ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Statistisches Bundesamt (Destatis) (Ed.)

Periodical Part

WISTA – Wirtschaft und Statistik, Ausgabe 4/2025

WISTA - Wirtschaft und Statistik

Provided in Cooperation with:
Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden

Suggested Citation: Statistisches Bundesamt (Destatis) (Ed.) (2025) : WISTA – Wirtschaft und Statistik, Ausgabe 4/2025, WISTA - Wirtschaft und Statistik, ISSN 1619-2907, Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden, Vol. 77, Iss. 4

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/324744

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

DESTATIS
Statistisches Bundesamt

WISTA Wirtschaft und Statistik

Olga Pötzsch	Der dritte Geburtenrückgang im vereinigten Deutschland – Analysen und Hintergründe
Olga Grigoriev	Sozioökonomische Unterschiede in der Sterblichkeit in Deutschland
Kai Dreschmitt | Jan Eberle	Weiterentwicklung der Schätzung von Langzeitmigration
Tobias Enderle | Martin Möhler	Verfahrensbeschreibung der Cell-Key-Methode zur Geheimhaltung stetiger Merkmale
Florian Hennig | Maren Köhlmann | Julius Weißmann | Marianne Schepers	Erforschung von Satelliten- und weiteren Fernerkundungsdaten zur Ermittlung von Gebäudeangaben
Hanna Brenzel | Yannik Garcia Ritz	Partielle Synthetisierung zur Anonymisierung der verknüpften Verdienststrukturerhebung 2018 – Teil 1: Methodik und Evaluation der Datennützlichkeit
Severin V. Weiand	Vergleich von Record-Linkage-Methoden anhand der Mikrosimulation eines bundesweiten Bildungsverlaufsregisters
Elisa Rottner	Zwischen internationalem Wettbewerb und Klimaschutz – die deutsche Industrie
Sonja Leischner | Dorothea Klumpen | Alicia Knapp	Auswirkungen der revidierten europäischen Statistikverordnung auf die amtliche Statistik in Deutschland
Sonja Leischner | Aiman Khalil	Informationelle Infrastruktur in der amtlichen Statistik – der Zugang kommunaler Statistikstellen zu bundesstatistischen Einzelangaben

4 | 2025

ABKÜRZUNGEN

D	Durchschnitt (bei nicht addierfähigen Größen)
Vj	Vierteljahr
Hj	Halbjahr
a. n. g.	anderweitig nicht genannt
o. a. S.	ohne ausgeprägten Schwerpunkt
Mill.	Million
Mrd.	Milliarde

ZEICHENERKLÄRUNG

–	nichts vorhanden
0	weniger als die Hälfte von 1 in der letzten besetzten Stelle, jedoch mehr als nichts
.	Zahlenwert unbekannt oder geheim zu halten
. . .	Angabe fällt später an
X	Tabellenfach gesperrt, weil Aussage nicht sinnvoll
I oder —	grundsätzliche Änderung innerhalb einer Reihe, die den zeitlichen Vergleich beeinträchtigt
/	keine Angaben, da Zahlenwert nicht sicher genug
( )	Aussagewert eingeschränkt, da der Zahlenwert statistisch relativ unsicher ist
	Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen.
	Tiefer gehende Internet-Verlinkungen sind hinterlegt.

INHALT

3	Editorial
4	Kennzahlen und Indikatoren
8	Aktuelle Informationsangebote
10	Kurznachrichten
17	Olga Pötzsch **Der dritte Geburtenrückgang im vereinigten Deutschland – Analysen und Hintergründe** *Third decline in births in Germany since reunification – Analysis and background*
33	Olga Grigoriev **Sozioökonomische Unterschiede in der Sterblichkeit in Deutschland** *Socioeconomic differences in mortality in Germany*
43	Kai Dreschmitt, Jan Eberle **Weiterentwicklung der Schätzung von Langzeitmigration** *Further development of method for estimating long-term migration*
57	Tobias Enderle, Martin Möhler **Verfahrensbeschreibung der Cell-Key-Methode zur Geheimhaltung stetiger Merkmale** *Using the cell key method to keep continuous variables confidential – A description of the process*

INHALT

70 Florian Hennig, Maren Köhlmann, Julius Weißmann, Marianne Schepers
Erforschung von Satelliten- und weiteren Fernerkundungsdaten zur Ermittlung von Gebäudeangaben
Exploration of satellite data and other remote sensing data to collect information on buildings

83 Hanna Brenzel, Yannik Garcia Ritz
Partielle Synthetisierung zur Anonymisierung der verknüpften Verdienststrukturerhebung 2018 – Teil 1: Methodik und Evaluation der Datennützlichkeit
Partial data synthesis for anonymising the linked datasets of the 2018 Structure of Earnings Survey – Part 1: methodology and evaluation of data utility

95 Severin V. Weiand
Vergleich von Record-Linkage-Methoden anhand der Mikrosimulation eines bundesweiten Bildungsverlaufsregisters
Comparison of record linkage methods based on the microsimulation of a national educational trajectory register

106 Elisa Rottner
Zwischen internationalem Wettbewerb und Klimaschutz – die deutsche Industrie
German industry: between international competition and climate protection

116 Sonja Leischner, Dorothea Klumpen, Alicia Knapp
Auswirkungen der revidierten europäischen Statistikverordnung auf die amtliche Statistik in Deutschland
Impact of the revised European Statistics Regulation on official statistics in Germany

126 Sonja Leischner, Aiman Khalil
Informationelle Infrastruktur in der amtlichen Statistik – der Zugang kommunaler Statistikstellen zu bundesstatistischen Einzelangaben
Information infrastructures in official statistics – access of municipal statistical units to individual data from federal statistics

EDITORIAL

Dr. Ruth Brand

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

die Bevölkerungsstatistik hat erhebliche Bedeutung für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft in Deutschland. Sie ist die Grundlage für evidenzbasierte Entscheidungen bei der Planung von Infrastruktur und Dienstleistungen und trägt dazu bei, auf gesellschaftliche Herausforderungen wie den demografischen Wandel oder die Migration angemessen reagieren zu können. Gleich drei Beiträge in dieser Ausgabe unseres Wissenschaftsmagazins beschäftigen sich mit der Bevölkerungsstatistik als zentraler Aufgabe der amtlichen Statistik: Ein Thema ist der Geburtenrückgang in Deutschland, der schon seit 2017 anhält. Er wird in Bezug auf die politische und gesellschaftliche Situation eingeordnet und für verschiedene Bevölkerungsgruppen analysiert. Der nächste Aufsatz beschreibt die Methodik der Mortalitätsstatistik und geht dabei insbesondere auf Unterschiede im sozioökonomischen Hintergrund ein. Ein dritter Artikel behandelt die Weiterentwicklung der Schätzung von Langzeitmigration.

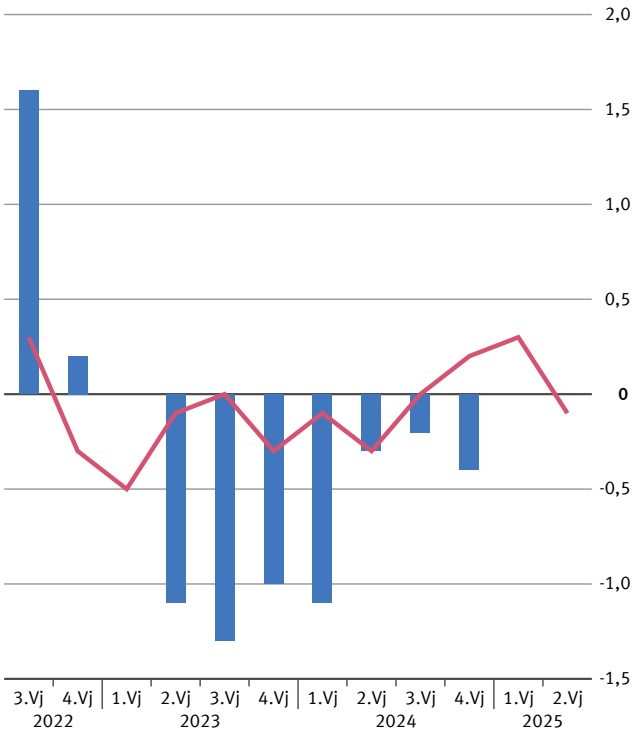
Passend dazu möchte ich Ihnen die neue Sonderseite im Internetangebot des Statistischen Bundesamtes ans Herz legen: Der Durchschnittsmensch in Deutschland. Wie viel verdient der durchschnittliche Mensch, wofür gibt er sein Geld aus, wie alt ist und wird er – zu vielen Lebensbereichen gibt es nun einen schnellen und verständlichen Überblick. Schauen Sie mal rein!

Und natürlich empfehle ich Ihnen auch die weiteren Beiträge in dieser WISTA-Ausgabe. Der Artikel zur Erforschung von Fernerkundungsdaten ist ebenso informativ wie die Aufsätze über die Auswirkungen der revidierten europäischen Statistikverordnung auf die amtliche Statistik sowie zum Zugang kommunaler Statistikstellen zu bundesstatistischen Einzelangaben. Außerdem stellen Ihnen eine Preisträgerin und ein Preisträger unseres Wissenschaftspreises „Statistical Science for the Society“ 2024 ihre Arbeiten zur Messung von CO_2-Emissionen in der Industrie sowie zur Nutzung von Record-Linkage-Methoden vor.

Ruth Brand

Präsidentin des Statistischen Bundesamtes

Bruttoinlandsprodukt
in %

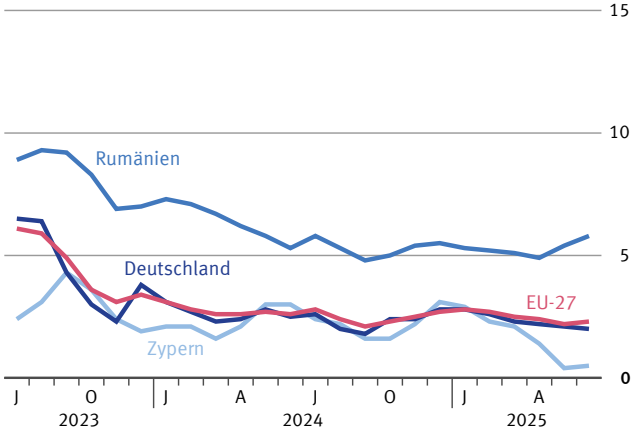


Verbraucherpreisindex
2020 = 100

2024		2025	
Januar	117,6	Januar	120,3
Februar	118,1	Februar	120,8
März	118,6	März	121,2
April	119,2	April	121,7
Mai	119,3	Mai	121,8
Juni	119,4	Juni	121,8
Juli	119,8	Juli	122,2
August	119,7		
September	119,7		
Oktober	120,2		
November	119,9		
Dezember	120,5		

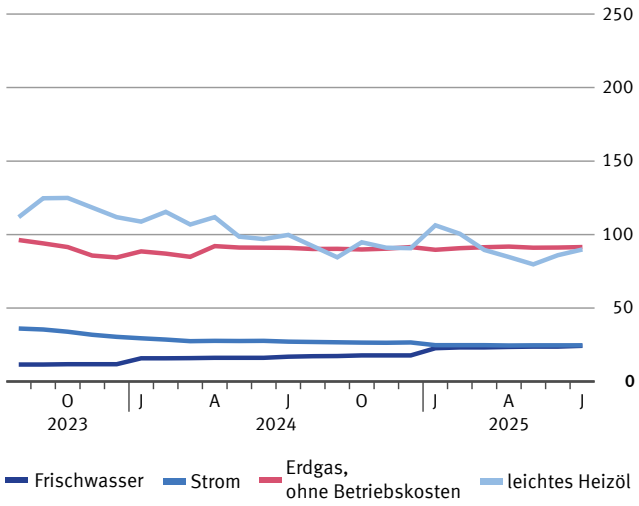
2,0 %
Veränderung zum Vorjahresmonat

Harmonisierter Verbraucherpreisindex insgesamt
Veränderung gegenüber dem Vorjahresmonat in %



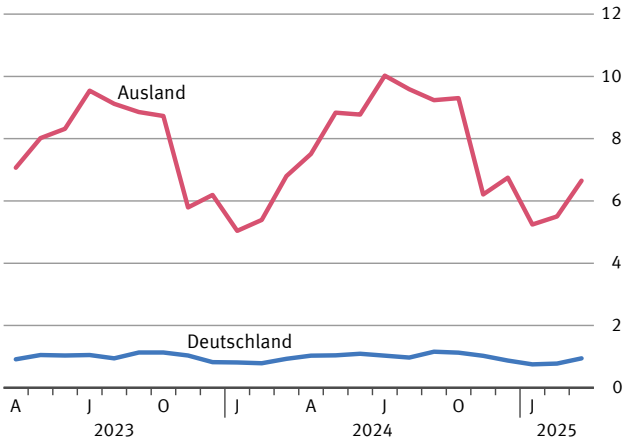
Dargestellt sind neben Deutschland und der Europäischen Union insgesamt (EU-27) die Länder mit der höchsten und der niedrigsten Veränderungsrate innerhalb der EU.

Entwicklung der Verbraucherpreise für Energie und Wasser
Preisabstand in % gegenüber dem Jahr 2020

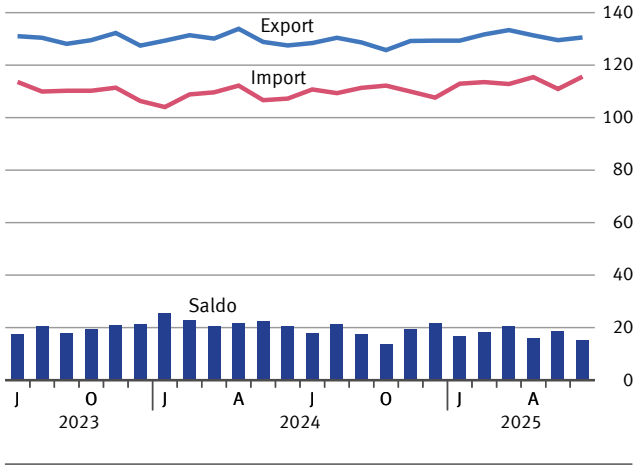


Stand: 13.08.2025

Einsteigende Flugpassagiere auf deutschen Flughäfen nach dem Streckenziel
in Mill.

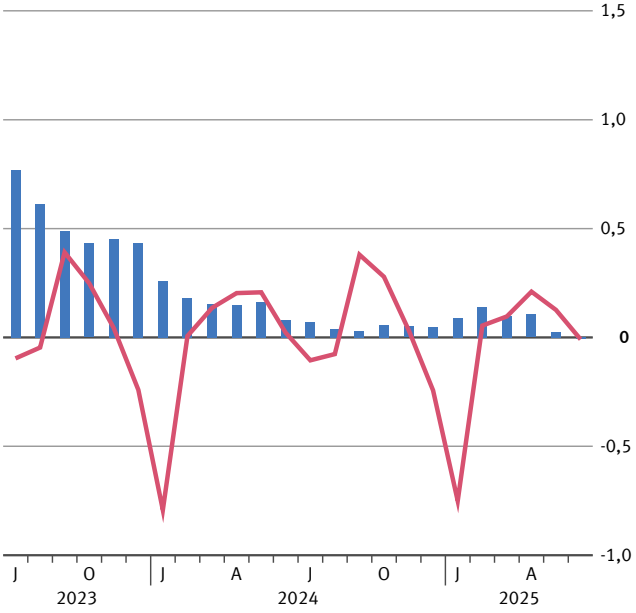


Außenhandel
in Mrd. EUR



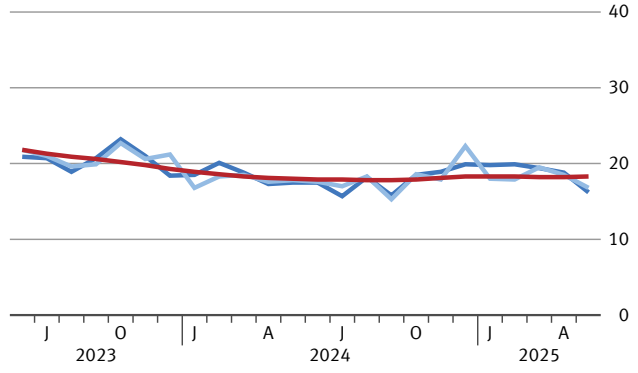
Kalender- und saisonbereinigte Werte nach dem Verfahren X13 JDemetra+. – Vorläufiges Ergebnis.

Erwerbstätige mit Wohnort in Deutschland
Veränderungen in %



Veränderung gegenüber dem Vorjahresmonat
Veränderung gegenüber dem Vormonat

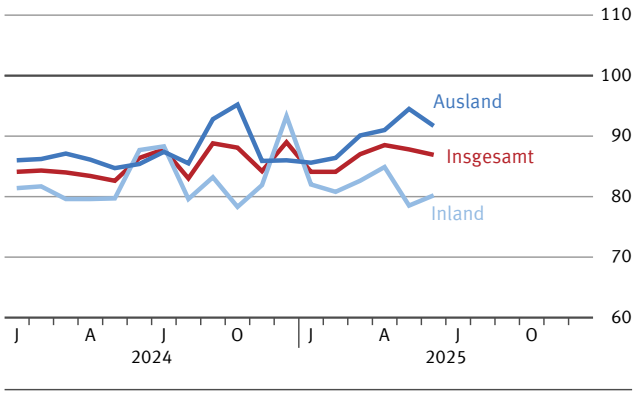
Genehmigte Wohnungen
Wohn- und Nichtwohngebäude, in 1 000



Trend-Konjunktur-Komponente (Berliner Verfahren)
Originalwerte
saison- und kalenderbereinigte Werte

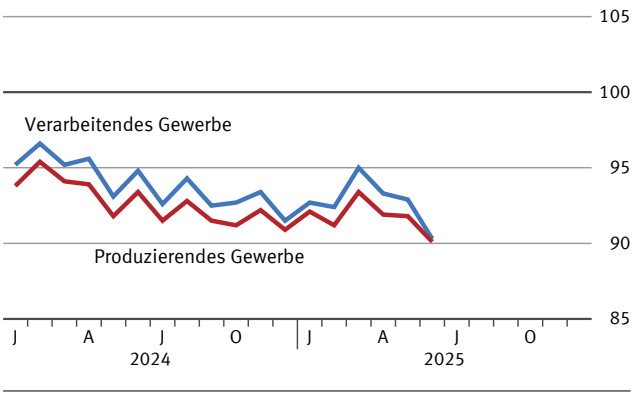
Stand: 13.08.2025

Auftragseingang im Verarbeitenden Gewerbe
Volumenindex 2021 = 100



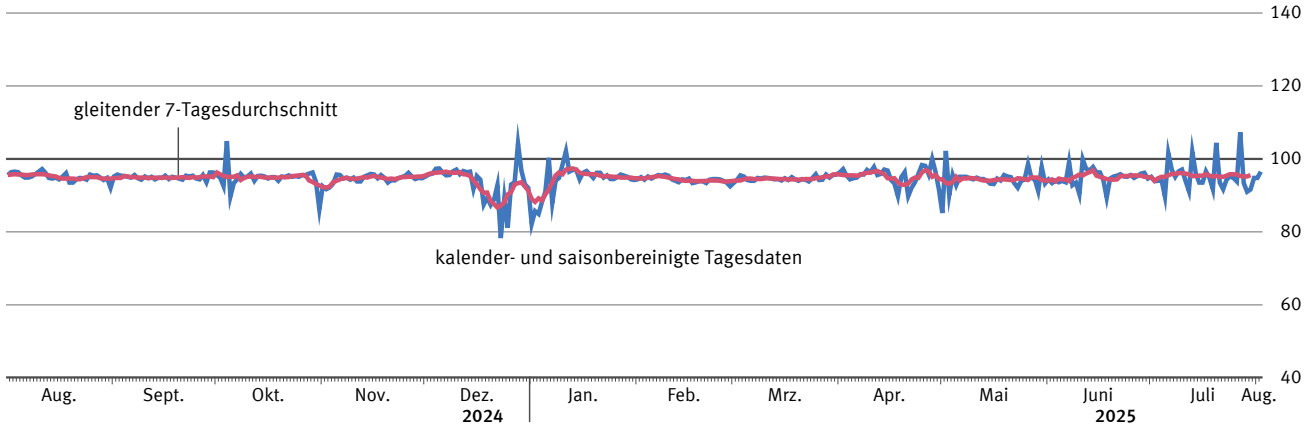
Kalender- und saisonbereinigter Wert nach dem Verfahren X13 JDemetra+. – Vorläufiges Ergebnis.

