Prozent aller Beschäftigten in produktionsnahen Berufen für Unternehmen des Dienstleistungssektors tätig; im Jahr 1975 waren es nur 25 Prozent (Abbildung 1, rechter Teil). Gemessen am Anteil an der Gesamtbeschäftigung sank die Zahl der Industriearbeitsplätze zwischen 1975 und 2019 um 24 Prozentpunkte, wenn Branchen betrachtet werden. Wird hingegen nach Berufen unterschieden, beträgt der Rückgang lediglich 17 Prozentpunkte, von 45 Prozent auf 28 Prozent (Abbildung 1, linker Teil).

Zwei Drittel der verlorenen Industriearbeitsplätze wurden ersetzt

Zwischen 1975 und 2019 wurden in Industriebranchen rund 1,53 Millionen Produktionsarbeitsplätze abgebaut, während in Dienstleistungsbranchen rund 1,03 Millionen Arbeitsplätze mit produktionsnahen Berufen hinzukamen. Damit wurden etwa 68 Prozent der in Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes verlorenen Produktionsarbeitsplätze durch neu entstandene Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor ausgeglichen (Abbildung 2).

Der Nettorückgang der Produktionsarbeit – definiert über Berufe und damit über tatsächlich ausgeübte Tätigkeiten – betrug in diesem Zeitraum rund 500 000 Arbeitsplätze. Er war damit deutlich kleiner als der durch sektorspezifische Betrachtung wahrgenommene Rückgang von 1,5 Millionen.

Tatsächlich fand in den 2000er Jahren die Hälfte aller Beschäftigten in produktionsnahen Berufen, die Arbeitsplätze in der Industrie verließen, neue Arbeit in Dienstleistungsbranchen und blieb zugleich in produktionsnahen Berufen. Ende der 1970er Jahre lag dieser Anteil noch bei 36 Prozent.

Für Einkommenseinbußen nach Entlassungen ist der Beruf wichtiger als der Sektor

Die Zunahme produktionsnaher Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor lässt die Frage aufkommen, welche

Kasten 1

Datenbasis

Die Studie nutzt zwei repräsentative administrative Datensätze des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), die auf Meldungen zur Sozialversicherung basieren und den Zeitraum von 1975 bis 2019 abdecken. Der erste Datensatz ist das Betriebshistorik-Panel (BHP). Es enthält Informationen zu Betrieben, etwa zu Beschäftigtenstruktur, Löhnen, Qualifikation, Berufen und Wirtschaftszweigen. Der zweite Datensatz ist die Stichprobe der Integrierten Arbeitsmarktbiografien (SIAB). Sie verknüpft individuelle Erwerbsverläufe mit Betriebsinformationen und enthält unter anderem Angaben zu Beruf, Betriebszugehörigkeit, Tagesentgelt, Ausbildung und Beschäftigungsdauer. Für die Analyse ist entscheidend, dass beide Datensätze sowohl den Wirtschaftszweig des Betriebs als auch den Beruf der Beschäftigten enthalten. Dadurch lässt sich unterscheiden, ob eine Person in einem Industrie- oder Dienstleistungsbetrieb arbeitet und ob sie dort eine produktionsnahe Tätigkeit ausübt. Produktionsnahe oder handwerkliche Berufe werden als Tätigkeiten verstanden, die auf die Herstellung oder Umwandlung physischer Güter ausgerichtet sind (Berufsbereich 1, 2 und 3 der Klassifikation der Berufe (KldB) 2010, überarbeitete Fassung 2020).¹ Dienstleistungsberufe umfassen Tätigkeiten, bei denen immaterielle Leistungen erbracht oder verarbeitet werden (in etwa Berufsbereiche 5 bis 9 der KldB 2010, überarbeitete Fassung 2020). Diese Unterscheidung erlaubt es, Strukturwandel nicht nur über Branchen, sondern auch über tatsächliche Aufgabenprofile zu messen.

¹ Bundesagentur für Arbeit (2021) Klassifikation der Berufe 2010 – überarbeitete Fassung 2020 Band 1: Systematischer und alphabetischer Teil mit Erläuterungen (online verfügbar).

Auswirkungen ein Branchenwechsel auf das Bruttoeinkommen der Beschäftigten hat.

Die mit dem Strukturwandel am Arbeitsmarkt einhergehenden Effekte auf die Einkommen der davon betroffenen Beschäftigten können anhand ihrer Erwerbsverläufe genauer analysiert werden. Dazu werden die Erwerbsbiografien von Beschäftigten in Produktionsberufen herangezogen, die im Zuge von Massenentlassungen ihren Arbeitsplatz verloren haben (Kasten 2). Solche Entlassungen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit unabhängig von der individuellen Beschäftigungssituation der betroffenen Personen.³

Der Vergleich der Erwerbsverläufe nach Entlassung im Hinblick auf Beruf und Sektor zeigt, dass Berufswechsel kostspielig sind. Im Vergleich zu Personen, die nicht von einer Massenentlassung betroffen waren, erfahren entlassene Beschäftigte im Durchschnitt langfristige Einkommensrückgänge.