Produktion im Produzierenden und Verarbeitenden Gewerbe
Index 2021 = 100



Kalender- und saisonbereinigte Werte nach dem Verfahren X13 JDemetra+. – Vorläufiges Ergebnis.

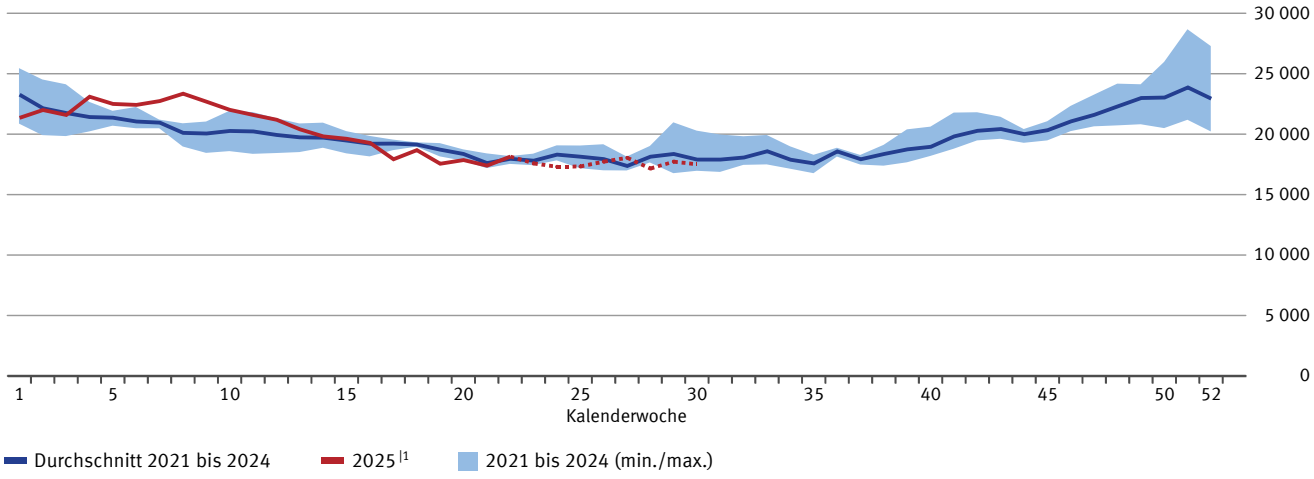
Lkw-Maut-Fahrleistungsindex
2021 = 100



Quellen: Bundesamt für Logistik und Mobilität, Deutsche Bundesbank, Statistisches Bundesamt

Stand: 13.08.2025

Wöchentliche Sterbefallzahlen in Deutschland



Gestrichelte Werte enthalten Schätzanteil.

1 Sonderauswertung der vorläufigen Sterbefallzahlen.

Stand: 13.08.2025

Dashboard Deutschland

Das 2020 vom Statistischen Bundesamt entwickelte Datenportal wurde im Dezember 2024 erweitert: Es besteht nun aus dem Dashboard Integration, das über 60 Indikatoren zum Integrationsgeschehen in Deutschland umfasst, und dem Dashboard Konjunktur, das hochaktuelle und hochfrequente Zahlen zur Wirtschaftslage in Deutschland bietet. Der integrierte Pulsmesser Wirtschaft ermöglicht intuitives und einfaches Vergleichen von Daten sowie das Erkennen von konjunkturellen Entwicklungen und Zusammenhängen mithilfe täglicher, wöchentlicher, monatlicher und vierteljährlicher Indikatoren. Das Dashboard Deutschland trägt damit zu einem faktenbasierten demokratischen Diskurs der Öffentlichkeit und zur evidenzbasierten Entscheidungsfindung durch Politik und Verwaltung bei.

↘ www.dashboard-deutschland.de

Ergebnisse des Zensus 2022

Wie viele Menschen leben in Deutschland? Wie wohnen und arbeiten sie? Die Ergebnisse des Zensus 2022 liefern Antworten auf Fragen zur Bevölkerung und zu den Wohnverhältnissen in Deutschland. Kompakte Informationen dazu enthält die Zensus-Themenseite im Internetangebot des Statistischen Bundesamtes. Alle Daten sind kostenlos und frei zugänglich in der Zensusdatenbank verfügbar. Der Zensusatlas bietet eine anschauliche Darstellung.

↘ www.destatis.de

EXSTAT – Experimentelle Statistiken

In der Rubrik „EXSTAT – Experimentelle Statistiken“ veröffentlicht das Statistische Bundesamt regelmäßig neue, innovative Projektergebnisse. Sie entstehen auf der Grundlage neuer Datenquellen und Methoden. Im Reifegrad und in der Qualität unterscheiden sie sich von amtlichen Statistiken, insbesondere in Bezug auf Harmonisierung, Erfassungsbereich und Methodik. Dennoch sind es Ergebnisse der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, die interessante, neue Perspektiven auf verschiedene Themenfelder der Statistik bieten.

↘ www.destatis.de/exstat

Der Durchschnittsmensch in Deutschland

Angenommen, ein Mensch stünde für alle, die hier leben. Wie groß ist dieser Durchschnittsmensch? Wie alt ist und wird er, wie sehen seine Lebensphasen aus? Wie lebt und wohnt er? Wie arbeitet der Durchschnittsmensch und wie verbringt er seine Zeit? Und wie viel Geld verdient er oder hat er zur Verfügung? Antworten zu diesen und vielen weiteren Fragen bietet die Sonderseite unter

↘ www.destatis.de

Fachkräfte

Fachkräftemangel und Arbeitskräftebedarf sind zunehmend wichtige Faktoren für die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland. Daten und Fakten dazu bündelt das Statistische Bundesamt auf einer eigenen Sonderseite. Das Angebot umfasst die Bereiche Demografie, Erwerbstätigkeit, Bildung und Zuwanderung – und wird sukzessive erweitert.

↘ www.destatis.de/fachkraefte

Klima

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen der heutigen Zeit, alle Bereiche der Gesellschaft sind betroffen. Wie beeinflusst unsere Lebens- und Wirtschaftsweise das Klima? Wie wirkt sich die Umstellung hin zu mehr Klimaschutz gesamtgesellschaftlich aus? Was bedeutet sie für unseren Alltag – vom Weg zur Arbeit bis zum aktuellen Strompreis? Wo zeigen sich die Folgen des Klimawandels? Daten und Fakten zum Thema Klima, Klimawandel und Klimaschutz sind gebündelt unter

↘ www.destatis.de/klima

KURZNACHRICHTEN

IN EIGENER SACHE

Statistische Woche 2025 in Wiesbaden

Die Statistische Woche findet in diesem Jahr vom 2. bis 5. September erstmals in Wiesbaden statt. Sie wird organisiert vom Statistischen Bundesamt, der Deutschen Statistischen Gesellschaft, dem Verband Deutscher Städtestatistik und der Deutschen Gesellschaft für Demographie e.V. Der Großteil der Konferenz mit zahlreichen parallelen Sessions wird in den Räumlichkeiten des Statistischen Bundesamtes am Gustav-Stresemann-Ring 11 veranstaltet. Die Plenarsitzungen sind in der Kurhaus Kolonnade des Kurhauses Wiesbaden vorgesehen.

Die Statistische Woche ist als Ort des Austauschs zwischen Wissenschaft und amtlicher Statistik ein wichtiger Innovationstreiber für die Arbeit nicht nur der amtlichen Statistik. Das Tagungsprogramm und die Anmeldemodalitäten zur Teilnahme stehen zur Verfügung unter:

↘ statistische-woche.de

Webseite des Statistischen Bundesamtes neu gestaltet

Das Statistische Bundesamt hat seine Internet-Startseite überarbeitet. Der kompakte und übersichtliche Aufbau macht das umfassende Angebot an Daten und Informationen besser zugänglich.

Wesentliche Neuerung ist der Einstieg in das gesamte Themenangebot, der nun direkt oben über die Navigation möglich ist. Darüber gelangt man zu den verschiedenen Themenseiten sowie in den Bereich Datenangebote und Methoden.

Außerdem bietet der überarbeitete Pressebereich neben einem Direktzugang zu den aktuellsten Meldungen nun auch den Zugang zur Pressevorschau.

Über verschiedene verknüpfte Kacheln gelangt man mit einem Klick zu aktuellen ausgewählten Themen, zu den Datenbanken, zum Dashboard Deutschland und zum Wissenschaftsmagazin WISTA.

↘ www.destatis.de

Neue Themenseite löst Website zum Zensus ab

Ab sofort sind auf der neuen Zensus-Themenseite im Internetangebot des Statistischen Bundesamtes alle Informationen rund um den Zensus 2022 sowie dessen Ergebnisse verfügbar. Sämtliche Ergebnisse sind zudem in der Zensusdatenbank abrufbar. Die neue Zensus-Themenseite löst damit die bisherigen Websites zum Zensus 2022 und Zensus 2011 ab.

↘ www.destatis.de

Neue Sonderseite: Der Durchschnittsmensch in Deutschland

Ob von jung bis alt, von klein bis groß oder von arm bis reich — mal angenommen, ein Mensch in Deutschland stünde für alle, die hier leben. Wie groß ist dieser Durchschnittsmensch? Wie alt ist und wird er, wie sehen seine Lebensphasen aus? Wie lebt und wohnt er? Wie arbeitet der Durchschnittsmensch und wie verbringt er seine Zeit? Und wie viel Geld verdient er oder hat er zur Verfügung?

Diese und weitere Fragen beantwortet eine Sonderseite im Internetangebot des Statistischen Bundesamtes, die den Durchschnittsmenschen in Deutschland in vielen verschiedenen Lebensbereichen beschreibt.

↘ www.destatis.de

AUS EUROPA

59. Sitzung des AESS

Der Ausschuss für das Europäische Statistische System (AESS) kam am 21. und 22. Mai 2025 in Luxemburg zusammen. Auf der Tagesordnung stehen regelmäßig wichtige statistische Rechtsakte im Rahmen des europäischen Gesetzgebungsverfahrens und strategische Fragen. Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse aus deutscher Perspektive zusammengefasst.

Ein Entwurf für eine Durchführungsverordnung der Europäischen Kommission zur Festlegung ausführlicher Regelungen zur Umbasierung von harmonisierten Indizes auf den gemeinsamen Indexbezugszeitraum 2025 gemäß der Verordnung (EU) 2016/792 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Preisstatistik hat die Zustimmung der Teilnehmenden erhalten. Deutschland hat sich dabei verpflichtet, die erforderlichen Daten fristgerecht zur Verfügung zu stellen, wobei speziell bei den Hauspreisindizes nachträglich revidierte Daten bereitgestellt werden.

Ein weiterer Entwurf, ein Durchführungsbeschluss zur Gewährung von Ausnahmeregelungen für die EU-Mitgliedstaaten Deutschland, Italien, Rumänien und Spanien im Hinblick auf die Datenübermittlung gemäß der Verordnung (EU) Nr. 691/2011 über Umweltgesamtrechnungen, wurde ebenfalls genehmigt. Deutschland wird insbesondere von Ausnahmen bei der Subventionenaufteilung nach der NACE (Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft) sowie bei den Lieferterminen der Ökosystemrechnungen Gebrauch machen.

Das Europäische System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG) soll revidiert werden, um die internationale Vergleichbarkeit mit dem System of National Accounts der Vereinten Nationen zu wahren. Dieses war Anfang des Jahres 2025 in der Sitzung der Statistischen Kommission der Vereinten Nationen verabschiedet worden. In der aktuellen AESS-Sitzung ging es im Wesentlichen darum, die Prioritäten der ESVG-Revision sowie einen möglichen Zeit- und Arbeitsplan zu erörtern.

Außerdem unterstrich Deutschland die Bedeutung einer Prioritätensetzung und hat zu einer Prioritätenliste bereits konkrete Vorstellungen. Vorrang haben Innovationen (konzeptionelle Änderungen), die sich auf das Bruttoinlandsprodukt/Bruttonationaleinkommen auswirken; das wären Daten als Vermögenswerte, Kapitalrendite für nicht marktbestimmte Produktion und Krypto-Assets. Diese Innovationen sollten nur umgesetzt werden, wenn zuverlässige und vergleichbare Ergebnisse in allen EU-Mitgliedstaaten erzielt werden können. Zweite Priorität sollten Innovationen haben, die für die national Nutzenden besonders wertvoll sind. Auch die Mehrheit der übrigen Mitgliedstaaten des Europäischen Statistischen Systems (ESS) sprach sich für eine stufenweise Umsetzung der Neuerungen aus. Zudem wurde auf die Notwendigkeit einer guten Kommunikation sowohl gegenüber Fachnutzenden als auch gegenüber der interessierten Öffentlichkeit hingewiesen.

Eurostat, das Statistische Amt der Europäischen Union, legte aktuelle Herausforderungen für die Unternehmens- und Handelsstatistiken dar. Im Mittelpunkt stehen weitere Verbesserungen der Statistiken im internationalen Handel mit Waren und Dienstleistungen, die Bedeutung von multinationalen Unternehmensgruppen sowie Daten zur Energieintensität in verschiedenen Industriezweigen. Die Reduzierung der Berichtspflichten für Unternehmen hat bereits in der Außenhandelsstatistik stattgefunden und soll im Bereich der Unternehmensstatistiken bestenfalls um 25 % reduziert werden. Das soll durch eine intensivere Nutzung des Micro-Data-Linking und durch den Ausbau alternativer Datenquel-

len erreicht werden. Des Weiteren will Eurostat die Harmonisierung von Klassifikationen vorantreiben, Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Statistikproduktion nutzen und bestehende Rechtsvorschriften evaluieren. Deutschland unterstützte in der Sitzung grundsätzlich den vorgelegten Maßnahmenkatalog, mahnt jedoch eine umfassende Aufgabenkritik an, um die gesetzten Ziele effektiv zu überwachen und zu erreichen. Ein Fokus auf Micro-Data-Linking und externe Daten sei nicht ausreichend, um die Ziele der Entlastung zu realisieren. Stattdessen solle die Erhebung und Definition von Daten an den bereits vorhandenen Daten in den Buchungssystemen von Unternehmen ausgerichtet werden, was zu einer weiteren sehr starken Entlastung der Unternehmen führen dürfte.

Drei Tagesordnungspunkte behandelten die Programmplanung:

- Der Multiannual Action Plan (MAP) für den Zeitraum 2021 bis 2027 der europäischen Statistik bildet den Rahmen für die langfristige Entwicklung europäischer Statistiken. Im Oktober 2024 fand eine Überprüfung statt, um den MAP an neue Vorschriften und Prioritäten anzupassen. Dabei wurden notwendige Anpassungen und neue Maßnahmen, wie die Verbesserung der Innovationskommunikation und die Aktualisierung von Vorschriften, identifiziert. Ebenso wurde eine bessere Erfassung des Verteidigungssektors vorgeschlagen. Der AESS stimmte dem Plan zu, unterstrich jedoch, dass eine Priorisierung der Arbeiten aufgrund der kritischen Ressourcenlage in den EU-Mitgliedstaaten notwendig sei.
- Die Entwürfe eines Arbeitsprogramms 2026 und des aktualisierten Innovationsaktionsplans 2026 wurden als Bestandteil des MAP ebenfalls behandelt.
- Die von Eurostat vorgelegte zweite Version eines gemeinsamen Positionspapiers des ESS, auch als „ESS-Vision 2030“ bezeichnet, befindet sich seit 2024 im Beratungsprozess. Dieses Papier skizziert die Anforderungen für die politischen Prioritäten der Jahre 2024 bis 2029, die für das Europäische Statistische Programm 2028 bis 2034 relevant sind. Zu den Hauptbereichen zählen: Wettbewerbsfähigkeit und Produktivität europäischer Unternehmen; Weiterentwicklungen des ESVG; Grüne Transformation und Nachhaltigkeit; inklusive Energieabhängigkeit; Mobilität und Landwirtschaft; Fairness, Zusammenhalt und Demokratie, mit Bezug auf Arbeitsmarkt, Bildung, Gesundheit und demografische Entwicklungen; Verteidigung und Sicherheit.

Europäischer Statistikwettbewerb 2025

Großer Erfolg für junge Statistik-Talente aus Deutschland: Im Finale des Europäischen Statistikwettbewerbs (European Statistics Competition – ESC) hat das Team FARAO des Wilhelm-Ostwald-Gymnasiums in Leipzig in der Altersklasse der Mittelstufe den zweiten Platz erreicht. In der Altersklasse der Oberstufe erreichte das Team STAQUISTIK von der Max-Planck-Schule in Kiel einen hervorragenden sechsten Platz unter 34 eingereichten Beiträgen. Beiden Teams ist es zu verdanken, dass Deutschland – neben Frankreich – als einziges Land zwei Platzierungen im europäischen Finale erzielen konnte. Die Gesamtsiege errangen Litauen (Mittelstufe) und Portugal (Oberstufe).