³ Louis S. Jacobson, Robert J. LaLonde und Daniel G. Sullivan (1993): Earnings losses of displaced workers. *American Economic Review* 83(4), 685–709; Johannes F. Schmieder, Till von Wachter und Jörg Heining (2023): The costs of job displacement over the business cycle and its sources: Evidence from Germany. *American Economic Review* 113(5), 1208–1254.

Diese hängen allerdings stark davon ab, wo sie anschließend arbeiten (Abbildung 3). Beschäftigte, die im Industriesektor eine neue Stelle finden und dabei in einem produktionsnahen Beruf bleiben, verlieren im Durchschnitt jährlich rund 2,2 Prozent im Verhältnis zu ihrer bisherigen Entlohnung. Beschäftigte, die im Industriesektor in Dienstleistungsberufe wechseln, büßen rund 4,6 Prozent ihres Einkommens ein. Beschäftigte, die in einem Produktionsberuf bleiben, aber in den Dienstleistungssektor wechseln, verzeichnen größere Lohnverluste von etwa 5,9 Prozent pro Jahr. Die deutlichsten Verluste entstehen bei Beschäftigten, die sowohl den Beruf als auch den Sektor wechseln und anschließend in Dienstleistungsberufen im Dienstleistungssektor arbeiten; sie verlieren im Durchschnitt rund 29,9 Prozent. Damit zeigt sich, dass Beschäftigte, die in produktionsnahen Berufen bleiben, selbst wenn sie in Dienstleistungsunternehmen wechseln, nur verhältnismäßig moderate Einkommensverluste erleiden. Wer dagegen gezwungen ist, in Dienstleistungsberufe zu wechseln, trägt deutlich höhere Kosten.

Betriebsspezifisches Lohnniveau erklärt einen großen Teil der Verluste

Der durch den Sektorwechsel bedingte Einkommensverlust erklärt sich zu großen Teilen durch Unterschiede in den betriebsspezifischen Lohnniveaus – also der durchschnittlichen Lohnunterschiede von Betrieben.⁴ Um betriebsspezifische Lohnunterschiede bereinigt, schrumpft der Lohnnachteil für Beschäftigte, die in den Dienstleistungssektor wechseln, aber in einem Produktionsberuf bleiben, von –5,9 Prozent auf –0,5 Prozent und ist statistisch nicht mehr signifikant. Dagegen bleibt ein Berufswechsel auch nach Bereinigung kostspielig. Beschäftigte, die in Dienstleistungsberufen im Dienstleistungssektor wechseln, erleiden weiterhin hohe Lohnverluste von rund 17 Prozent (Tabelle).

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Beschäftigte in Produktionsberufen, die in Dienstleistungsunternehmen wechseln, in der Regel in schlechter zahlende Betriebe wechseln, nicht grundsätzlich in schlechter bezahlte Tätigkeitsprofile. Der Lohnunterschied zwischen den Sektoren spiegelt also eher Merkmale der Betriebe wider als die Art der Arbeit selbst.

Diese Interpretation steht im Einklang mit anderen aktuellen Studien.⁵ Auch diese zeigen, dass ein großer Teil der Einkommenseinbußen nach Arbeitsplatzverlusten auf Wechsel in schlechter zahlende Betriebe zurückzuführen ist und nicht auf reine Sektorunterschiede.

Langfristig ist der zentrale Treiber von Lohnverlusten der Verlust berufsspezifischen Humankapitals, nicht der Wechsel vom Industrie- in den Dienstleistungssektor an sich.

⁴ Das betriebsspezifische Lohnniveau bezeichnet den durchschnittlichen, beobachteten Lohnunterschied zwischen Betrieben, aber innerhalb von Berufen. Statistisch gleiche Arbeitnehmer*innen in denselben Berufen werden in Betrieben mit höherem betriebsspezifischem Lohnniveau also höher entlohnt. John M. Abowd, Francis Kramarz und David N. Margolis (1999): High wage workers and high wage firms. *Econometrica* 67(2), 251–333.

⁵ Ines Helm, Alice Kügler und Uta Schönberg (2023): Displacement Effects in Manufacturing and Structural Change. IZA Discussion Papers Nr. 16344.

Tabelle

Lohn-Effekte bereinigt um betriebspezifische Lohnunterschiede

Erster Arbeitsplatz nach Entlassung	Basisspezifikation	bereinigt um betriebspezifische Lohnunterschiede
Produktionsnahe Berufe im Verarbeitenden Gewerbe	-0,022***	-0,009***
Produktionsnahe Berufe im Dienstleistungssektor	-0,059***	-0,005
Dienstleistungsberufe im Verarbeitenden Gewerbe	-0,046***	-0,023***
Dienstleistungsberufe im Dienstleistungssektor	-0,299***	-0,170***
Beobachtungen	718 116	694 776

Lesbeispiel: Nach Berücksichtigung von AKM-Betriebseffekten (betriebspezifische Lohnunterschiede) schrumpfen die Lohneinbußen für Beschäftigte, die ihren produktionsnahen Beruf behalten und in den Dienstleistungssektor wechseln, von -5,9 auf -0,5 Prozent.