Europaweit nahmen rund 27 000 Schülerinnen und Schüler aus 21 EU-Mitgliedstaaten teil. Damit war die diesjährige achte Wettbewerbsrunde die bislang größte seit der Einführung des ESC. In der Endrunde präsentierten die Finalteams kreative und datengestützte Videoanalysen zu der Fragestellung „Is Gen Z changing the world?“. Alle Videobeiträge stehen online zur Verfügung:

↘ www.esc2025.eu

AUS DEM INLAND

72. Jahrestagung des Statistischen Beirats

Der Statistische Beirat ist das wichtigste Gremium der amtlichen Statistik in Deutschland und hat nach § 4 Bundesstatistikgesetz die Aufgabe, das Statistische Bundesamt in Grundsatzfragen zu beraten und die Belange der Nutzenden, Befragten und Produzenten der Bundesstatistik zu vertreten. In seiner 72. Tagung am 22. Mai 2025 wurde unter anderem der Bedarf der abgeschotteten kommunalen Statistikstellen an einem verbesserten Datenzugang zu kleinsträumigen Daten diskutiert. Hier arbeiten die Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (Statistischer Verbund) an praktischen Lösungen, um den Daten- und Informationsbedarf der Kommunen zum Vorteil aller Akteure besser zu bedienen.

Der Vorsitzende, Prof. Dr. Thomas K. Bauer, und der stellvertretende Vorsitzende, Thomas Herkner, verabschiedeten sich zum Ende der Tagung als langjährige Vorsitzende sowie auch als Mitglieder aus dem Statistischen Beirat.

Im Nachgang der Tagung hat der Statistische Beirat eine neue Leitung gewählt. Den Vorsitz des Gremiums übernimmt Prof. Dr. Ralf Münnich, stellvertretende Vorsitzende ist Dr. Andrea Schultz.

VERANSTALTUNGEN

Statistische Jahrestagung 2025 des Landesamtes für Statistik Niedersachsen

Die diesjährige Tagung des Landesamtes für Statistik Niedersachsen findet am 23. September 2025 in Hannover statt. Die Veranstaltung steht unter dem Thema „Zahlen die zählen – Daten für einen effizienten Staat“.

Es werden Gäste aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung erwartet. Neben dem Informationsgewinn bietet die Tagung einen Rahmen zum Erfahrungsaustausch sowie zur Pflege und Gewinnung von Kontakten.

Eine Anmeldung ist noch bis zum 9. September 2025 möglich.

↘ www.statistik.niedersachsen.de

34. Wissenschaftliches Kolloquium „Anonymität bei integrierten und georeferenzierten Daten (AnigeD)“

Die Reihe der vom Statistischen Bundesamt in Zusammenarbeit mit der Deutschen Statistischen Gesellschaft veranstalteten Wissenschaftlichen Kolloquien findet ihre Fortsetzung am 13. und 14. November 2025 im Museum Wiesbaden.

Der zentrale Fokus des 34. Wissenschaftlichen Kolloquiums liegt auf den Ergebnissen des Forschungsclusters „Anonymität bei integrierten und georeferenzierten Daten (AnigeD)“, welche im Rahmen der Veranstaltung präsentiert werden. Das Cluster AnigeD ist Teil des vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt geförderten Forschungsnetzwerks „Anonymisierung für eine sichere Datennutzung“. Es untersucht innovative Verfahren zur Anonymisierung von integrierten und georeferenzierten Daten. Ziel ist, den Datenzugang für wissenschaftliche Analysen und gesellschaftliche Verwendung zu stärken, ohne den Schutz individueller Informationen zu gefährden.

Das Programm des 34. Wissenschaftlichen Kolloquiums und die Teilnahmemodalitäten stehen zur Verfügung unter:

↘ www.destatis.de

Demografiegespräch „Fachkräftemangel in Deutschland“

Die „Berliner Demografiegespräche“ werden vom Statistischen Bundesamt in Zusammenarbeit mit dem Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung angeboten. Die Reihe richtet sich insbesondere an die Zielgruppe Politik und Verwaltung. Kurze Vorträge mit anschließender Diskussion beleuchten aktuelle demografische Themen aus Sicht der amtlichen Statistik und der Forschung und bieten einen direkten Austausch mit der Zielgruppe.

In vielen Branchen ist der Mangel an Fachkräften schon jetzt deutlich spürbar. Das Ausscheiden der Generation „Babyboomer“ aus dem Arbeitsmarkt wird das Problem in den kommenden Jahren weiter verschärfen. Am 16. Juli 2025 fand zu diesem Thema das Demografiegespräch statt. Unter dem Titel „Fachkräftemangel in Deutschland: Demografische Bedingungen und zukünftige Potenziale“ diskutierten Fachleute aktuelle Herausforderungen und Lösungsansätze im Kontext des Fachkräftemangels.

↘ www.destatis.de

STATISTIK VISUALISIERT

Interaktiver Geburtenkalender

Der interaktive Geburtenkalender zeigt saisonale und kalendarische Besonderheiten der Geburten in Deutschland. Dabei werden unter anderem Unterschiede zwischen den Geburtenzahlen an den regulären Arbeitstagen und am Wochenende in allen Kalenderwochen des Jahres deutlich. Dies hängt vor allem mit einem hohen Anteil an Kaiserschnitten zusammen, bei denen die Entbindungen besser planbar sind und vorzugsweise an normalen Arbeitstagen vorgenommen werden.

↘ service.destatis.de/DE/geburtenkalender

Verkehrsunfallkalender mit neuen Funktionen

Ob Verkehrsunfälle mit dem Fahrrad, dem Motorrad oder dem Auto: Der interaktive Unfallkalender gibt einen Überblick darüber, an welchen Tagen sich besonders viele Unfälle ereignet haben – und an welchen besonders wenige. Außerdem zeigt er nun an, wann besonders viele E-Scooter-Fahrende verunglückt sind. Der Kalender verknüpft zudem erstmals auch Tagesdaten zu Zweirad-Unfällen mit der jeweiligen Zahl der Sonnenstunden.

↘ service.destatis.de/DE/verkehrsunfallkalender

NEUERSCHEINUNGEN

Digitalisierung in Europa 2025

Die Digitalisierung ist ein zentraler Treiber für Innovation und wirtschaftliches Wachstum. Sie verändert die Art und Weise, wie wir arbeiten, kommunizieren und unser tägliches Leben gestalten. Einen Sachstand zur Digitalisierung bietet Eurostat, das Statistische Amt der Europäischen Union, mit seiner neuen Publikation „Digitalisierung in Europa 2025“. Sie bietet leicht verständliche Statistiken zu Informations- und Kommunikationstechnologien und zum Nutzungsverhalten von Menschen und Unternehmen bezüglich digitaler Technologien. Interaktive Visualisierungen ermöglichen es, die Daten auf intuitive Weise zu erkunden und zu vergleichen.

↘ ec.europa.eu/eurostat

OECD Employment Outlook 2025

Der OECD Employment Outlook befasst sich mit den jüngsten Entwicklungen und Aussichten auf dem Arbeitsmarkt in den Ländern der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). In dieser Ausgabe mit dem Untertitel „Can We Get Through the Demographic Crunch?“ werden die enormen Herausforderungen diskutiert, die die Alterung der Bevölkerung für den Lebensstandard und den sozialen Zusammenhalt im Allgemeinen mit sich bringt. Außerdem werden

die Folgen einer alternden Erwerbsbevölkerung für das Produktivitätswachstum analysiert.

Ohne rasche Änderungen in Politik und Verhalten wird sich das Pro-Kopf-Wachstum des Bruttoinlandsprodukts in den meisten OECD-Ländern deutlich verlangsamen. Die Integration unterrepräsentierter Gruppen in den Arbeitsmarkt – insbesondere älterer Arbeitnehmer und in vielen Ländern Frauen, die derzeit nicht oder nur wenige Stunden arbeiten – wird dazu beitragen, die Alterung auszugleichen.

↘ www.oecd.org

Zum OECD Beschäftigungsausblick 2025 gibt es auch eine Country note zu Deutschland:

↘ www.oecd.org

OECD-FAO Agricultural Outlook 2025–2034

Wachsende Weltbevölkerung, steigender Fleischkonsum und der Druck zur Emissionsreduktion verändern die globalen Agrarmärkte. Besonders in Ländern mit mittlerem Einkommen nimmt der Konsum tierischer Produkte deutlich zu, getrieben durch Urbanisierung und steigenden Wohlstand. Die landwirtschaftliche und fischereiwirtschaftliche Produktion dürfte weltweit um 14 % steigen, vor allem durch höhere Produktivität. Gleichzeitig kann die Emissionsintensität gesenkt werden, wodurch der Anstieg direkter Treibhausgasemissionen auf 6 % begrenzt werden könnte.

Der „OECD-FAO Agricultural Outlook 2025–2034“ zeigt, wie gezielte Investitionen in emissionsarme Technologien und eine Produktivitätssteigerung um 15 % die globale Unterernährung bis 2034 beenden und die Emissionen um 7 % senken könnten. Ein regelbasierter Welthandel bleibt dafür essenziell. Sinkende reale Referenzpreise erhöhen den Druck auf kleine Betriebe, wettbewerbsfähig zu bleiben. Der Bericht gibt Empfehlungen für eine nachhaltige und zukunftsorientierte Agrar- und Handelspolitik.

↘ www.oecd.org

OECD Economic Surveys: European Union and Euro Area 2025

Die wirtschaftlichen Perspektiven der Europäischen Union und des Euro-Währungsgebiets im Jahr 2025 stehen weiterhin unter dem Einfluss geopolitischer Spannungen. Der Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine und wachsende Handelskonflikte bremsen das Wachstum. Trotz politischer Gegenmaßnahmen bleibt der Ausblick unsicher.

Der Bericht „OECD Economic Surveys: European Union and Euro Area 2025“ empfiehlt zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit eine tiefere Integration des Elektrizitätsmarkts, geringere Stromsteuern und mehr Wettbewerb. Ein besser funktionierender Binnenmarkt, weiter ausgebaute Kapitalmärkte und ein robuster Beihilferahmen sollen Produktivität und Innovation fördern. Auch eine höhere Arbeitskräftemobilität kann dazu beitragen. Die Analyse liefert wirtschaftspolitische Empfehlungen für eine widerstandsfähigere europäische Wirtschaft.

↘ www.oecd.org

DER DRITTE GEBURTENRÜCKGANG IM VEREINIGTEN DEUTSCHLAND – ANALYSEN UND HINTERGRÜNDE

Olga Pötzsch

Schlüsselwörter: zusammengefasste Geburtenziffer (TFR) – Kinderlosigkeit – COVID-19 – Durchschnittsalter bei Geburt – Zuwanderung

ZUSAMMENFASSUNG

Nach dem Geburtenanstieg in der ersten Hälfte der 2010er-Jahre sanken die Geburtenzahlen in Deutschland zuerst ab 2017 leicht und ab 2022 deutlich. Dieser dritte Geburtenrückgang im vereinigten Deutschland erfolgt vor dem Hintergrund abnehmender Fertilität im europäischen Umfeld. Erstmals seit 1990 gehen die Geburtenraten nicht nur im jungen fertilen Alter, sondern auch im Alter ab 30 Jahre zurück. Der Beitrag beschreibt die aktuellen Veränderungen im Geburtenverhalten im Kontext langfristiger Fertilitätstrends und vor dem Hintergrund sozioökonomischer und politischer Entwicklungen des letzten Jahrzehnts. Er zeigt, dass der derzeitige Geburtenrückgang nicht nur auf aktuelle Krisen zurückzuführen ist und sich bereits ab 2017 abgezeichnet hat.

Keywords: *birth rate – total fertility rate (TFR) – childlessness – COVID-19 – average age at birth – immigration*

ABSTRACT

Following the rise in births in the first half of the 2010s, birth rates in Germany began to decline from 2017, initially at a modest pace, with a marked decline registered from 2022 onwards. This third decrease in births in reunified Germany is taking place against the backdrop of declining fertility in Europe. For the first time since 1990, birth rates are declining not only at young fertile ages, but also at ages 30 and over. The article describes the current changes in fertility behaviour in the context of long-term fertility trends and against the background of the socio-economic and political developments of the last decade. It demonstrates that the current decline in fertility is not only due to recent crises and has been apparent since 2017.

Olga Pötzsch

ist Diplom-Ökonomin und Referentin im Referat „Demografische Analysen und Modellrechnungen, natürliche Bevölkerungsbewegungen“ des Statistischen Bundesamtes. Schwerpunkte ihrer Arbeit sind demografische Vorausberechnungen sowie Analysen der Fertilität.

1

Einleitung

Deutschland gehört zu den Ländern mit relativ niedriger Fertilität. Im Laufe ihres Lebens bringen hier Frauen im Durchschnitt 1,6 Kinder zur Welt (Statistisches Bundesamt, 2025). Die Stabilisierung der endgültigen Kinderzahl auf diesem Niveau gehört zu den positiven Entwicklungen des letzten Jahrzehnts. Die endgültige Kinderzahl je Frau liegt damit 24 % unter dem Bestanderhaltungsniveau von 2,1. Das bedeutet, dass die Elterngeneration nur zu drei Vierteln (76 %) durch die Generation ihrer Kinder ersetzt wird. Infolge dieser Entwicklung nimmt die Zahl junger Menschen und künftiger potenzieller Eltern ab und die Bevölkerung wird durchschnittlich älter, mit Konsequenzen für den Arbeitsmarkt und die sozialen Sicherungssysteme. Seit 2022 ist ein deutlicher Rückgang der jährlichen zusammengefassten Geburtenziffer auf 1,35 Kinder je Frau im Jahr 2024 zu beobachten. Sollte diese weiter abnehmen oder dauerhaft auf niedrigem Niveau verharren, kann dies künftig zum Sinken der endgültigen Kinderzahl je Frau führen.

Dieser Beitrag beschreibt die wesentlichen Besonderheiten des aktuellen Geburtenrückgangs und hilft somit, diesen besser einzuordnen. Kapitel 2 stellt die Geburtenentwicklung in Deutschland in den europäischen Kontext und bespricht Einflüsse, die in der internationalen Forschung und mit Blick auf Deutschland als mögliche Ursachen des Geburtenrückgangs diskutiert werden. Wie sich die Geburtenrate und die Anzahl der Frauen im fertilen Alter auf die Geburtenzahlen auswirken und welche Rolle dabei die letzten Krisen gespielt haben, untersucht Kapitel 3. Neue Tendenzen in der Entwicklung des Durchschnittsalters der Frauen bei Geburt und in den altersspezifischen Geburtenraten werden in Kapitel 4 beschrieben. Die Analysen auf Grundlage des Mikrozensus in Kapitel 5 untersuchen Anzeichen für einen möglichen Anstieg der Kinderlosigkeit. Das Fazit in Kapitel 6 fasst die dargestellten Entwicklungen zusammen.

Der vorliegende Beitrag berücksichtigt die Bevölkerungszahlen auf Basis des im Jahr 2022 durchgeführten Zensus. Die relativen Geburtenindikatoren für die Jahre 2011 bis 2024 beziehen sich auf die nach dem Zensus 2022 korrigierte Bevölkerung. Die Werte vor 2011 basieren auf den Ergebnissen früherer Zählungen. Die Auswirkungen des Zensus 2022 auf die Geburtenziffern sind im Web-Beitrag „Umstellung auf Zensus 2022 führt zu einer höheren Geburtenrate, ergibt jedoch kein völlig neues Bild der Fertilität“ sowie im „Statistischen Bericht – Geburten 2024“ ausführlich dargestellt (Statistisches Bundesamt, 2025a). Die Geburtenrate insgesamt sowie die der deutschen Frauen hat sich auf Basis der neuen Bevölkerungszahlen nur geringfügig geändert. Bei Frauen mit ausländischer Staatsangehörigkeit hat sich dagegen nach der zensusbedingten Korrektur eine bis zu 10 % höhere Geburtenrate ergeben als auf Basis des Zensus 2011. Auch den verwendeten Ergebnissen des Mikrozensus für die Jahre 2021 bis 2024 liegt die Hochrechnung auf Basis des Zensus 2022 zugrunde.

2

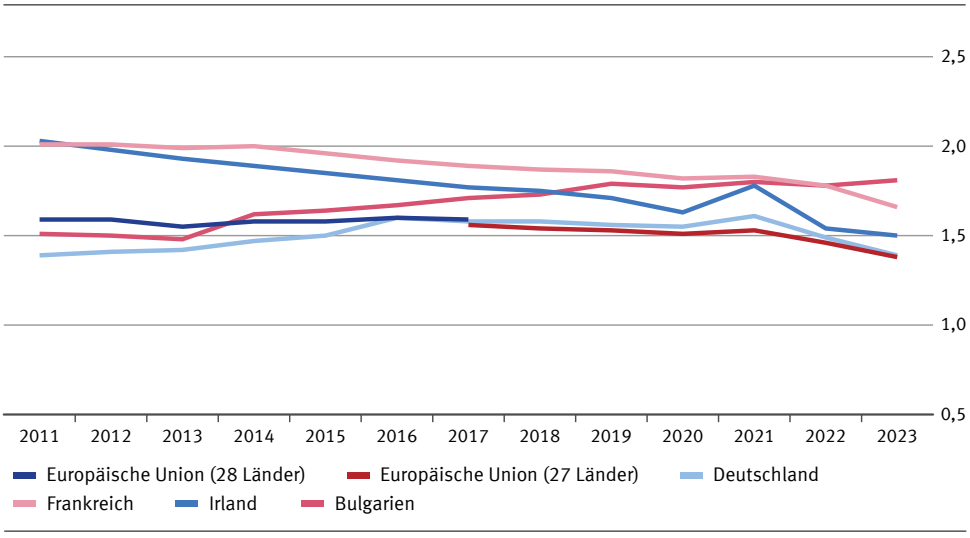
Einordnung des aktuellen Geburtenrückgangs in den nationalen und internationalen Kontext

Deutschland erlebte 2017 eine erneute Trendwende in der Geburtenentwicklung. Zuvor brachte ein relativ kurzer Aufschwung der Jahre 2012 bis 2016 die Geburtenraten (zusammengefasste Geburtenziffer oder total fertility rate – TFR) auf ein höheres Niveau (Pötzsch, 2018). Bereits zwischen 2017 und 2020 folgte jedoch zuerst ein leichter und ab dem Jahr 2022 ein deutlicher Geburtenrückgang, dessen Ende sich noch nicht abzeichnet (Statistisches Bundesamt, 2025b). Diese Entwicklung erfolgt vor dem Hintergrund einer abnehmenden Fertilität im europäischen Umfeld. Im Jahr 2011 lag die Geburtenrate in Deutschland mit 1,39 Kindern je Frau beträchtlich unter dem europäischen Durchschnitt von 1,59 (Eurostat, 2025). Mit Geburtenraten von über 2,0 Kindern je Frau standen damals Frankreich und Irland an der Spitze der EU. Infolge des Geburtenanstiegs 2012 bis 2016 rückte Deutschland im Jahr 2016 ins europäische Mittelfeld auf. Seit 2017 sank aber die Geburtenrate nicht nur in Deutschland, sondern auch im europäischen Durchschnitt. Somit lag Deutschland im Jahr 2023 mit einer ähnlich niedrigen Geburtenrate wie im Jahr 2011 von 1,38 Kindern je Frau immer noch im Mittelfeld. Der Höchstwert in der Europäischen Union war mit 1,81 Kindern je Frau in Bulgarien bereits viel niedriger als 2011. Die Geburtenraten in Frankreich und

Grafik 1

Zusammengefasste Geburtenziffer in ausgewählten Mitgliedstaaten der Europäischen Union

Kinder je Frau



Quelle: Eurostat; Werte für Deutschland: Statistisches Bundesamt

Irland sanken deutlich auf 1,66 beziehungsweise auf 1,50 Kinder je Frau. In acht EU-Mitgliedstaaten ist die Geburtenrate unter die Marke von 1,30 Kindern je Frau gefallen. Dieses von Demografen als „lowest-low fertility“[1] bezeichnete Niveau kann auf lange Sicht zu einer erheblichen Alterung und Schrumpfung der Bevölkerung führen (Kohler und andere, 2002; Goldstein und andere, 2009). ↘ Grafik 1

Ursachen des Geburtenrückgangs, die im internationalen demografischen Kontext diskutiert werden, haben einerseits mit wachsender Instabilität angesichts der aktuellen politischen und wirtschaftlichen Turbulenzen und andererseits mit einer sich wandelnden Sicht auf die Familie zu tun. Faktoren wie eine hohe Inflation und negative wirtschaftliche Aussichten fördern Sorgen um Arbeitsplatzsicherheit und ökonomische Stabilität (Vignoli und andere, 2020). Auch allgemein fehlende Zuversicht kann sich negativ auf die Familienpläne auswirken. So zeigt eine niederländische Längsschnittstudie, dass durch pessimistische Einstellungen in der Gesellschaft („perceiving the future of the coming generation as worse than today”) die Wahrscheinlichkeit, Eltern zu werden, sinken kann (Ivanova/Balbo, 2024). Eine weitere breit angelegte internationale Studie zeigt, dass sich auch Familienbilder wandeln (Aassvea und andere, 2024). Lange Zeit hat die Vorstellung vom Zwei-Kind-Familienideal dominiert. Der Survey zeigt nun, dass zwar die Elternschaft nach wie vor ein positives Ideal, die Anzahl der Kinder jedoch nicht mehr relevant ist. Viel größere Bedeutung wird der Qualität der Beziehung zwischen den Familienmitgliedern beigemessen. Außerdem spielt das Haushaltseinkommen eine wichtige Rolle, besonders wenn es um die Entscheidung für ein zweites oder weiteres Kind geht.

Bei der Betrachtung der aktuellen Geburtenentwicklung in Deutschland ist zudem zu beachten, dass in der ersten Hälfte der 2020er-Jahre die Geburtsjahrgänge 1985 bis 1997 das wichtige fertile Alter erreicht haben. Als 23- bis 39-Jährige haben sie die COVID-19-Pandemie und den Kriegsausbruch in der Ukraine erlebt. Diese einschneidenden Ereignisse haben Folgeprozesse ausgelöst, die für viele Menschen mit einem wahrgenommenen oder tatsächlichen Verlust an Sicherheit und Zuversicht verbunden sind. Die COVID-19-Pandemie bedrohte nicht nur die eigene Gesundheit und die Gesundheit der Nächsten. Die begleitenden Maßnahmen zu Kontaktbeschränkungen haben auch die Chancen für das Entstehen neuer dauerhafter Partnerschaften reduziert. Die Zahl der Ehen, die Frauen im Alter unter 35 Jahren ein-

1 Dieser Begriff wurde Anfang der 2000er-Jahre vorgeschlagen, um zwischen extrem niedrigen Geburtenraten, die in den 1990er-Jahren in vielen Ländern Zentral-, Ost- und Südeuropas beobachtet wurden, und etwas höheren Werten unter dem Bestandserhaltungsniveau in West- und Nordeuropa zu unterscheiden.

gegangen sind, war im Jahr 2023 um 15 % geringer als im Jahr 2019. Der russische Angriffskrieg in der Ukraine löste auch in Deutschland Ängste um eine mögliche Ausweitung des militärischen Konflikts in Europa aus. Die indirekten wirtschaftlichen Folgen sind immer noch gravierend (tagesschau.de, 2023) und treffen die jüngeren Erwachsenen in der Regel stärker als die ältere Bevölkerung. Wie eine europäische Studie anhand der Einkommensentwicklung zwischen 2008 und 2019 zeigt, ist das Einkommen der 20- bis 39-Jährigen nach der Finanzkrise 2007/2008 deutlich langsamer gewachsen als das der älteren Personen (Spitzer und andere, 2023). Hinzu kommen Wohnungsknappheit, hohe Mieten und Immobilienpreise, die für die konkrete Familienplanung hinderlich sein können. Der Ausbau der Kleinkinderbetreuung war ein zentraler Baustein der familienpolitischen Maßnahmen, der es neben der Einführung des Elterngelds vielen Paaren erleichtert hat, Kinderwünsche zu realisieren. Mittlerweile kann allerdings die Betreuung vielerorts unter anderem aufgrund des Fachkräftemangels nicht im erforderlichen Umfang gewährleistet werden. So weist der zehnte Familienbericht der Bundesregierung darauf hin, dass „[…] ein erheblicher Anteil von Eltern einen geringeren Betreuungsumfang für ihr Kind nutzt als gewünscht […] oder vertraglich vereinbart wurde […].“ (Deutscher Bundestag, 2025, hier: Seite 11).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie lange diese dritte Phase sinkender Fertilität andauern und welche Konsequenzen sie haben kann.

3

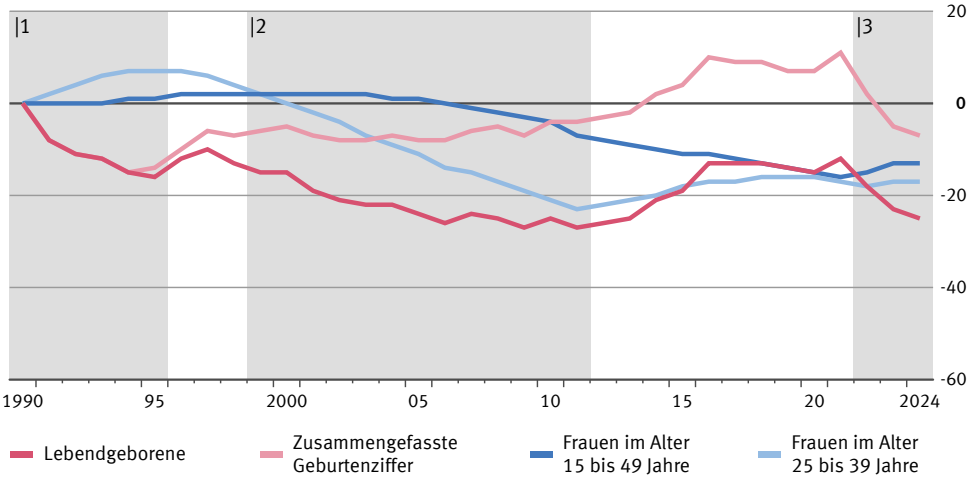
Sinkende Geburtenraten und geringe Anzahl potenzieller Mütter

Wie sich der aktuelle Geburtenrückgang von der bisherigen Entwicklung unterscheidet, zeigt ein langfristiger Vergleich anhand der Interaktion zwischen der Geburtenrate (zusammengefasste Geburtenziffer nach Kalenderjahren) und der Anzahl der Frauen im fertilen Alter. ↘ Grafik 2

Zwischen 1990 und 2024 erlebte das vereinigte Deutschland drei Phasen abnehmender Fertilität. Zum ersten Mal sanken die Geburtenzahlen zwischen 1990 und 1995 um 16 % von 905 675 auf 765 221 Kinder. Obwohl damals die stark besetzte Generation der Babyboomer im wichtigen fertilen Alter zwischen 25 und 39 Jahren

Grafik 2

Phasen der Geburtenentwicklung nach 1990 in Deutschland: Interaktion zwischen der Zahl potenzieller Mütter und der zusammengefassten Geburtenziffer



1 Erster Rückgang: Geburten und Geburtenrate sinkend, Zahl potenzieller Mütter (25 bis 39 Jahre) steigend.
2 Zweiter Rückgang: Geburten sinkend, Geburtenrate stabil niedrig, Zahl potenzieller Mütter (25 bis 39 Jahre) abnehmend.
3 Dritter Rückgang: Geburten und Geburtenrate stark sinkend, Zahl potenzieller Mütter (25 bis 39 Jahre) stabil.

Bis 2011 auf Basis der früheren Zählungen; ab 2012 auf Basis des Zensus 2022 - Ergebnisse der Rückrechnung.

war, konnte die hohe Zahl potenzieller Eltern die schnell sinkende Geburtenrate nicht kompensieren. Diese sank im Jahr 1994 auf den historisch niedrigen Wert von 1,24 Kindern je Frau und stieg dann bis 1997 geringfügig auf 1,37. Anschließend begann der bisher längste und besonders gravierende Geburtenrückgang, der von 1998 bis 2011 andauerte. Seine wichtigste Ursache war die abnehmende Zahl potenzieller Mütter, als anstelle der stark besetzten Babyboom-Jahrgänge die zahlenmäßig deutlich kleineren Frauenkohorten der 1970er-Jahre in das wichtige fertile Alter kamen. Die Geburtenrate war während dieser Phase weitgehend stabil niedrig zwischen 1,33 im Jahr 2006 und 1,39 Kindern je Frau im Jahr 2011.

Der folgende Geburtenanstieg zwischen 2012 und 2016 war bisher der stärkste seit 1990. Die Geburtenzahl stieg dabei auf rund 792 000 Kinder im Jahr 2016. Dies entsprach zwar einem Zuwachs von 20 % gegenüber dem Jahr 2011, war aber immer noch weniger als im Durchschnitt der Jahre 1991 bis 1999. Dieser Geburtenanstieg ging vor allem mit steigenden Geburtenraten sowohl bei den deutschen als auch bei den ausländischen Frauen einher (Pötzsch, 2018). Günstige Rahmenbedingungen wie eine stabile wirtschaftliche Entwicklung, ein lang erwarteter Ausbau der Kleinkinderbetreuung in Westdeutschland sowie die Einführung des Elterngeldes im Jahr 2007 haben vielen Paaren die Realisierung ihrer Kinderwünsche offenbar erleichtert (Bonin und andere, 2013). Die Kinderlosenquote hat sich stabilisiert und viele Familien haben Zuwachs an zweiten und weiteren Kindern bekommen (Statistisches Bundesamt, 2023b). Auch die „neuen“ Zuwanderinnen-Gruppen (dazu gehörten in erster Linie Zugewanderte aus den neuen EU-Beitrittsstaaten, für die ab 2014 die Freizügigkeit in der Europäischen Union galt, sowie Schutzsuchende aus Syrien und Afghanistan) trugen zum Anstieg der Geburtenhäufigkeit bei. Zugleich stieg die Zahl potenzieller Mütter, da einerseits die Kinder der Babyboomer das fertile Alter erreichten und andererseits die Nettozuwanderung junger Erwachsener deutlich zunahm. Der seit 2012 beobachtete Geburtenanstieg setzte sich allerdings ab dem Jahr 2017 nicht weiter fort.

Zwischen 2017 und 2020 stagnierte die Geburtenzahl bei einer leicht rückläufigen Geburtenrate und einer relativ stabilen Anzahl potenzieller Mütter. Der Rückgang der Geburtenrate hing in diesen Jahren im Wesentlichen mit der rückläufigen Fertilität der ausländischen Frauen zusammen. Die Geburtenraten der Ausländerinnen waren zuvor nach der starken Zuwanderung um das Jahr 2015 gestiegen und erreichten im Jahr 2016 mit 2,38 Kindern je Frau ihren Höchstwert seit 1991. Erfahrungsgemäß flacht aber dieser sogenannte Post-Arrival-Effekt innerhalb einiger Jahre ab. Dies war auch in Deutschland der Fall, sodass im Jahr 2020 die Geburtenrate der ausländischen Frauen bereits um 9 % auf 2,18 Kinder je Frau zurückgegangen war. Bei den deutschen Frauen betrug der Rückgang im gleichen Zeitraum lediglich 2 % (von 1,46 auf 1,43 Kinder je Frau).

3.1 Auf und Ab der Geburten während der COVID-19-Pandemie

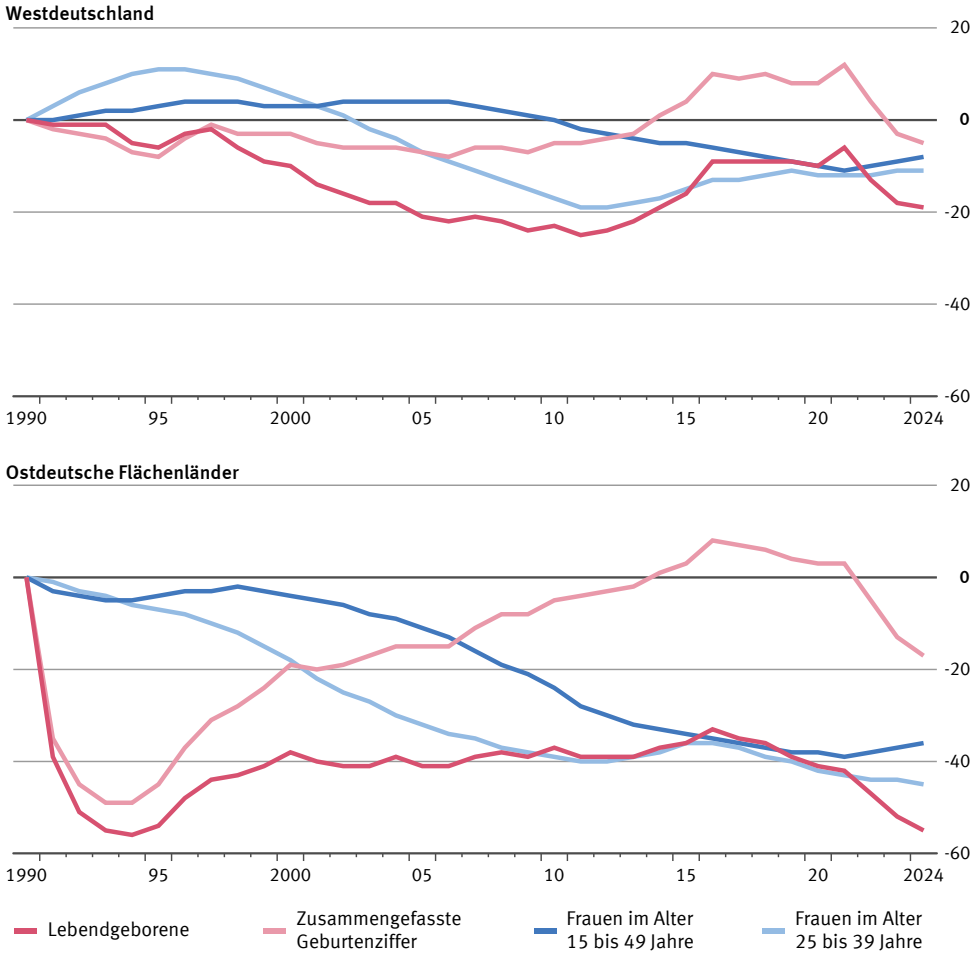
In den Jahren 2021 und 2022 wirkte sich die COVID-19-Pandemie auf die Geburtenentwicklung aus, wobei offenbar bereits seit dem Frühjahr 2020 die Pandemie und die Eindämmungsmaßnahmen die Familienplanung der Bevölkerung beeinflussten. Im Jahr 2021 stieg die Geburtenrate um 3 % und die Geburtenzahl um 4 %. Beide zeigten einen ungewöhnlichen saisonalen Verlauf mit Anstiegen in den Monaten, die in der Regel nicht zu den geburtenstarken gehören (März, April, Oktober und November). Außerdem war der Anstieg selektiv. Er betraf vor allem die Geburtenraten der Frauen mit deutscher Staatsangehörigkeit in Westdeutschland. In Ostdeutschland blieb die Geburtenrate stabil, was angesichts des zuvor rückläufigen Trends eine positive Veränderung war. Das Gleiche gilt für die Geburtenrate der Ausländerinnen. Die leicht positiven Impulse in den Geburtenzahlen 2021 gehen auf Schwangerschaften im Jahr 2020 zurück. Sie scheinen die These zu untermauern, dass das erste Pandemiejahr in den Staaten mit einer stärkeren wirtschaftlichen Absicherung und Familienunterstützung bei einigen Bevölkerungsgruppen als günstige Zeit empfunden wurde, Kinder zu bekommen (Winkler-Dworak und andere, 2024; Bujard/Andersson, 2024; Lappegård und andere, 2024; Nisén und andere, 2022).

Der darauf folgende Geburtenrückgang im Jahr 2022 war zum einen die Rückkehr zum zuvor begonnenen und nur im Jahr 2021 unterbrochenen rückläufigen Trend. Zum anderen verstärkten die von der Pandemie in Gang gesetzten Prozesse diese erwartbare Entwicklung: Der Geburtenanstieg im Jahr 2021 kam offenbar zum Teil zustande, weil einige Schwangerschaften

„vorgezogen“ wurden. Die dann im vergleichsweise geburtenreichen Jahr 2021 geborenen Kinder fehlten nun bei den Geburten im Jahr 2022. Der Verlauf der COVID-19-Impfungen im Jahr 2021 könnte dafür gesorgt haben, dass zahlreiche Schwangerschaften in diesem Jahr bewusst ausgesetzt beziehungsweise verschoben wurden. Es ist davon auszugehen, dass viele Paare mit einem Kinderwunsch zuerst die Impfempfehlung und dann die Impfung abwarten wollten. Der Impfschutz war jedoch für die meisten Menschen unter 60 Jahren erst ab Sommer 2021 möglich (die Priorisierung wurde zum 7. Juni 2021 aufgehoben). Eine konkrete Impfempfehlung für Schwangere und Stillende sprach die Ständige Impfkommission (STIKO) erst im September 2021 ausdrücklich aus (Jasilioniene und andere, 2025; Bujard/Andersson, 2024; Statistisches Bundesamt, 2022). Anhaltende Belastungen, denen insbesondere die Familien mit kleineren Kindern während der Pandemie ausgesetzt waren, stellten ein weiteres Hindernis für eine Familienerweiterung dar. Allerdings bedeutete der Impfschutz auch wieder erlangte Möglichkeiten zum Beispiel für Reisen und Kulturevents, was für junge Paare ein weiterer Grund für das Aufschieben der Familiengründung gewesen sein könnte (Sobotka und andere, 2023).