Anmerkungen: Abhängige Variable ist der logarithmierte Tageslohn. Die Tabelle berichtet statische Differenz-von-Differenzen-Schätzungen. Die Sternchen an den Werten bezeichnen das Signifikanzniveau. ***, ** und * geben die Signifikanz auf dem Ein-, Fünf- und Zehn-Prozent-Niveau an.

Quelle: Stichprobe der Integrierten Arbeitsmarktbiografien (SIAB) 7519, 1975–2019.

© CC BY 4.0

Beschäftigte, die ihren Beruf wechseln müssen, insbesondere jene, die in Dienstleistungsberufe gedrängt werden, erleiden erhebliche und anhaltende Verluste. Dies entspricht bekannten Befunden zum berufsspezifischen Anteil von Humankapital.⁶ Demnach gilt: Sektorwechsel als solche sind nicht das Hauptrisiko. Entscheidend ist, ob Beschäftigte ihr berufliches Kompetenzprofil bewahren können.

Fazit: Berufe stärken, Übergänge erleichtern

Daten für Deutschland über den Zeitraum 1975 bis 2019 zeigen, dass der Rückgang der Industriebeschäftigung überschätzt wird, wenn er allein anhand von Branchenklassifikationen gemessen wird. Eine berufsspezifische Betrachtung zeichnet ein differenziertes Bild, denn die übliche Art, Strukturwandel zu messen, berücksichtigt nicht, dass ein erheblicher Anteil produktionsnaher Jobs nicht vollständig aus der Wirtschaft verschwindet. Stattdessen werden sie durch Arbeitsplätze in Dienstleistungsunternehmen ausgeglichen, die ähnliche berufliche Anforderungen aufweisen.⁷

Entlassene Industriebeschäftigte müssen nicht zwangsläufig in schlechter bezahlte Dienstleistungsjobs wechseln, sondern folgen dieser Verlagerung häufig, ohne ihren Beruf zu wechseln. Solche Übergänge gehen langfristig mit vergleichsweise geringen Lohneinbußen einher.

Für das Verständnis von Strukturwandel und seiner Folgen für Beschäftigte ist der Beruf der Beschäftigten somit deutlich wichtiger als die Branche ihres Arbeitgebers. Strukturwandel erscheint weit weniger disruptiv, wenn er anhand von Berufen, Aufgabenprofilen und Tätigkeiten statt allein anhand von Branchen beurteilt wird.⁸

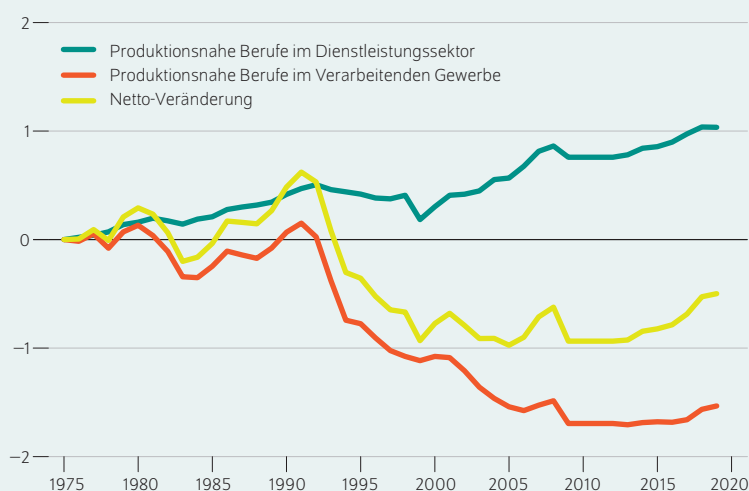
⁶ Gueorgui Kambourov und Iouri Manovskii (2009): Occupational specificity of human capital. *International Economic Review* 50(1), 63–115; Christina Gathmann und Uta Schönberg (2010): How general is human capital? A task-based approach. *Journal of Labor Economics* 28(1), 1–49.

⁷ Vgl. auch Andrew B. Bernard, Valerie Smeets und Frederic Warzynski (2017): Rethinking Deindustrialization. *Economic Policy* 32(89), 5–38.

⁸ Diese Entwicklung findet auch in anderen Ländern statt: Georg Duernecker und Berthold Herrendorf (2022): Structural transformation of occupation employment. *Economica* 89(356), 789–814.

Abbildung 2

Produktionsnahe Berufe in den Sektoren Veränderung der Beschäftigten in Millionen (1975 = 0)



Quelle: Betriebshistorik-Panel (BHP) 1975–2019.

© CC BY 4.0

Während im Verarbeitenden Gewerbe produktionsnahe Arbeitsplätze abgebaut wurden, entstanden im Dienstleistungssektor neue.