Grafik 3

Geburtenentwicklung nach 1990 nach Regionen: Interaktion zwischen der Zahl potenzieller Mütter und der zusammengefassten Geburtenziffer



Bis 2011 auf Basis früherer Zählungen; ab 2012 auf Basis des Zensus 2022 - Ergebnisse der Rückrechnung.

3.2 Geburtenrückgang ab 2023

In den Jahren 2023 und 2024 setzte sich der deutliche Geburtenrückgang fort. Die Geburtenrate sank im Jahr 2023 auf 1,38 und im Jahr 2024 auf 1,35 Kinder je Frau. Auch in den ersten Monaten des Jahres 2025 zeichnet sich bisher keine Trendwende ab (Statistisches Bundesamt, 2025a). Die stark rückläufigen Geburtenraten treffen hierbei auf eine stabil niedrige Zahl potenzieller Mütter. Dies führt zu einer ähnlichen Konstellation wie in der zweiten Hälfte der 2000er-Jahre mit den bisher niedrigsten Geburtenzahlen im vereinigten Deutschland.

Im Ausmaß des Geburtenrückgangs bestehen deutliche regionale Unterschiede: In Westdeutschland nahm zwar die Geburtenrate in den Jahren 2022 bis 2024 ab, sie war aber im Jahr 2024 mit 1,38 Kindern je Frau etwa auf dem Niveau des Jahres 2011. Zugleich war hier die Zahl potenzieller Mütter stabil. Anders verlief die Entwicklung in den ostdeutschen Flächenländern, hier fiel die Geburtenrate im Jahr 2024 auf das Niveau des Jahres 2003 zurück (1,27 Kinder je Frau). Dabei sank auch die Zahl der potenziellen Mütter im wichtigen fertilen Alter. ↘ Grafik 3

3.3 Einfluss der ukrainischen Zuwanderung auf die Geburtenrate in Deutschland

Seit Kriegsausbruch in der Ukraine kamen viele ukrainische Schutzsuchende, darunter meist Frauen, nach Deutschland. So hat sich die Zahl der Ukrainerinnen im fertilen Alter zwischen 15 und 49 Jahren von rund 55 600 im Jahr 2021 auf rund 327 000 im Jahr 2023 fast versechsfacht (Statistisches Bundesamt, 2024b). Die Geburtenzahl durch ukrainische Mütter stieg zwar auch von 2 767 im Jahr 2021 auf 10 330 im Jahr 2023 deutlich, jedoch nicht so stark wie die Anzahl der ukrainischen Frauen insgesamt. Es stellte sich die Frage, wie die geringe Fertilität der Ukrainerinnen die Gesamtgeburtenrate beeinflusst hat.

Im Jahr 2023 betrug die zusammengefasste Geburtenziffer der ukrainischen Frauen in Deutschland 1,17 Kinder je Frau. Dies entspricht etwa der Geburtenrate der Frauen in der Ukraine vor dem Krieg im Jahr 2021, die bei 1,16 Kindern je Frau lag.[2] Die Gesamtgeburtenrate für Deutschland wurde durch die niedrige Geburtenhäufigkeit der Ukrainerinnen nur geringfügig tangiert. Ohne Berücksichtigung der Geburten von in Deutschland lebenden Ukrainerinnen läge diese im Jahr 2023 bei 1,39 Kindern je Frau (statt 1,38). Deutlich stärkeren Einfluss hat die niedrige Fertilität der Ukrainerinnen dagegen auf die Geburtenrate der Ausländerinnen in Deutschland. Diese lag mit 1,88 Kindern je Frau um 3,8 % niedriger als die Geburtenrate der Ausländerinnen ohne diesen Einfluss (1,95 Kinder je Frau).

4

Neue Tendenzen in der altersspezifischen Fertilität

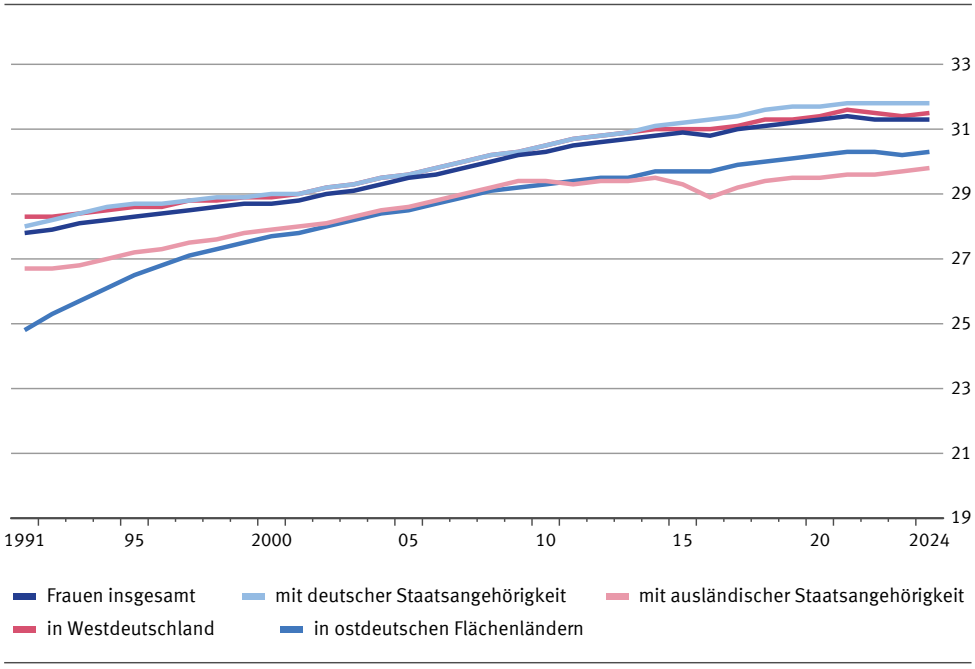
4.1 Das Durchschnittsalter der Frauen bei Geburt stagniert

Das durchschnittliche Alter der Frauen bei einer Geburt ist in Deutschland zwischen 1991 und 2021 um 3,6 Jahre von 27,8 auf 31,4 Jahre fast kontinuierlich gestiegen. Im Jahr 2022 sank es dagegen auf 31,3 Jahre. Bemerkenswert ist vor allem die Stagnation bei deutschen Frauen. Das ist eine neue Tendenz, da das Durchschnittsalter deutscher Frauen bei Geburt seit 1991 fast jedes Jahr gestiegen war. Bei Frauen mit ausländischer Staatsangehörigkeit stieg es hingegen in den letzten Jahren mit Ausnahme des Jahres 2022 weiter an. Eine Absenkung des Durchschnittsalters der ausländischen Frauen hatte es zuletzt in den Jahren 2015 und 2016 gegeben. Infolge eines deutlichen Geburtenanstiegs bei den jüngeren Zuwanderinnen war es innerhalb von zwei Jahren um 7 Monate von 29,5 Jahren im Jahr 2014 auf 28,9 Jahre im Jahr 2016 gesunken.

Im Jahr 2024 waren Frauen bei Geburt im Durchschnitt 31,3 Jahre alt, wobei deutsche Frauen mit 31,8 Jahren durchschnittlich um zwei Jahre älter waren als Ausländerinnen mit 29,8 Jahren. Frauen in Westdeutschland waren im Jahr 2024 mit 31,5 Jahren bei der Geburt des

2 Diese Angabe der Nationalen Akademie der Wissenschaften der Ukraine hat Frau Dr. Nataliia Levchuk vom Max-Planck-Institut für demografische Forschung zur Verfügung gestellt.

Grafik 4
Durchschnittsalter der Frauen bei einer Geburt nach Wohnort und Staatsangehörigkeit
in Jahren



Berechnung des Durchschnittsalters auf Basis der altersspezifischen Geburtenziffern.
Bis 2011 auf Basis früherer Zählungen; ab 2012 auf Basis des Zensus 2022 - Ergebnisse der Rückrechnung.

Kindes durchschnittlich um 1,2 Jahre älter als Frauen in Ostdeutschland (30,3 Jahre). Der Abstand im Durchschnittsalter bei Geburt zwischen den Frauen in West und Ost ist damit zwar immer noch spürbar, er hat sich aber im Vergleich zum Jahr 1991 (3,5 Jahre) deutlich reduziert. ↘ Grafik 4

Das Durchschnittsalter beim ersten Kind betrug im Jahr 2024 in Deutschland 29,9 Jahre. Frauen mit deutscher Staatsangehörigkeit waren mit 30,4 Jahren im Durchschnitt um 2,4 Jahre älter als die erstgebärenden Ausländerinnen mit 28,0 Jahren. Während das Durchschnittsalter beim ersten Kind bei den Frauen mit deutscher Staatsangehörigkeit seit 2009 (Beginn der Zeitreihe) um 1,6 Jahre zunahm, stieg es bei den Frauen mit ausländischer Staatsangehörigkeit nur geringfügig um 0,5 Jahre. Frauen in Westdeutschland waren im Jahr 2024 beim ersten Kind im Durchschnitt 30,1 Jahre alt. Sie waren damit um 1,6 Jahre älter als Frauen in den ostdeutschen Flächenländern, die im Durchschnitt mit 28,5 Jahre erstmals Mutter geworden sind. Seit 2009 nahm das Durchschnittsalter der Frauen beim ersten Kind in beiden Teilen Deutschlands um rund ein Jahr zu.

4.2 Seit 2022 Rückgang der Geburten auch im Alter ab 30 Jahren

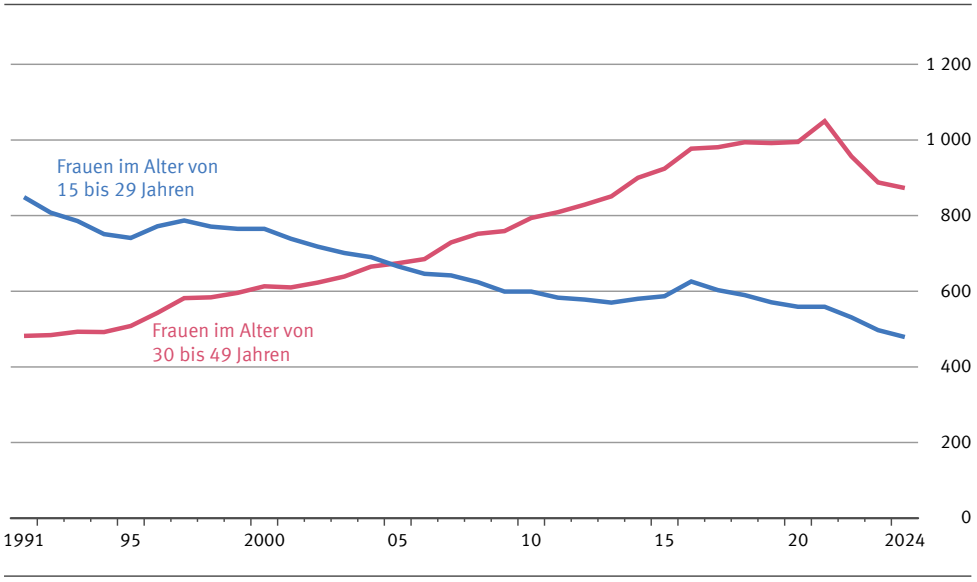
Hinter der Entwicklung des Durchschnittsalters bei Geburt stehen Veränderungen in der altersspezifischen Geburtenhäufigkeit. Lange Zeit stieg das Durchschnittsalter bei Geburt aufgrund der sinkenden Geburtenraten im jüngeren fertilen Alter und wachsender Geburtenhäufigkeit im Alter ab 30 Jahre. Nach 2016 stagniert beziehungsweise sinkt die Fertilität auch im Alter ab 30 Jahre, zum ersten Mal seit Anfang der 1990er-Jahre. ↘ Grafik 5

↘ Grafik 6 zeigt für die Jahre ab 2011 diese Entwicklung nach der Staatsangehörigkeit der Frauen. Die Geburtenraten der deutschen Frauen im Alter von 15 bis 29 Jahren sind beständig gesunken. Bei den Ausländerinnen wurde der rückläufige Trend in den Jahren 2015 und 2016 infolge der starken Zuwanderung der Schutzsuchenden aus dem Nahen Osten unterbrochen. Dieser singuläre Anstieg hat sich sogar auf die Geburtenraten aller Frauen unter 30 Jahren ausgewirkt (siehe Grafik 5). Ab 2017 nahmen auch die Geburtenraten der Ausländerinnen im jüngeren fertilen Alter wieder ab.

Grafik 5

Kumulierte altersspezifische Geburtenziffern nach Altersgruppen

Kinder je 1 000 Frauen

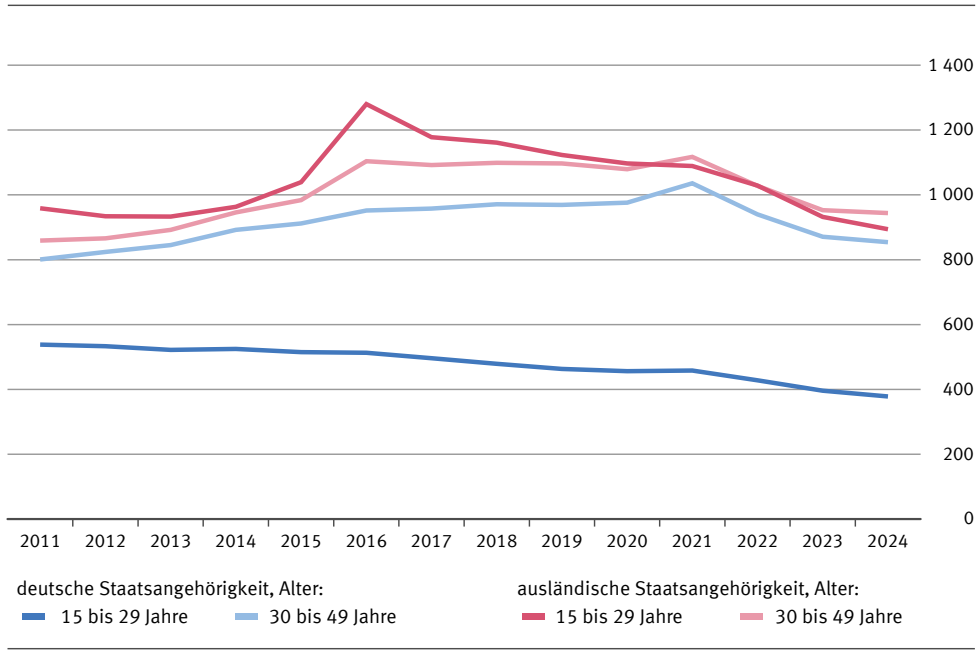


Bis 2011 auf Basis früherer Zählungen; ab 2012 auf Basis des Zensus 2022 - Ergebnisse der Rückrechnung.

Grafik 6

Kumulierte altersspezifische Geburtenziffern nach Altersgruppen und Staatsangehörigkeit der Frauen

Kinder je 1 000 Frauen



Bis 2011 auf Basis früherer Zählungen; ab 2012 auf Basis des Zensus 2022 - Ergebnisse der Rückrechnung.

Die Geburtenraten der deutschen Frauen im Alter ab 30 Jahre nahmen zwar zwischen 2011 und 2020 zu. Der Anstieg zwischen 2017 und 2020 war aber schwächer ausgeprägt als in früheren Jahren und konnte den Rück-

gang der Fertilität im jüngeren Alter nicht kompensieren. Das führte zu einem leichten Rückgang der zusammengefassten Geburtenziffer der deutschen Frauen. Bei den Ausländerinnen schwankten die Werte nach dem Anstieg im Jahr 2016 auf vergleichsweise hohem Niveau.

Die Zunahme der Gesamtgeburtenrate im Jahr 2021 ging nur auf den Fertilitätsanstieg im Alter ab 30 Jahre zurück. Im Jahr 2022 erfolgte hier aber eine bemerkenswerte Trendwende: Die Geburtenraten im Alter ab 30 Jahre sanken und trugen damit zu einem deutlichen Rückgang der zusammengefassten Geburtenziffer und zum Absenken des Durchschnittsalters bei Geburt bei. Im Jahr 2024 verlangsamte sich jedoch der Rückgang. So sank die kumulierte Geburtenziffer im Alter 30 bis 49 Jahre in den beiden Jahren 2022 und 2023 im jeweiligen Vorjahresvergleich um 9 % beziehungsweise 7 %. Im Jahr 2024 ging die Geburtenziffer dieser Altersgruppe weniger stark um 2 % zurück.

5

Verzögerter Übergang zum ersten Kind

Die bisher betrachteten Veränderungen bezogen sich auf die Entwicklung nach Kalenderjahren. Eine rückläufige Fertilität im Alter ab 30 Jahre kann ein erster Hinweis darauf sein, dass die endgültige Kinderlosigkeit in den nächsten Jahren ansteigen könnte. Insbesondere die kumulierten Geburtenziffern der Frauen im fertilen Alter unter 30 Jahren zeigen einen deutlichen Rückgang um 18 % zwischen 2011 und 2024. Zumindest in der Periodenbetrachtung bedeutet dies, dass 2024 deutlich weniger Frauen im Alter unter 30 Jahren Mutter geworden sind als vor dreizehn Jahren. Gleichzeitig nahm die kumulierte Geburtenziffer im Alter 30 bis 49 Jahre seit 2011 lediglich um 9 % zu. Das „Nachholen“ der ersten Geburten im höheren fertilen Alter fand also in einem deutlich geringeren Umfang statt. Wenn diese Periodeneffekte andauern, werden sie sich negativ auf die endgültige durchschnittliche Kinderzahl auswirken und zu einer höheren Kinderlosenquote führen.

Die Angaben zu temporärer und endgültiger Kinderlosigkeit der Frauen werden im Mikrozensus alle vier Jahre erhoben (Bundeszentrale für politische Bildung, 2024; Statistisches Bundesamt, 2023a). Die letzte Befragung dazu fand im Jahr 2022 statt, die nächste ist für 2026 vorgesehen. Um zu sehen, wie sich der Übergang zum ersten Kind zwischen 2021 und 2024 verändert hat, werden hier deshalb hilfsweise die Mikrozensusergebnisse zu den Frauen mit und ohne Kind(er) im Haushalt verwendet (Hochgürtel/Weinmann, 2020). Bei diesem Konzept wird nicht zwischen leiblichen und nichtleiblichen Kindern unterschieden und es werden nur Kinder berücksichtigt, die zum Zeitpunkt der Befragung im Haushalt leben. Für Frauen im Alter zwischen 25 und 40 Jahren zeigte ein Abgleich von Ergebnissen des Mikrozensus 2022 eine relativ gute Übereinstimmung zwischen dem Anteil der Frauen ohne Kind im Haushalt einerseits und der Kinderlosenquote andererseits, die sich aus den Angaben zur Geburt des Kindes ableitet. Das Familien- und Haushaltskonzept erlaubt somit zwar keine genaue Messung der Kinderlosenquote, eignet sich aber für Vergleiche zwischen zwei Berichtsjahren beziehungsweise unterschiedlichen Frauengruppen. Die Begriffe „Kinderlosigkeit“ und „Mutterschaft“ beziehen sich also in diesem Kapitel auf die 25- bis 40-jährigen Frauen ohne beziehungsweise mit mindestens einem Kind im Haushalt.

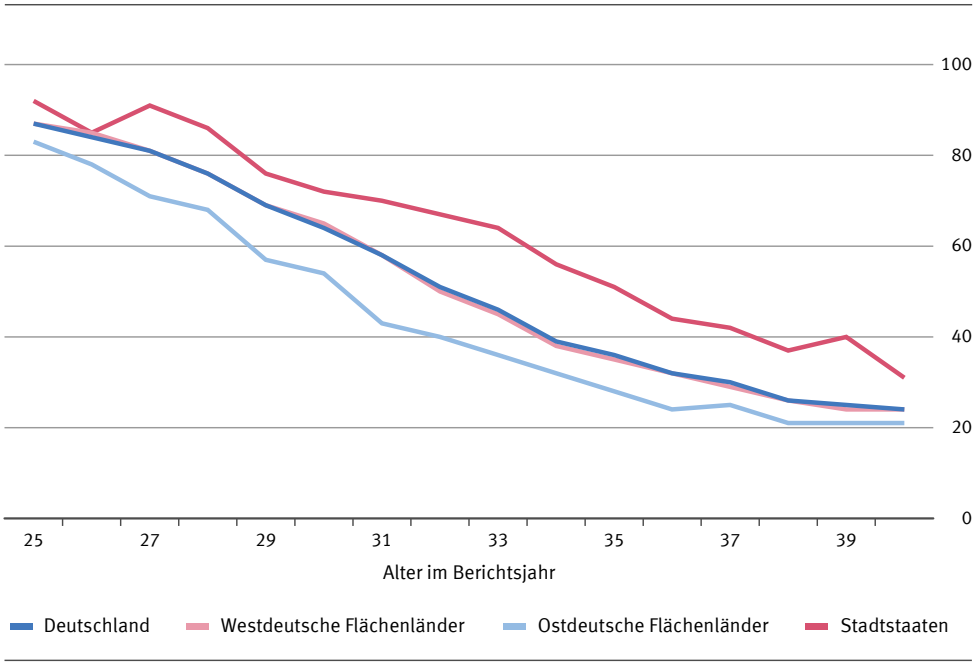
Der Übergang zum ersten Kind wird hier nach Wohnort der Frauen, ihrem Bildungsabschluss und der Partnerschaft (das heißt Partner im gleichen Haushalt) unterschieden. Diese Merkmale beziehen sich auf den Befragungszeitpunkt und können von der Situation der Frauen zum Zeitpunkt der ersten Geburt abweichen. Trotz dieser Einschränkung ermöglicht ein solcher Vergleich einen differenzierteren Blick auf den Übergang von der Kinderlosigkeit zur Mutterschaft.

Im Jahr 2024 lebten laut Mikrozensus in Deutschland insgesamt 87 % der 25-jährigen Frauen ohne Kind im Haushalt. Im Alter von 32 Jahren waren es 51 % und im Alter von 40 Jahren 24 %. In den westlichen Flächenländern war die Situation ähnlich. In den ostdeutschen Flächenländern findet der Übergang zum ersten Kind nach wie vor früher statt. So betrug hier der Anteil der Kinderlosen bei den 25-jährigen ostdeutschen Frauen 83 %, bei den 32-Jährigen 40 % und bei den 40-Jährigen 21 %. Besonders hoch ist der Anteil der Frauen ohne Kind im Haushalt in den Stadtstaaten: Er lag im Jahr 2024 bei den Frauen im Alter von 25 Jahren bei 92 %, im Alter von 32 Jahren bei 67 % und im Alter von 40 Jahren bei 31 %. ↘ Grafik 7

Grafik 7

Anteil der Frauen ohne Kind im Haushalt an allen Frauen nach Alter und Wohnort 2024

in %



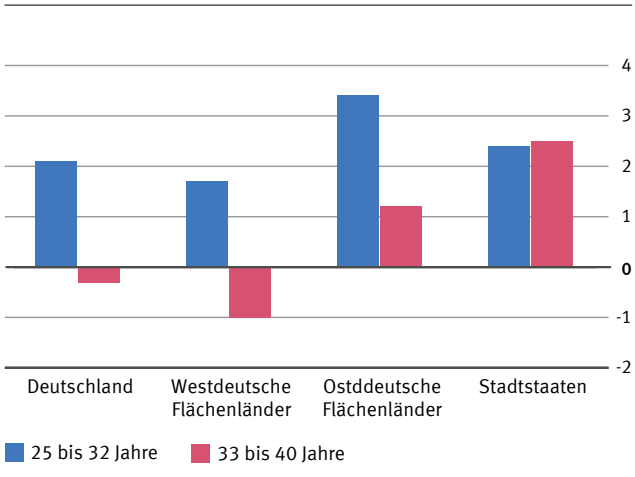
Ergebnisse des Mikrozensus - Personen in Privathaushalten am Hauptwohnsitz.

Im Vergleich zum Jahr 2021 haben sich die Anteile der Frauen ohne Kind im Haushalt regional und nach Alter unterschiedlich stark verändert. In der Altersspanne 25 bis 32 Jahre nahm die temporäre Kinderlosigkeit im bundesdeutschen Durchschnitt um 2,1 Prozentpunkte zu. Am stärksten stieg der Kinderlosenanteil mit 3,4 Prozentpunkten in den ostdeutschen Flächenländern, am geringsten mit 1,7 Prozentpunkten in den westlichen Flächenländern. In den Stadtstaaten betrug der Anstieg 2,4 Prozentpunkte. Diese Veränderungen weisen zunächst auf eine Verzögerung beim Übergang zum ersten Kind hin und sind mit der Entwicklung der Kinderlosenquoten in der Vergangenheit vergleichbar (Statistisches Bundesamt, 2023b). Ob diese Zunahme der temporären Kinderlosigkeit später in eine höhere endgültige Kinderlosenquote mündet, hängt davon ab, ob die im jüngeren Alter nicht realisierten Geburten in höherem fertilen Alter „nachgeholt“ werden. ↘ Grafik 8

Grafik 8

Anteil der Frauen ohne Kind im Haushalt an allen Frauen nach Altersgruppe [1] und Wohnort

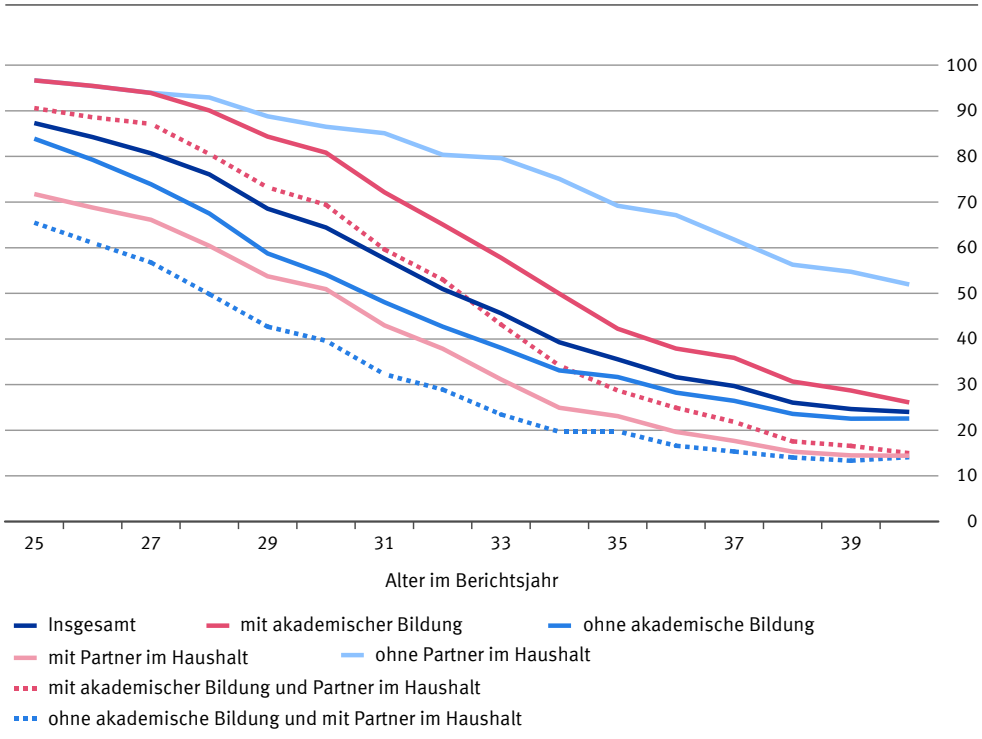
Veränderung 2024 gegenüber 2021 in Prozentpunkten



Ergebnisse des Mikrozensus - Personen in Privathaushalten am Hauptwohnsitz.
1 Im Berichtsjahr erreichtes Alter.

In der Altersgruppe von 33 bis 40 Jahren hat der Anteil der Frauen ohne Kind im Haushalt in Deutschland zwischen 2021 und 2024 insgesamt nahezu stagniert. In den westlichen Flächenländern nahm er leicht um 1,0 Prozentpunkte ab. In den ostdeutschen Flächenländern und den Stadtstaaten gab es dagegen einen Zuwachs um 1,2 beziehungsweise um 2,5 Prozentpunkte. Diese Entwicklung könnte bereits ein erstes Anzeichen für eine steigende endgültige Kinderlosenquote sein. Einen genaueren und differenzierteren Einblick wird dazu die nächste

Grafik 9
Anteil der Frauen ohne Kind im Haushalt an allen Frauen nach Alter, Bildungsstand und Partnerschaft 2024
in %



Ergebnisse des Mikrozensus - Personen in Privathaushalten am Hauptwohnsitz.

Befragung zur Geburt von Kindern im Mikrozensus 2026 ermöglichen.

Frauen mit einem akademischen beruflichen Bildungsabschluss werden aufgrund längerer Ausbildungszeiten durchschnittlich zu einem späteren Zeitpunkt Mutter als Nicht-Akademikerinnen. Bei den Akademikerinnen, die mit einem Partner im Haushalt zusammenleben, ist allerdings der temporäre Anteil der kinderlosen Frauen deutlich geringer. Gegen Ende des vierten Lebensjahrzehnts gleichen sich die bildungsbedingten Unterschiede in der Kinderlosigkeit fast vollständig aus. So lebten im Alter von 40 Jahren laut Mikrozensus 2024 lediglich 14 bis 15 % aller Frauen mit einem Partner im Haushalt ohne Kind, unabhängig davon, ob sie einen akademischen Bildungsabschluss hatten oder nicht. ↘ Grafik 9

Im Vergleich zur Situation im Jahr 2021 zeigt sich, dass der Anteil der Frauen ohne Kind im Haushalt bei den Akademikerinnen stabil geblieben ist. Bei den Nicht-Akademikerinnen nahm er dagegen im jüngeren Alter von 25 bis 32 Jahren leicht zu. Damit setzte sich das Aufschieben der ersten Geburt und somit ein verzögerter Übergang zur Mutterschaft bei den Frauen ohne akademischen Abschluss fort.

6

Fazit

Die detaillierten Analysen zeigen, dass die dritte Phase sinkender Fertilität im vereinigten Deutschland kein kontinuierlicher Prozess mit einheitlichen Ursachen ist. Sie besteht aus unterschiedlichen Etappen und ist regional unterschiedlich stark ausgeprägt. Der Geburtenrückgang hat sich bereits zwischen 2017 bis 2020 abgezeichnet. Charakteristisch für die Entwicklung seit 2017 ist, dass – während die Fertilität im Alter unter 30 Jahren weiter sank – die Geburtenraten im Alter ab 30 Jahre nicht mehr zugenommen haben, wie dies noch im gesamten Zeitraum zwischen 1995 und 2016 der Fall war. Stagnierende Geburtenhäufigkeit im Alter

ab 30 Jahre und ein deutlicher Rückgang der Geburtenraten der ausländischen Frauen, ausgehend vom hohen Niveau des Jahres 2016, sorgten für eine abnehmende zusammengefasste Geburtenziffer.

Das Auf und Ab der Geburten in den Jahren 2021 und 2022 stand im Zeichen der COVID-19-Pandemie. Das Geburtenverhalten in diesen Jahren hing auch mit der besonderen Situation im ersten Pandemiejahr 2020 zusammen, in dem die meisten Kinder des geburtenreichen Jahres 2021 gezeugt wurden. Sowohl der Geburtenanstieg im Jahr 2021 als auch der Rückgang der Geburten im Jahr 2022 wurden von untypischen externen Faktoren beeinflusst und sind somit einzigartig. Zugleich kamen während der Pandemiejahre gerade bei jungen Menschen weniger Partnerschaften und Ehen zustande, was sich auf die Geburten der Folgejahre negativ auswirken kann.

Die noch andauernde Etappe begann im Jahr 2023. Sie ist durch einen Rückgang der Geburtenraten im Alter ab 30 Jahre insgesamt und beim ersten Kind geprägt. Insbesondere in den ostdeutschen Flächenländern und in den Stadtstaaten zeichnet sich ein Anstieg der endgültigen Kinderlosenquote ab. Im Jahr 2024 war zwar der Fertilitätsrückgang im Vorjahresvergleich nicht mehr so stark wie in den Jahren 2022 und 2023. In den ersten Monaten des Jahres 2025 setzte sich der Rückgang nach noch vorläufigen Angaben jedoch fort (Statistisches Bundesamt, 2025b).

Als Ursachen kommen hier viele Faktoren infrage: nachlassende Effekte der familienpolitischen Maßnahmen der 2000er-Jahre insbesondere im Bereich Kleinkinderbetreuung, Nachwirkungen der Pandemiejahre, Verschlechterung der wirtschaftlichen Lage, Klimawandel, Ängste um den Frieden in Europa. Für die künftige Geburtenentwicklung in Deutschland wird deshalb von großer Bedeutung sein, wie die Politik und die Zivilgesellschaft mit diesen Unsicherheiten umgehen werden und ob potenzielle Eltern mit mehr Zuversicht in die Zukunft schauen können.

LITERATURVERZEICHNIS

Aassvea, Arnstein/Adserà, Alicia/Chang, Paul Y. und andere. *Family ideals in an era of low fertility*. In: PNAS 2024. DOI: 10.1073/pnas.2311847121

Bonin, Holger/Fichtl, Anita/Rainer, Helmut/Spieß, C. Katharina/Stichnoth, Holger/Wrohlich, Katharina. *Lehren für die Familienpolitik – Zentrale Resultate der Gesamtevaluation familienbezogener Leistungen*. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) 2013. [Zugriff am 6. August 2025]. Verfügbar unter: www.ifo.de

Bujard, Martin/Andersson, Gunnar. *Fertility Declines Near the End of the COVID-19 Pandemic: Evidence of the 2022 Birth Declines in Germany and Sweden*. In: European Journal of Population. Jahrgang 40. Ausgabe 4/2024. DOI: 10.1007/s10680-023-09689-w

Bundeszentrale für politische Bildung (Herausgeber). *Sozialbericht 2024. Lebensformen in der Bevölkerung und Kinder*. Kapitel 2.1. [Zugriff am 21. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.bpb.de

Deutscher Bundestag. *Zehnter Familienbericht. Unterstützung allein- und getrennterziehender Eltern und ihrer Kinder – Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen*. Drucksache 20/14510. 2025. [Zugriff am 11. Juli 2025]. Verfügbar unter: dip.bundestag.de

Eurostat. *Fruchtbarkeitsziffern*. [Zugriff am 21. Juli 2025]. DOI: 10.2908/demo_find

Goldstein, Joshua R./Sobotka, Tomáš/Jasilioniene, Aiva. *The End of „Lowest-Low" Fertility?* In: Population and Development Review. Jahrgang 35. Ausgabe 4/2009, Seite 663 ff.

Hochgürtel, Tim/Weinmann, Julia. *Haushalte in der Berichterstattung des Mikrozensus ab 2020*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 3/2020, Seite 89 ff.

Ivanova, Katya/Balbo, Nicoletta. *Societal Pessimism and the Transition to Parenthood: A Future Too Bleak to Have Children?* In: Population and Development Review. Jahrgang 50. Ausgabe 2/2024, Seite 323 ff.

Jasilioniene, Aiva/Jasilionis, Domantas/Jdanov, Dmitgr/Myrskylä, Mikko. *Association between the COVID-19 vaccination campaign and fertility trends: a population-level time series analysis for 22 countries*. In: BMJ Public Health. Jahrgang 3. Ausgabe 1/2025. DOI: 10.1136/bmjph-2024-001410

Kohler, Hans-Peter/Billari, Francesco C./Ortega, José Antonio. *The emergence of lowest-low fertility in Europe during the 1990s*. In: Population and Development Review. Jahrgang 28. Ausgabe 4/2002, Seite 641 ff.

Lappegård, Trude/Kornstad, Tom/Dommermuth, Lars/Kristensen, Axel Peter. *Understanding the Positive Effects of the COVID-19 Pandemic on Women's Fertility in Norway*. In: Population and Development Review. Jahrgang 50. Ausgabe S1/2024, Seite 129 ff.

LITERATURVERZEICHNIS

Nisén, Jessica/Jalovaara, Marika/Rotkirch, Anna/Gissler, Mika. *Fertility recovery despite the COVID-19 pandemic in Finland?* In: Finnish Journal of Social Research. Jahrgang 15. 2022, Seite 25 ff.

Pötzsch, Olga. *Aktueller Geburtenanstieg und seine Potenziale*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 3/2018, Seite 72 ff.