Für die Arbeitsmarktpolitik bedeutet dies, dass sie sich stärker an Berufen und Kompetenzen als an Branchen ausrichten sollte. Entscheidend ist, ob Beschäftigte ihr Aufgabenprofil in neue Betriebe mitnehmen können. Gerade weil beispielsweise Automobilwirtschaft, Maschinenbau und Metallverarbeitung einerseits unter Druck stehen und andererseits gleichzeitig Fachkräfte in anderen Branchen fehlen, sollten Maßnahmen ansetzen, bevor Massenentlassungen einsetzen.

Arbeitsagenturen, Betriebe und Sozialpartner sollten gefährdete Beschäftigte frühzeitig dabei unterstützen, ähnliche Tätigkeiten in wachsenden Betrieben und Branchen zu finden. Das gilt besonders in Transformationsphasen,

Kasten 2

Methodik: Identifikation kausaler Effekte des Beschäftigungswechsels

Für die Analyse der individuellen Folgen von Arbeitsplatzverlusten auf Beschäftigte in produktionsnahen Berufen werden Masseneinstellungen herangezogen. Bei Masseneinstellungen kann davon ausgegangen werden, dass der Arbeitsplatzverlust vor allem durch Betriebs- oder Marktbedingungen ausgelöst wird und weniger durch individuelle Entscheidungen oder Leistungen. Für die Definition einer Masseneinstellung werden dabei die Benachrichtigungsschwellenwerte des deutschen Kündigungsschutzrechts zu Grunde gelegt: mindestens fünf Entlassungen in Betrieben mit 21 bis 60 Beschäftigten, mindestens zehn Prozent oder 25 Entlassungen in Betrieben mit 60 bis 500 Beschäftigten sowie mindestens 30 Entlassungen in größeren Betrieben.

Die betroffenen Beschäftigten werden danach unterschieden, welcher Berufs-Sektor-Kombination ihr erstes Arbeitsverhältnis nach dem Entlassungsereignis zuzuordnen ist: produktionsnaher Beruf in einem Industriebetrieb, Dienstleistungsberuf in einem Industriebetrieb, produktionsnaher Beruf in einem Dienstleistungsbetrieb oder Dienstleistungsberuf in einem Dienstleistungsbetrieb. Die Kontrollpersonen arbeiten im Jahr vor der Entlassung in derselben Berufsgruppe und in derselben Wirtschaftsabteilung, sind aber nicht von einer Masseneinstellung betroffen.

Zur Vergleichbarkeit der Effekte werden jeweils eine Kontrollperson sowie eine Person pro Berufs-Sektor-Kombination miteinander verknüpft. Somit werden Fünfergruppen gebildet: eine nicht entlassene Kontrollperson und je eine entlassene Person aus den vier Zielkombinationen. Ausgangspunkt ist jeweils die kleinste

Zielgruppe innerhalb eines Berufs-Wirtschaftszweig-Jahres. Anschließend werden über Propensity Scores und Nearest-Neighbor-Matching zuerst passende Kontrollpersonen und dann passende Beschäftigte aus den übrigen Zielgruppen ergänzt. Jede Kontrollperson kann nur einmal verwendet werden. Dadurch entstehen Gruppen, deren Mitglieder vor der Entlassung sehr ähnliche beobachtbare Merkmale aufweisen und mit gleichem Gewicht in die Schätzung eingehen.

Die Schätzung der Effekte der Entlassung und des folgenden Jobs auf Arbeitsmarktergebnisse, wie dem hier betrachteten Lohn, folgt einer Differenz-von-Differenzen-Logik. Vereinfacht lautet die Schätzgleichung:

$$y_{ijt} = \sum_{m=1}^4 \gamma_m \mathbb{1}\{i \in M_m\} \cdot Post_t + \beta Post_t + \alpha_i + \theta_t + X'_{it} \xi + \varepsilon_{it}$$

Dabei ist y_{ijt} das Ergebnis für Person i in Betrieb j im Jahr t , etwa Jahreseinkommen, Tageslohn, Beschäftigungstage oder Zahl der Arbeitgeber. M_m bezeichnet eine der vier Zielkombinationen nach der Entlassung. $Post_t$ markiert die Jahre nach der Entlassung. Die Koeffizienten γ_m messen, wie sich die Ergebnisse der entlassenen Beschäftigten in Zielgruppe m nach der Entlassung relativ zu vergleichbaren nicht entlassenen Beschäftigten verändern. α_i berücksichtigt zeitinvariante individuelle Unterschiede, θ_t gemeinsame Jahreseffekte und X'_{it} veränderliche Merkmale wie das Alter. Für Abbildung 3 wird eine dynamische Variante dieser Gleichung geschätzt, in der die Effekte für jedes Jahr vor und nach der Entlassung separat ausgewiesen werden.

weil Arbeitslosigkeit sich verfestigen kann und technisches Erfahrungswissen schnell an Wert verliert, wenn es nicht eingesetzt oder auf dem aktuellen Stand gehalten wird. Die Arbeitsmarktdrehkreise der Bundesagentur für Arbeit – Plattformen zur präventiven Vermittlung, auf denen Unternehmen, die Personal abbauen, mit Betrieben, die Arbeitskräfte suchen, zusammenkommen – sind dafür ein geeignetes Instrument.

Der Dienstleistungssektor ist kein einheitliches Auffangbecken für gering bezahlte Tätigkeiten. Er umfasst auch wissensintensive und produktionsnahe Bereiche, etwa IT, Qualitätskontrolle, Design, Analytik, Logistik, Wartung, technische Planung und andere ausgelagerte Funktionen industrieller Wertschöpfung.⁹ Weiterbildung und Vermittlung sollten dies gezielt nutzen. Sie helfen Beschäftigten mit Produktionserfahrung, ihre Kompetenzen weiter einzusetzen, statt in fachfremde Tätigkeiten zu wechseln, in denen die Einkommensverluste deutlich größer sind.

⁹ Vgl. Susan Houseman (2007): Outsourcing, offshoring and productivity measurement in United States manufacturing. *International Labour Review* 146(1–2), 61–80; Deborah Goldschmidt und Johannes F. Schmieder (2017): The rise of domestic outsourcing and the evolution of the German wage structure. *The Quarterly Journal of Economics*, 132(3), 1165–1217; Jérôme Barthelemy und Dominique Geyer (2001): IT outsourcing: Evidence from France and Germany, *European Management Journal*, 19(2), 195–202.

Unternehmen, die Beschäftigte halten wollen, sind gefordert, vorausschauend zu planen, Veränderungsprozesse offen zu kommunizieren und Qualifizierung vor der Krise zu beginnen. Kurzarbeit kann zwar konjunkturelle Schwächephasen überbrücken, verzögert allerdings eine schnelle Reallokation in neue Tätigkeiten; im längerfristigen Strukturwandel sollte sie daher verbindlich mit Weiterbildung verbunden werden.¹⁰

Mehr Wettbewerb um Arbeitskräfte kann den Strukturwandel erleichtern, wenn Beschäftigte gute Informationen und realistische Alternativen haben.¹¹ Lohn- und Informationstransparenz kann Wechsel in produktivere Betriebe erleichtern und die Marktmacht einzelner Arbeitgeber begrenzen.¹²

¹⁰ Vgl. Thilo Kroeger, Benedikt Runschke und Lenard Simon (2025): Arbeitsmarkt im Wandel: Polarisierung, Fachkräfteengpässe und Labour Hoarding. *Wirtschaftsdienst* 105(6), 423–427; Enzo Weber (2025): Beschäftigungssicherung: Kurzarbeit plus Qualifizierung. *Wirtschaftsdienst* 105(3), 150; Christina Brinkmann et al. (2025): Short-Time Work Extensions NBER Working Paper Nr. 33112; Christian Kagerl (2024): The Employment and Windfall Effects of Short-Time Work: Evidence from Germany. IAB-Discussion Paper Nr. 14; Bernd Fitzenberger, Christian Kagerl und Stefanie Wolter (2026): Transformation angehen statt Kurzarbeit verlängern. IAB-Stellungnahme 3.

¹¹ Vgl. Clemens Fuest und Simon Jäger (2023): Können höhere Löhne zur Überwindung des Fachkräftemangels beitragen? *Wirtschaftsdienst* 103(4), 253–258; David Autor, Arindrajit Dube und Annie McGrew (2023): The Unexpected Compression: Competition at Work in the Low Wage Labor Market. NBER Working Paper Nr. 31010.

¹² Vgl. Zoë Cullen (2024): Is Pay Transparency Good? *Journal of Economic Perspectives* 38(1), 153–180.