Sobotka, Tomáš/Zeman, Kryštof/Winkler-Dworak, Maria/Brzozowska, Zuzanna/Jasilioniene, Aiva/Alustiza-Galarza, Ainhoa/Jdanov, Dmitri/Németh, László. *Pandemic Roller-Coaster? Birth Trends in Higher-Income Countries During the COVID-19 Pandemic*. In: Population and Development Revue. Jahrgang 49. 2023, Seite 23 ff. [Zugriff am 17. Juli 2025]. DOI: 10.1111/padr.12544

Spitzer, Sonja/Hammer, Bernhard/Reiter, Claudia. *Intergenerational income dynamics in Europe: Past trends and current challenges*. 2023. [Zugriff am 11. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.eurofound.europa.eu

Statistisches Bundesamt. *Endgültige Kinderzahl (jeFrau): Deutschland, Geburtsjahr der Frau, Altersgruppen der Frauen*. GENESIS-Online: Tabelle 12612-0013. 2025. www-genesis.destatis.de

Statistisches Bundesamt. *Statistischer Bericht – Geburten 2024*. 2025a. [Zugriff am 21. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.destatis.de

Statistisches Bundesamt. *Monatliche Geburtenzahlen 2025*. Wiesbaden 2025b. [Zugriff am 18. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.destatis.de

Statistisches Bundesamt. *Geburtenziffer 2023 auf 1,35 Kinder je Frau gesunken*. Pressemitteilung Nr. 274 vom 17. Juli 2024. 2024a. [Zugriff am 17. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.destatis.de

Statistisches Bundesamt. *Bevölkerung: Deutschland, Stichtag, Geschlecht, Altersgruppen, Staatsangehörigkeit. GENESIS-Online: Tabelle 12411-0009*. 2024b. www-genesis.destatis.de

Statistisches Bundesamt. *Kinderlosigkeit und Mutterschaft. Endergebnisse des Mikrozensus 2022*. 2023a. [Zugriff am 17. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.destatis.de

Statistisches Bundesamt. *Frauen nach Zahl der geborenen Kinder – Endergebnisse des Mikrozensus 2022*. 2023b. Statistischer Bericht, Tabelle 12612-02. Verfügbar unter: www.destatis.de

Statistisches Bundesamt. *15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*. 2022. [Zugriff am 17. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.destatis.de

tagesschau.de. *Wie der Krieg die Wirtschaft verändert*. 25. Februar 2023. [Zugriff am 11. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.tagesschau.de

LITERATURVERZEICHNIS

Vignoli, Daniele/Bazzani, Giacomo/Guetto, Raffaele/Minello, Alessandra/Pirani, Elena. *Uncertainty and Narratives of the Future: A Theoretical Framework for Contemporary Fertility*. In: Schoen, Robert (Herausgeber). Analysing Contemporary Fertility. The Springer Series on Demographic Methods and Population Analysis. Jahrgang 51. Seite 25 ff.

Winkler-Dworak, Maria/Zeman, Kryštof/Sobotka, Tomáš. *Fertility decline in the later phase of the COVID-19 pandemic: The role of policy interventions, vaccination programmes, and economic uncertainty*. In: medRxiv 2024.
DOI: 10.1101/2024.04.26.24306444

SOZIOÖKONOMISCHE UNTERSCHIEDE IN DER STERBLICHKEIT IN DEUTSCHLAND

Was ist bekannt und wo liegen Potenziale der amtlichen Statistik?

Olga Grigoriev

Schlüsselwörter: Mortalitätsunterschiede – sozioökonomische Disparitäten – potenzielle Datenquellen – Datenverknüpfung – Sterbefallstatistik – Zensus

ZUSAMMENFASSUNG

Eines der wichtigsten Themen der Mortalitäts- und Gesundheitsforschung sind sozioökonomische Mortalitätsunterschiede. Der Beitrag fasst aus verschiedenen Datenquellen ermittelte Ergebnisse für Deutschland zusammen und stellt die jeweiligen Stärken und Schwächen dar. Darüber hinaus untersucht er mit der europäischen Gemeinschaftsstatistik über Einkommen und Lebensbedingungen (EU-SILC) und dem Zensus zwei Datenquellen der amtlichen Statistik, die potenziell geeignet sind, um sozioökonomische Unterschiede in der Sterblichkeit darzustellen. Außerdem befasst er sich mit den methodischen und praktischen Schwierigkeiten bei der Verwendung dieser Daten.

Keywords: *mortality differences – socioeconomic disparities – potential data sources – data linkage – death statistics – census*

ABSTRACT

Socioeconomic differences in mortality are one of the most important topics in the field of mortality and health research. This article presents results for Germany from different data sources and discusses the strengths and limitations of these data. In addition, it examines two official data sources – the EU-SILC and the census – that could be suitable for assessing socioeconomic differences in mortality. The article also discusses the methodological and practical challenges associated with the use of these data.

Dr. Olga Grigoriev

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Referat „Demografische Analysen und Modellrechnungen, natürliche Bevölkerungsbewegungen“ des Statistischen Bundesamtes. Sie hat im Fach Demographie an der Universität Rostock promoviert und beschäftigt sich vor allem mit der Frage der Mortalitätsunterschiede.

1

Einleitung

Wie beeinflusst der sozioökonomische Status, das heißt die ökonomische und soziale Position einer Person im Vergleich zu anderen (in der Regel auf der Grundlage von Einkommen, Bildung oder Beruf), die Gesundheit und die Sterblichkeit? Seit vielen Jahrzehnten zählen sozioökonomische Ungleichheiten bei Gesundheit und Sterblichkeit zu den Hauptthemen der internationalen Mortalitätsforschung, und das nicht ohne Grund: Wenn es um Debatten über soziale Ungleichheiten oder die Reform des Rentensystems geht, spielen zuverlässige Mortalitätsschätzungen nach sozioökonomischem Status eine wichtige informative Rolle (Lerch und andere, 2017).

Der Zusammenhang zwischen dem sozioökonomischen Status (SES) einerseits sowie der Gesundheit und der Sterblichkeit andererseits ist ausreichend nachgewiesen. Zahlreiche internationale Studien weisen auf eine höhere Lebenserwartung, eine geringere Morbidität und eine niedrigere Sterblichkeit bei denjenigen hin, die einen höheren sozioökonomischen Status besitzen (Valkonen, 1993; Kunst und andere, 2001; Mackenbach und andere, 1997; Mackenbach und andere, 2019).

Zur Abschätzung des sozioökonomischen Status dienen verschiedene Indikatoren, beispielsweise Bildung, Einkommen oder Beruf. Die Ergebnisse zeigen eine allgemeine Übereinstimmung in der Richtung des Zusammenhangs, aber Unterschiede im Grad der Assoziation zwischen sozioökonomischem Status und Mortalitätsindikatoren. Es wird angenommen, dass die häufig in solchen Analysen verwendete Bildung einer der stärksten Einflussfaktoren für die Lebenserwartung ist (Jasilionis/Shkolnikov, 2016). Sie wird in der Regel im frühen Erwachsenenalter abgeschlossen und vermeidet daher viele Probleme der umgekehrten Kausalität (Mackenbach und andere, 2019; Duncan und andere, 2002). Darüber hinaus bestimmt der Bildungsstand in hohem Maße die späteren Arbeitsverhältnisse und das Einkommen.

Wichtig zu berücksichtigen ist weiterhin, dass die Ergebnisse nicht nur von den SES-Indikatoren abhängen, sondern auch von dem verwendeten Maß, mit dem die Ungleichheit gemessen wird. Es gibt verschiedene Ansätze, um die Ungleichheit bei der Sterblichkeit zu schätzen. Im Allgemeinen werden zusammenfassende Sterblichkeitsmaße für jede sozioökonomische Gruppe verglichen, zum Beispiel altersstandardisierte Sterberaten oder die Lebenserwartung (Gómez Ugarte Valerio und andere, 2024). Die Veränderungen (in absoluten und relativen Werten) im Laufe der Zeit bieten einen zusätzlichen wichtigen Hinweis über die Zusammenhänge zwischen sozioökonomischem Status und Sterblichkeit. Diese einzelnen Punkte sollten bei der Schätzung von SES-Mortalitätsunterschieden unbedingt beachtet werden. In den meisten Fällen hängt die Entscheidung, welche Faktoren oder Indikatoren in der Analyse verwendet werden sollen, sehr stark von den für die Analyse verfügbaren Daten ab.

Daten aus Deutschland können seit Langem nur sehr eingeschränkt in internationalen Vergleichsstudien berücksichtigt werden, da die amtliche Statistik der Sterbefälle keine Angaben zum sozioökonomischen Status erfasst. Informationen über den Beruf der verstorbenen Person waren zwar in den Jahren 1937 bis 1971 im Totenschein enthalten (Mielck, 2000; Kroll/Lampert, 2009), fehlen jedoch seit der Novelle des Bevölkerungsstatistikgesetzes im Jahr 1971 (Kroll/Lampert, 2009).

Aus diesem Grund werden Umfragedaten mit einem Mortalitäts-Follow-Up, Daten der gesetzlichen Rentenversicherung oder der gesetzlichen Krankenversicherung genutzt, um sozioökonomische Unterschiede in der Sterblichkeit für Deutschland quantifizieren zu können. Umfrage mit Mortalitäts-Follow-Up bedeutet, dass die Teilnehmenden über die Zeit weiterverfolgt werden und der Tod oder das Verlassen der Erhebung aus anderen Gründen erfasst wird.

Das folgende Kapitel 2 stellt Stärken und Schwächen sowie Ergebnisse, die auf diesen Datenquellen beruhen, detailliert dar. Kapitel 3 geht auf Potenziale zur Messung sozioökonomischer Unterschiede in der Sterblichkeit in der amtlichen Statistik ein und diskutiert methodische und praktische Herausforderungen, die im Zusammenhang mit der Verwendung dieser Daten stehen. Ein abschließendes Fazit bewertet den möglichen Einsatz der amtlichen Datenquellen für Mortalitätsschätzungen nach sozioökonomischen Merkmalen.

2

Erkenntnisse aus bestehenden Datenquellen

2.1 Umfragen

Die am häufigsten verwendete Erhebung zur Analyse von SES-Mortalitätsunterschieden in Deutschland ist das Sozio-oekonomische Panel (SOEP), das am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin) angesiedelt ist. Das SOEP ist die größte fortlaufende Längsschnittstudie von Privathaushalten in Deutschland und befasst sich mit einem breiten Spektrum demografischer und sozioökonomischer Bereiche, wie Arbeitsmarkt, Bildung oder Gesundheit. Das Panel begann 1984 mit einer Stichprobe von etwa 12 000 im früheren Bundesgebiet lebenden Personen ab 16 Jahren und wurde nach der deutschen Vereinigung auch auf die neuen Bundesländer ausgeweitet. Die ausführlichen Informationen zu den methodischen Merkmalen, Stichproben und Entwicklungen des SOEP stehen an anderer Stelle bereit (Haisken-DeNew/Frick, 2005; Wagner und andere, 2007).

Zu den früheren Beispielen für die Berechnung von SES-Unterschieden in der Sterblichkeit mit SOEP-Daten gehört eine Studie von Lampert und anderen (2007). Sie verwendeten die Erhebungsdaten für die Jahre 1995 bis 2005 zusammen mit amtlichen Sterbetafeln, um Einkommensunterschiede in der Sterblichkeit, der Lebenserwartung und der gesunden Lebenserwartung bei der Geburt und im Alter von 65 Jahren zu schätzen. Die Ergebnisse zeigen, dass das geringere Sterblichkeitsrisiko und die höhere allgemeine und gesunde Lebenserwartung bei den höheren Einkommensgruppen liegen. Beispielsweise betrug die Lebenserwartung bei der Geburt für Männer in der höchsten Einkommensgruppe 80,9 Jahre, die in der niedrigsten Einkommensgruppe lag bei 70,1 Jahren. Die entsprechenden Werte bei den Frauen waren 85,3 Jahre in der höchsten und 76,9 Jahre in der niedrigsten Einkommensgruppe und zeigen somit weniger stark ausgeprägte Differenzen als bei den Männern.

Doblhammer und Kolleginnen (2008) nutzten ebenfalls die SOEP-Daten der Jahre 1991 bis 2006 und bewerteten den Einfluss von Bildung, Familienstand, monatlichem Einkommen, beruflicher Stellung, Haushaltsgröße und Gesundheitszufriedenheit auf die Lebenserwartung bei Personen ab 50 Jahren. Im Vergleich zu anderen Studien schlossen sie auch Schätzwerte für Verhaltensfaktoren (wie Rauchen und Alkoholkonsum) ein sowie Informationen zu Blutdruck und Diabetes, die sie aus der bereits verfügbaren Literatur entnehmen konnten. Die Ergebnisse bestätigten den Effekt der sozioökonomischen Faktoren, jedoch mit geringerem Effekt als die Verhaltensfaktoren.

Auch eine neuere Studie von Lampert und anderen (2019) auf Basis der SOEP-Daten für die Jahre 1992 bis 2016 bestätigte die einkommensbezogenen Unterschiede bei der Sterblichkeit und der Lebenserwartung. Die Unterschiede in der Lebenserwartung bei der Geburt zwischen der höchsten und der niedrigsten Einkommensgruppe betrugen über den gesamten Analysezeitraum 8,6 Jahre für Männer und 4,4 Jahre für Frauen.

Neben vielen Vorteilen (lange Zeitreihen, große Stichprobengröße, große Bandbreite an SES-Variablen wie Bildung, Einkommen oder beruflicher Status und von gesundheitsrelevanten Merkmalen) weist das SOEP eine Reihe von Einschränkungen auf, die eine genaue Analyse der Mortalität verhindern. Einer der entscheidenden Mängel ist, dass Daten über die Bevölkerung in Einrichtungen (wie Altersheime, Pflegeheime oder Seniorenresidenzen) fehlen. Da die Sterblichkeit bei der Bevölkerung in Einrichtungen im Allgemeinen höher ist als bei der Bevölkerung in Privathaushalten, könnte die Sterblichkeit im SOEP folglich unterschätzt sein.

Eine weitere Datenquelle für die Analyse der Sterblichkeitsunterschiede in Deutschland ist der Deutsche Lebenserwartungssurvey des Bundesinstituts für Bevölkerungsforschung. Auf diesen Daten basiert – als prominentes Beispiel – die Studie von Luy und anderen (2015). Die Autoren schätzten die Lebenserwartung im Alter von 40 und 65 Jahren und differenzierten dabei nach Bildung, Erwerbsstatus, Berufsklasse und Haushaltseinkommen. Die Ergebnisse zeigen erhebliche Unterschiede in der Lebenserwartung in allen sozioökonomischen Gruppen. Beispielsweise variiert die Lebenserwartung im Alter von 40 Jahren um mehr als sechs Jahre zwischen Männern mit niedriger und hoher Bildung oder um etwa zehn Jahre zwischen Männern in verschiedenen Erwerbsstatusgruppen. Bei den Frauen sind

die Unterschiede analog zu anderen Studien geringer, aber immer noch bemerkenswert. Beispielsweise betrug der Unterschied zwischen Frauen im Alter von 40 Jahren mit niedriger und hoher Bildung 2,3 Jahre.

Mehrere kleinere Erhebungen[1] wurden genutzt, um den Einfluss des sozioökonomischen Status auf die Sterblichkeit oder Lebenserwartung zu beurteilen. Günther/Huebener (2018), Lampert/Kroll (2014) und Kroll/Lampert (2009) bieten eine vergleichende Zusammenfassung bisheriger Studien zum Zusammenhang von sozioökonomischem Status und Mortalität (Lebenserwartung) für Deutschland.

Zusammenfassend enthalten Umfragen zwar oft sehr detaillierte Daten zu sozioökonomischen Merkmalen, die meisten Erhebungen sind jedoch nicht darauf ausgelegt, die Sterblichkeit zu schätzen. Selbst bei großem Stichprobenumfang ist die Zahl der Todesfälle in der Regel zu gering für eine Analyse. Weitere mögliche Nachteile von Erhebungen sind Beschränkungen auf ausgewählte Bevölkerungsgruppen (zum Beispiel nur Personen über 50 Jahre) oder das Fehlen von Daten über die in Einrichtungen lebende Bevölkerung, die für die Betrachtung der Sterblichkeit besonders wichtig sind.

2.2 Deutsche Rentenversicherung

Eine weitere Quelle zur Schätzung von SES-Unterschieden in der Sterblichkeit in Deutschland sind Daten der gesetzlichen Rentenversicherung. Diese Vollerhebung aller Rentenempfängerinnen und -empfänger enthält auch Informationen über Todesfälle nach dem Eintritt in den Ruhestand (Kroll/Lampert, 2009).

Die Arbeit von Grigoriev und Kollegen (2019) lieferte zum Beispiel die ersten Schätzungen auf Bevölkerungsebene zu sozioökonomischen Sterblichkeitsunterschieden in der erwerbstätigen Bevölkerung in Deutschland. Die Sterblichkeitsunterschiede wurden anhand eines breiten Spektrums sozioökonomischer und demografischer Merkmale untersucht, darunter Einkommen, Bildung, Beschäftigungsstatus, Staatsangehörigkeit und Region. Ergebnis war die Feststellung, dass das Mortalitätsrisiko mit abnehmendem Einkommen steigt. Die Auswirkung des Einkommens schwächt sich nach Kontrolle für Bildung und andere erklärende Variablen ab, insbesondere für Frauen.

Ähnlich wie die SOEP-Daten ermöglichen auch die Daten der gesetzlichen Rentenversicherung, lange Zeitreihen auszuwerten. Darüber hinaus weisen sie einen hohen Genauigkeitsgrad in Bezug auf die bereitgestellten Informationen auf und decken weite Bevölkerungskreise ab. Jedoch fehlen auch einige Bevölkerungsgruppen, beispielsweise Selbstständige sowie Beamtinnen und Beamte. Ein weiterer Schwachpunkt der Daten der gesetzlichen Rentenversicherung ist, dass sie nur über eine sehr begrenzte Anzahl von Variablen für eine detaillierte Analyse der mit der Sterblichkeit verbundenen Faktoren verfügen.

2.3 Gesetzliche Krankenversicherung

Die Daten der gesetzlichen Krankenversicherung dienen ebenfalls als alternative Datenquelle für die Untersuchung der Sterblichkeitsunterschiede in Deutschland. Zu ihren Vorteilen gehören der hohe Abdeckungsgrad der Bevölkerung, ausführliche Informationen zur Sterblichkeit sowie die Einbeziehung der Bevölkerung in Einrichtungen. In Deutschland gibt es mehr als 200 gesetzliche Krankenkassen, aber bisher konnten und können nur ausgewählte Daten für die wissenschaftliche Analyse genutzt werden (Kroll/Lampert, 2009).