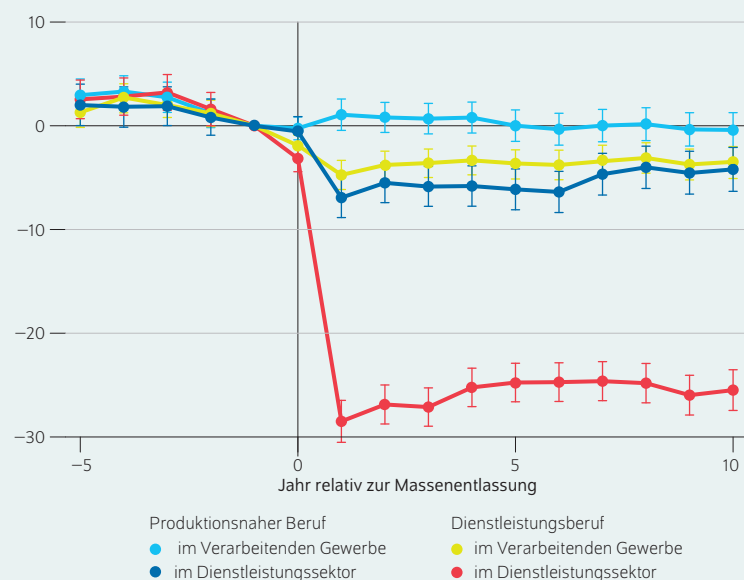
Zugleich ist es sinnvoll, die Transformation im Produzierenden Gewerbe zu unterstützen. Transformationsprojekte und unsichere Investitionen sollten nicht bereits im Ansatz durch starre und überbordende Regulierung unterbunden werden. Ein pauschaler Abbau von Beschäftigungsschutz ist allerdings nicht der richtige Ansatz, um Flexibilität und Mobilität zu erhöhen. Stabile Beschäftigungsverhältnisse bedeuten Verlässlichkeit und erleichtern damit Qualifikationsentscheidungen. Außerdem sind Anreize, aus unbefristeter in befristete Beschäftigung zu wechseln, gering; der Arbeitsmarkt könnte verhärten. Zusätzliche Flexibilität wie die in der Diskussion befindliche Ausweitung der sachgrundlosen Befristung auf bis zu vier Jahre könnte aber dort sinnvoll sein, wo neue Projekte oder riskantere Investitionen sonst unterbleiben würden.¹³ Sie sollte allerdings auf neu geschaffene Stellen in Transformationsprojekten begrenzt bleiben – womit sie sich auch begründen ließe – und bei Gelingen in entfristete Beschäftigungsverhältnisse überführt werden. Darüber hinaus sollte sie mit Weiterbildung, Beratung und Übergangssicherung verbunden werden. So kann Bewegung am Arbeitsmarkt entstehen, ohne berufsspezifisches Humankapital unnötig zu entwerten, und es wird Unternehmen des Produzierenden Gewerbes ermöglicht, ihre Wettbewerbsfähigkeit auszubauen.

¹³ Vgl. Enzo Weber (2026): Warum nicht mal Jobwechsel auf Probe? Gastbeitrag in Die Zeit, 30. Juni 2026 (online verfügbar).

Abbildung 3

Bruttoeinkommenseffekte erzwungener Arbeitsplatzwechsel auf das Lohnniveau

Lohnveränderung in Prozent



Anmerkungen: Effekte auf das Lohnniveau nach erster wieder aufgenommenen Tätigkeit. Die Abbildung zeigt die geschätzten Koeffizienten und 95-Prozent-Konfidenzintervalle relativ zum Zeitpunkt der Massenentlassung. Das 95-Prozent-Konfidenzintervall bedeutet, dass in 95 Prozent der Fälle der unbekannte tatsächliche Wert in diesem Intervall liegt. Die Fehlerwahrscheinlichkeit beträgt entsprechend fünf Prozent. Je enger das Intervall, desto genauer ist der geschätzte Effekt. Die Entlassung findet zwischen dem 30. Juni des Jahres 0 und dem 30. Juni des Jahres 1 statt.

Quelle: Stichprobe der Integrierten Arbeitsmarktbiografien (SIAB) 7519, 1975–2019.

© CC BY 4.0

Vor allem Beschäftigte, die nach Arbeitsplatzverlust von einem produktionsnahen Beruf in einen Dienstleistungsberuf wechseln, erleiden Einkommensverluste.

Thilo Kroeger ist Wissenschaftler in der Abteilung Unternehmen und Märkte im DIW Berlin | tkroeger@diw.de

Dominik Boddin ist Senior Ökonom bei der Deutschen Bundesbank

JEL: E24, J21, J24, J31, J63, L23

Keywords: Employment structure, structural change, displacements, layoffs, occupations, manufacturing decline, germany

© Der Artikel ist gemäß der Creative-Commons-Lizenz CC BY 4.0 nachnutzbar: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

This report is also available in an English version as DIW Weekly Report 32/2026:

www.diw.de/diw_weekly



INTERVIEW



Thilo Kroeger, Wissenschaftlicher Referent in der Abteilung Unternehmen und Märkte im DIW Berlin

„Strukturwandel: Einkommens- einbußen dann eher gering, wenn Beschäftigte im Beruf bleiben“

1. **Herr Kroeger, wie viele Industriearbeitsplätze gingen in den letzten Jahrzehnten in Deutschland verloren?** In unserer Studie kommen wir auf etwa 1,5 Millionen verlorene Industriearbeitsplätze im Zeitraum von 1975 bis 2019. Dabei handelt es sich allerdings spezifisch um Arbeitsplätze in der Industrie, in denen auch produktionsnahe Tätigkeiten ausgeführt wurden.
2. **Sie klassifizieren in Ihrer Studie die Beschäftigten nach Ihrem Beruf und nicht nach der Branche. Welchen Unterschied macht das bei der Analyse des Strukturwandels in Deutschland?** Wir stellen fest, dass diese Unterscheidung recht wichtig ist. Aus der Perspektive der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer betrachtet, ist der Beruf wesentlich wichtiger als die Branche, in der sie arbeiten. Wenn wir insbesondere im Strukturwandel Personen betrachten, die einen produktionsnahen Beruf haben, stellen wir fest, dass der Rückgang von Arbeitsplätzen gesamtwirtschaftlich wesentlich weniger stark ausgeprägt ist, als wenn man rein auf Arbeitsplätze in der Industrie abstellen würde.
3. **Also ändert sich diese Zahl von 1,5 Millionen Arbeitsplätzen durch diese andere Berechnung noch einmal?** Richtig. Während in der Industrie etwa 1,5 Millionen Arbeitsplätze abgebaut wurden, sind in Unternehmen des Dienstleistungssektors in etwa eine Million Arbeitsplätze für Berufe mit ähnlichen Tätigkeiten hinzugekommen. Deswegen ist der Nettoverlust von produktionsnahen Arbeitsplätzen etwa zwei Drittel geringer und liegt nur bei ungefähr einer halben Million über diesen Zeitraum von 45 Jahren.
4. **Ist bei einem Wechsel von einem Produktionsberuf in einen Dienstleistungsberuf mit einem Einkommensverlust zu rechnen?** Grundsätzlich ist bei jedem nicht freiwillig getätigten Arbeitsplatzwechsel mit Einkommensverlusten zu rechnen, insbesondere weil wir uns für die Identifikation dieser Lohneffekte Massenentlassungen anschauen, die unabhängig von den einzelnen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern sind. Wir stellen dabei fest,

dass wenn tatsächlich ein Wechsel von einem produktionsnahen Beruf zu einem Dienstleistungsberuf stattfindet, der Lohn um bis zu 30 Prozent niedriger sein kann. Allerdings hängt das auch damit zusammen, in welcher Branche man danach wieder arbeitet.

5. **Wie disruptiv ist der Strukturwandel in Deutschland? Ist er vielleicht weniger verhängnisvoll, als er vielfach dargestellt wird?** Da muss man ein bisschen über den Bericht hinaus schauen. Grundsätzlich gilt, dass wenn man auf die rein zahlenmäßige Beschäftigung in der Industrie abstellt, der Strukturwandel relativ disruptiv ist. Wenn man aber die Individuen betrachtet oder versucht, sie besser zu betrachten, beispielsweise über die Berufe, die die Personen haben, dann stellt man fest, dass der Strukturwandel wesentlich weniger disruptiv ist, einfach weil auch im Dienstleistungssektor solche produktionsnahen Berufe oder Tätigkeiten benötigt und relativ ähnlich entlohnt werden.
6. **Welche arbeitsmarktpolitische Bedeutung haben Ihre Ergebnisse?** Aus unserer Sicht ist für arbeitsmarktpolitische Maßnahmen wichtig, dass man auf die Berufe, auf die erlernten Tätigkeiten, sowie auf das Wissen der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer abstellt und eben nicht auf die Branchen, die im Strukturwandel schrumpfen und in deren Arbeitsplätze abgebaut werden. Das heißt, man sollte nicht versuchen, Branchen und Arbeitsplätze in Branchen zu erhalten, sondern man sollte versuchen, die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in ähnliche Berufe mit ähnlichen Tätigkeiten weiterzuvermitteln, unabhängig davon, welche Branchen das sind. Das kann dann auch im Dienstleistungssektor sein.

Das Gespräch führte Erich Wittenberg.

© © Der Artikel ist gemäß der Creative-Commons-Lizenz CC BY 4.0 nachnutzbar: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Das vollständige Interview zum Anhören finden Sie auf www.diw.de/interview

SOEP Papers Nr. 1240

2026 | Li Kathrin Kaja Rupieper, Stephan Thomsen



Adult Education and Political Participation: Evidence from East German Volkshochschulen

This paper examines the effects of voluntary, non-formal adult education on political attitudes, participation, and partisanship, exploiting the expansion of courses at East German Volkshochschulen (VHS) after reunification. Combining administrative VHS data with individual survey data and federal election results, we use quasi-random variation in local course availability to identify causal effects in two-way fixed effects models. We find no significant impact on political attitudes and partisanship, suggesting that political socialization and ideologization play limited roles in adult education. Yet, courses significantly affect some forms of political participation, as they increase volunteering and reduce turnout. These effects are not driven by civic education courses. Further participatory behaviors remain unaffected. This variation in effects across participatory behaviors hints to a more complex relationship than commonly assumed: One may only understand the effect of adult education on political participation when understanding its effects on other areas of life as well, given the interplay of the productive and political roles of human capital.

www.diw.de/publikationen/soeppapers



SOEP Papers Nr. 1241

2026 | Laszlo Goerke, Markus M. Grabka, Viola Hilbert, Yue Huang



Industrial Relations and Working from Home in Germany during the COVID-19 Pandemic

We investigate the role of industrial relations for working from home during and after the COVID-19 pandemic in Germany. Using data from the German Socio-Economic Panel (SOEP) for the years 2020 to 2023 and a special COVID sample (SOEP-CoV) for 2020 and 2021, we examine how collective bargaining and plant-level co-determination are associated with the incidence and frequency of working from home. Controlling for worker, firm, occupation, and industry characteristics, we find that employees covered by a collective bargaining agreement are less likely to work from home and do so less frequently than uncovered employees. In contrast, the incidence and frequency of working from home are positively associated with the presence of a works council.

www.diw.de/publikationen/soeppapers





ALEXANDER S. KRITIKOS

Nicht weniger Staat, sondern besserer Staat: Verwaltungsqualität als Standortpolitik

Alexander S. Kritikos ist Mitglied des Vorstands und Leiter der Forschungsgruppe Entrepreneurship im DIW Berlin. Der Kommentar gibt die Meinung des Autors wieder.

Bürokratie ist in Deutschland zu einem realwirtschaftlichen Standortrisiko geworden. Wenn sich Genehmigungsverfahren für Investitionen über Jahre hinziehen, die Zulassung von Fachkräften aus Drittstaaten an umständlichen Prozessen scheitert oder Dokumentationspflichten immer komplexer werden, bremst dies Investitionen und Innovationen.

Deutschland diskutiert seit 20 Jahren über weniger Bürokratie – und hat immer mehr davon. Allein aus Brüssel flossen zuletzt über 13.000 neue Vorschriften ein. Unternehmen werden mit Dokumentations-, Berichts- und Nachweispflichten überhäuft. Die Management-Aufmerksamkeit verschiebt sich von unternehmerischen Chancen hin zur Bewältigung administrativer Anforderungen. Die Folge: Erste Unternehmen schließen, weil sich die Produktion in Deutschland wegen steigender Bürokratielasten nicht mehr lohnt. Andere verlagern ihren Standort und tätigen Neuinvestitionen nicht mehr hierzulande. Die Bundesregierung hat das Problem erkannt. Das Ziel, die Bürokratiekosten bis 2029 um 25 Prozent zu senken, ist ein wichtiges Signal an den Standort.

Bisherige Beschlüsse – etwa zur Vereinfachung von Berichtspflichten – leisten erste Beiträge. Solange aber die Politik versucht, Vorschriften an einer Stelle abzubauen, während an anderer Stelle durch neue Vorgaben ein Vielfaches hinzukommt, bleibt der Netto-Effekt für die Unternehmen negativ. Es fehlt an einer Gesamtstrategie.

Wenn der Abbau von Regulierung in allen OECD-Staaten seit 20 Jahren weitgehend gescheitert ist, muss die Logik verändert werden. Eine moderne, komplexe Gesellschaft benötigt Regeln. Der entscheidende Hebel ist nicht die Existenz der Regel, sondern die Qualität ihrer Umsetzung. Der Fokus muss sich vom reinen Abbau von Vorschriften hin zum Aufbau einer qualitativ hochwertigen Verwaltung verschieben. Eine leistungsstarke Verwaltung federt die negativen Effekte einer hohen Regulierungsdichte effektiv ab. Wo Verwaltung sich als professioneller Dienstleister und Partner der Unternehmen versteht, wird Regulierung eben nicht als Bremse, sondern als verlässlicher Rahmen erlebt.

Für ein Unternehmen macht es einen existenziellen Unterschied, ob eine Behörde als Kontrolleur auftritt, der Prozesse blockiert, oder als Partner, der Anträge aktiv unterstützt.

Wie lässt sich ein Mentalitäts- und Strukturwandel erreichen? Vier Handlungsfelder sind entscheidend: Zum einen durch digitale Integration: Die Verwaltung muss Prozesse konsequent „end-to-end“ digitalisieren und durch den Einsatz von KI beschleunigen. Zum zweiten durch Investition in staatliche Handlungsfähigkeit: Personal und Infrastruktur müssen auf ein Niveau gehoben werden, das den Anforderungen einer globalisierten Wirtschaft entspricht. Servicequalität und Geschwindigkeit müssen zu zentralen Erfolgsmaßstäben werden. Zum dritten durch Verlagerung von Verantwortung: Hohe Verwaltungsqualität verlangt, Ermessen präzise zu definieren und Entscheidungsverantwortung auf die Arbeitsebene zu delegieren, statt jeden Vorgang nach oben zu reichen. Klar umrissene Handlungsspielräume auf der Sachbearbeitungsebene sind der wirksamste Beschleuniger von Verfahren. Und viertens durch Ergebnisorientierung: Schließlich besteht das Ziel darin, die Dauer von Genehmigungsverfahren zu halbieren. Um dieses Ziel zu erreichen, sind eine verbesserte Ausgestaltung von Genehmigungsprozessen und eine Straffung der Widerspruchsverfahren erforderlich.

Die Forderung an Politik, Ministerien und Wissenschaft ist klar: Deutschland braucht keinen symbolischen Abbau von Einzelschriften, sondern eine Investitionsoffensive in die Qualität der Verwaltung. Ziel muss eine Verwaltung sein, deren Exzellenz dazu führt, dass notwendige Regulierung nicht mehr als Belastung, sondern als effiziente Dienstleistung wahrgenommen wird. Das ist die Staatsmodernisierung, die den Zukunftsstandort Deutschland trägt.

Der Beitrag ist am 23. Juli 2026 im Blog Zukunftsstandort Deutschland der Bertelsmann Stiftung erschienen.

© © Der Artikel ist gemäß der Creative-Commons-Lizenz CC BY 4.0 nachnutzbar: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>