Mehrere Studien haben Daten von Krankenversicherungen auf individueller Ebene genutzt. So untersuchten Tetzlaff und andere (2020) die Ungleichheiten bei der Lebenserwartung und ihre Entwicklung im Zeitraum 2005 bis 2016 bei Männern und Frauen ab 20 Jahren. Dabei verwendeten sie das Einkommen als Näherungswert für den sozioökonomischen Status. Ihre Ergebnisse bestätigen, dass Einkommensungleichheiten fortbestehen und sich ausweiten, insbesondere bei älteren Männern.

Jedoch kann eine Reihe von Nachteilen der Krankenversicherungsdaten die Repräsentativität der Ergebnisse beeinträchtigen. Dazu gehören die selektive Struktur der Versichertenpopulation, das Fehlen der privat versicherten Bevölkerung und die Qualität und Verfügbarkeit der SES-Informationen (nur Jahreseinkommen sind für volljährig Versicherte verfügbar, Bildung und Beruf sind nur

1 Beispiele sind das internationale epidemiologische Projekt „Monitoring Trends and Determinants in Cardiovascular Disease“ (WHO-MONICA), das als Teil des deutschen Teilprojekts in der Region Augsburg durchgeführt wird, oder die Panelkomponente der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1), die Teil des Gesundheitsmonitorings des Robert Koch-Instituts ist.

für die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter vorhanden). Zudem ist die Längsschnittverfolgung der Versicherten problematisch, da sie häufig zwischen den verschiedenen Krankenkassen wechseln (Kroll/Lampert, 2009).

Analysen auf Basis dieser sehr unterschiedlichen Datenquellen sind kaum vergleichbar und aufgrund der jeweiligen Schwächen schwierig einzuordnen. Entweder lassen sich nur Aussagen für Teilbevölkerungen treffen oder die Fallzahlen sind für die Auswertung zu gering. Meist sind auf Basis der vorliegenden Studien nur Aussagen zu relativen Sterblichkeitsunterschieden möglich. Im Vergleich zu Werten für die Lebenserwartung auf Basis von Sterbetafeln ist die Einordnung für die meisten Nutzenden schwierig.

Die Ergebnisse geben zwar einen Gesamtüberblick über das Thema in Deutschland, sind jedoch für internationale Vergleiche nur eingeschränkt verwendbar. Das folgende Kapitel untersucht daher zwei Datenquellen der amtlichen Statistik, die bereits in anderen Ländern zur Schätzung des sozioökonomischen Status genutzt wurden und potenziell in Deutschland eingesetzt werden können.

3

Zukunftsweisende Datenquellen der amtlichen Statistik

3.1 LEBEN IN EUROPA (EU-SILC)

Wie angesprochen führt das Problem der Datenverfügbarkeit für die Durchführung der Analyse des SES-Mortalitätszusammenhangs in Deutschland dazu, dass viele internationale Vergleiche nicht möglich sind.

Um diesem Problem zu begegnen und die Lebenserwartung nach sozioökonomischen Merkmalen im Vergleich zu anderen europäischen Ländern zu schätzen, können alternative internationale Umfragedaten verwendet werden. Ein Beispiel dafür sind die Daten aus der europäischen Gemeinschaftsstatistik über Einkommen und Lebensbedingungen (European Union Statistics on Income and Living Conditions – EU-SILC)[2]. Diese Erhebung wurde 2003 auf der Grundlage einer Vereinbarung zwischen dem Statistischen Amt der Europäischen Union (Eurostat) und sechs EU-Mitgliedstaaten sowie Norwegen eingeführt und bis zum Jahr 2020 auf 32 Länder erweitert.

Die Erhebung liefert EU-weit harmonisierte und damit vergleichbare Indikatoren zur Messung von Armut und sozialer Ausgrenzung. Es stehen zwei verschiedene Arten von jährlichen Daten zur Verfügung: Querschnittsdaten, die sich auf einen bestimmten Zeitpunkt oder einen bestimmten Zeitraum beziehen, und Längsschnittdaten, die sich auf Veränderungen auf individueller Ebene im Laufe der Zeit beziehen und periodisch über einen Zeitraum von vier Jahren beobachtet werden. Weitere Einzelheiten zur EU-SILC-Erhebung finden sich an anderer Stelle (Wirth/Pforr, 2022).

Die bisherige Forschung mit EU-SILC-Daten für mehrere europäische Länder hat gezeigt, dass diese Daten keine direkte Schätzung der Lebenserwartung nach sozioökonomischen Gruppen zulassen. Dennoch stellen sie eine geeignete Datenquelle für die Schätzung relativer Mortalitätsunterschiede und für vergleichende internationale Analysen dar. Die Arbeit von Klotz und Göllner (2017) zeigt mögliche Stärken und Schwächen (unter anderem Validitätsprobleme, kleine Fallzahlen der Sterbefälle) der Daten auf. Sie gibt damit einen sehr detaillierten Überblick über die EU-SILC-Daten und deren Einsatzmöglichkeiten in der Mortalitätsanalyse. Eine spätere Arbeit (Klotz und andere, 2019) untersuchte den Zusammenhang zwischen absoluter Armut und relativem Mortalitätsrisiko in einer aktuellen und vergleichenden europäischen Perspektive, allerdings ohne Deutschland[3]. Die Ergebnisse bestätigten, dass Benachteiligte ein höheres Sterblichkeitsrisiko haben als Nicht-Benachteiligte, und zwar in einer Größenordnung, die einem Verlust an Lebenserwartung von 5 bis 6 Jahren entspricht.

Dieses positive Beispiel war die Motivation, die EU-SILC-Daten für Deutschland auszuwerten, die als freiwillige

2 Diese Erhebung ersetzte das European Community Household Panel (ECHP), das von 1994 bis 2001 durchgeführt wurde und der Einschätzung der Einkommens- und Lebensbedingungen der verschiedenen Haushalte in der Europäischen Union (EU) diente.

3 Die Autoren verwendeten in ihrer Arbeit die EU-SILC-User Database (UDB) mit Längsschnittdaten und nicht die ursprünglichen, von Eurostat erhobenen EU-SILC-Daten. Die deutschen Daten waren in der UDB nicht verfügbar (Klotz/Göllner, 2017; Klotz und andere, 2019).

Haushaltsbefragung LEBEN IN EUROPA seit 2005 jährlich durchgeführt wird. Befragt werden private Haushalte am Hauptwohnsitz und alle dort lebenden Personen ab 16 Jahren. Eine erste Auswertung, die nur ausgewählte Paneldatensätze der Erhebungsjahre 2016 bis 2019 umfasst, hat jedoch gezeigt, dass die Zahl der Todesfälle sehr gering ist. Daher sind verlässliche Ergebnisse für Deutschland insgesamt und darüber hinaus für verschiedene Bevölkerungsuntergruppen nicht möglich. Auch bei Berücksichtigung der vorherigen Datenpanels (2009 bis 2019) reichte die Gesamtzahl der Sterbefälle nicht aus, um die Mortalität verlässlich zu schätzen.

Seit 2020 ist die EU-SILC-Erhebung als Gemeinschaftsstatistik über Einkommens- und Lebensbedingungen in den nationalen Mikrozensus (MZ) integriert (Hundenborn/Enderer, 2019). Die Teilstichprobe umfasst rund 12 % der Mikrozensus-Stichprobe von 1 % der Gesamtbevölkerung und ist damit größer als die frühere Erhebung LEBEN IN EUROPA. Jährlich werden rund 40 000 Haushalte befragt[4] (vor der Änderung im Jahr 2020 umfasste die Stichprobe rund 14 000 Haushalte). Eine weitere Neuerung ist, dass für die meisten Fragen eine Auskunftspflicht besteht. Die Auskunftspflicht ermöglicht eine ausreichend hohe Teilnahmequote für alle sozialen Gruppen der Bevölkerung, die bei einer freiwilligen Befragung nicht erreicht werden kann. Allerdings sind die Ergebnisse des MZ-SILC nicht mit den Ergebnissen der Vorjahre vergleichbar.

Bezüglich der Zahl der Sterbefälle wurden zunächst nur Zweijahrespanels (2020 bis 2021) ausgewertet. Die Zahl der Sterbefälle war in diesen beiden Jahren höher, jedoch weiterhin nicht ausreichend, um verlässliche Unterschiede in der Sterblichkeit abzuschätzen. Ob und wie die neuen MZ-SILC-Daten als mögliche Datenquelle für die Analyse von Mortalitätsunterschieden genutzt werden können, ist später zu untersuchen. Zunächst sollten die ersten vollständigen vierjährigen Paneldaten erhoben und aufbereitet werden.

3.2 Verknüpfung von Zensusdaten mit der Sterbefallstatistik

Eine ausreichende Datenbasis für valide Einschätzungen der sozioökonomischen Unterschiede bei der Sterblichkeit verspricht die Verknüpfung von Zensusdaten mit der Sterbefallstatistik (in der Praxis für einen Zeitraum von einem Jahr nach dem Zensusstichtag). In anderen Ländern hat sich diese Form der Datenverknüpfung als der zuverlässigste Ansatz für Sterblichkeitsanalysen zu diesem Thema erwiesen (Valkonen, 1993). Eine solche Verknüpfung wurde bereits in vielen anderen Ländern durchgeführt, zum Beispiel in Österreich, in der Schweiz, in Belgien und in Litauen. In Skandinavien gibt es sowohl registerbasierte als auch zensusbasierte Auswertungen.

Weil das Thema für die soziale und wirtschaftliche Entwicklung bedeutsam ist, hat die EU-Kommission den Bedarf an entsprechenden Daten betont und eine Task Force ins Leben gerufen. Diese soll sich mit den Möglichkeiten der Datengewinnung beschäftigen. Um den Datenbedarf der EU-Kommission zu erfüllen, ist die zentrale Empfehlung der Task Force, die Datenverknüpfung zu realisieren:

"... Member States should preferably work towards adopting a prospective, linked approach in the development and harmonization of nationally representative health and mortality statistics by SES. In such an approach, person records in the most recent census are matched and linked by means of a common and unique person identification number to records in death registers. [...] If a common and unique person identifier is lacking in both databases, deterministic and probabilistic linkage methods should be explored, using a set of common variables in both databases (e.g. place of birth, date of birth, sex)" (Groenewold und andere, 2008).

Eines der interessanten Beispiele für eine solche Verknüpfung ist eine in Österreich durchgeführte Studie (Klotz, 2007). Die Sterbedaten 2001/2002 wurden mit der Volkszählung 2001 verknüpft, um die Sterblichkeit nach verschiedenen Bildungsgruppen zu schätzen. Die Verknüpfung erfolgte in einem zweistufigen Prozess: Um die Objektnummer des Wohngebäudes zu erhalten, wurden zunächst die Sterbefälle mit den Abmeldungen aus der Migrationsstatistik abgeglichen, die wiederum auf dem zentralen Melderegister basieren. Dieser Abgleich fand zunächst anhand von Geburtsdatum, Sterbe- oder Abmeldedatum, Geschlecht und Gemeinde statt. In einem zweiten Schritt wurden nur das Geburtsjahr und der Geburtsmonat verwendet, um zusätzliche Treffer zu

4 www.destatis.de

bekommen. Die Verknüpfungsrate lag bei 93,7 %. Eine ausführliche Darstellung findet sich in Klotz (2007).

Die Ergebnisse für Österreich zeigen, dass die Mortalität mit zunehmender Bildung abnimmt. So beträgt die fernere Lebenserwartung im Alter von 35 Jahren für einen männlichen Akademiker 46,4 Jahre, für einen Pflichtschulabsolventen 40,2 Jahre. Eine 35-jährige Akademikerin hat eine fernere Lebenserwartung von 49,4 Jahren, eine gleichaltrige Pflichtschulabsolventin von 46,6 Jahren (Klotz, 2007).

Um Zensusdaten mit der Sterbefallstatistik zu verknüpfen, ist eine passende Verknüpfungsmethode zu wählen, die wiederum sehr stark von der Datenverfügbarkeit abhängt. Aus technischer Sicht gibt es unterschiedliche Verfahren für Datenverknüpfungen: „statistical matching“ und „record linkage“. Die Statistical-Matching-Methode kombiniert die Fälle, die sich in bestimmten Merkmalen statistisch gleichen. Hier geht es um die Verknüpfung ähnlicher, aber nicht gleicher Datensätze. Bei der Record-Linkage-Methode kann weiter unterteilt werden in deterministische oder probabilistische Datensatzverknüpfung. Die erste erstellt Verknüpfungen auf der Grundlage einheitlicher Identifier (ID) oder Variablen unter den verfügbaren Datenquellen. Dagegen beruht die probabilistische Datensatzverknüpfung auf der Berechnung von Verknüpfungsgewichten, die unter Berücksichtigung aller beobachteten Übereinstimmungen und Abweichungen der Datenwerte der übereinstimmenden Variable(n) geschätzt werden.[5]

In Deutschland erlauben die strengen Datenschutzbestimmungen zum aktuellen Zeitpunkt noch keine Verknüpfung der Sterbefallstatistik mit Zensusdaten. Für den kommenden Zensus 2031 sollen hierfür jedoch die rechtlichen und technischen Voraussetzungen geschaffen werden.

5 Weitere Erläuterungen zu den Unterschieden der Methoden siehe zum Beispiel Kim (2023).

4

Fazit

Trotz vorhandener Forschungsergebnisse wird Deutschland in vielen international vergleichenden Studien, die sich mit sozioökonomischen Mortalitätsunterschieden befassen, aufgrund eingeschränkter Vergleichbarkeit nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse über SES-Mortalitätsungleichheiten können einen wichtigen Beitrag leisten, um zielorientierte Sozialpolitiken und -programme zu planen und umzusetzen und um Maßnahmen, die diese verringern, zu bewerten.

Allerdings erlauben die derzeit für Deutschland verfügbaren EU-SILC-Daten aufgrund niedriger Fallzahlen keine ausreichende Analyse der Mortalitätsunterschiede. Angesichts der 2020 eingeführten Änderungen und einer erheblich größeren Anzahl von Beobachtungen könnte dies jedoch zu einem späteren Zeitpunkt, sobald Daten für einen längeren Zeitraum zur Verfügung stehen, eine valide Datenquelle werden.

Solange es keine Registerdaten gibt, die Informationen zu Mortalität und sozioökonomischen Merkmalen enthalten, ist die Verknüpfung von Sterbefallstatistiken mit Zensusdaten die aus wissenschaftlicher Sicht wichtigste Datenquelle für die Schätzung von SES-Mortalitätsunterschieden. Hier besteht viel Potenzial, auf welches in Deutschland bisher noch nicht ausreichend zugegriffen werden konnte. Die vorliegenden Ergebnisse aus anderen Ländern deuten darauf hin, dass die durch Datenverknüpfung erhaltenen Schätzungen weniger verzerrt, valider und zuverlässiger sind als Ergebnisse, die auf Versicherungs- oder Umfragedaten beruhen. Den erfolgreichen Beispielen anderer Länder zu folgen, um verlässliche gruppenspezifische Mortalitätsschätzungen zu erhalten, könnte beispielsweise helfen, Personengruppen zu identifizieren, die bereits zu Beginn des Lebenslaufs benachteiligt sind. Die Auswirkungen ausgewählter Einflussfaktoren könnten untersucht werden, um effiziente Maßnahmen und Strategien zu erarbeiten, um sozioökonomischen Unterschieden in der Sterblichkeit im Gesundheitssystem und der Rentenversicherung in Deutschland noch gezielter Rechnung zu tragen. Spätestens mit Vorliegen der Ergebnisse des Zensus 2031 sollte dies möglich werden.

LITERATURVERZEICHNIS

Doblhammer, Gabriele/Muth, Elena/Kruse, Anne. *Individuelle Determinanten der Sterblichkeit und Auswirkungen auf die Lebenserwartung*. In: Doblhammer, Gabriele/Muth, Elena/Kruse, Anne (Herausgeber). Lebenserwartung in Deutschland: Trends, Prognose, Risikofaktoren und der Einfluss ausgewählter Medizininnovationen. Rostocker Zentrum zur Erforschung des Demografischen Wandels. 2008. Seite 119 ff.

Duncan, Greg J./Daly, Mary C./McDonough, Peggy/Williams, David R. *Optimal Indicators of Socioeconomic Status for Health Research*. In: American Journal of Public Health. Jahrgang 92. Ausgabe 7/2002, Seite 1151 ff.

Gómez Ugarte Valerio, Ana C./Basellini, Ugofilippo/Camarda, Carlo G./Janssen, Fanny/Zagheni, Emilio. *Reassessing socioeconomic inequalities in mortality via distributional similarities.* Max Planck Institute for Demographic Research Working Paper WP 2024-007. DOI: 10.4054/MPIDR-WP-2024-007

Grigoriev, Pavel/Scholz, Rembrandt/Shkolnikov, Vladimir M. *Socioeconomic differences in mortality among 27 million economically active Germans: a cross-sectional analysis of the German Pension Fund data*. In: BMJ Open. Jahrgang 9. Ausgabe 10/2019. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-028001

Groenewold, George/van Ginneken, Jeroen/Masseria, Cristina. *Towards comparable statistics on mortality by socioeconomic status in EU Member States*. European Commission Directorate-General "Employment, Social Affairs and Equal Opportunities", Unit E1-Social and Demographic Analysis, 2008.

Günther, Tom/Huebener, Mathias. *Bildung und Lebenserwartung: Empirische Befunde für Deutschland und Europa*. DIW Roundup: Politik im Fokus 126. Berlin 2018. [Zugriff am 23. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.diw.de

Haisken-DeNew, John P./Frick, Joachim R. *Desktop Companion to the German Socio-Economic Panel (SOEP*). Technical Report. Berlin 2005.

Hundenborn, Janina/Enderer, Jörg. *Die Neuregelung des Mikrozensus ab 2020*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 6/2019, Seite 9 ff.

Jasilionis, Domantas/Shkolnikov, Vladimir M. *Longevity and Education: A Demographic Perspective*. In: Gerontology. Jahrgang 62. Ausgabe 3/2016, Seite 253 ff. DOI: 10.1159/000438901

Kim, Kyu-Seong. *Record Linkage and Matching in Survey Research*. In: American Journal of Biomedical Science & Research. Jahrgang 18. Ausgabe 4/2023, Seite 334 f.

Klotz, Johannes. *Soziale Unterschiede in der Sterblichkeit. Bildungsspezifische Sterbetafeln 2001/2002*. In: Statistische Nachrichten. Ausgabe 4/2007, Seite 296 ff. [Zugriff am 23. Juni 2025]. Verfügbar unter: cdn2.vol.at

Klotz, Johannes/Göllner, Tobias. *Estimating differential mortality from EU-SILC longitudinal data. A feasibility study*. FACTAGE – WP4. Wien 2017.

LITERATURVERZEICHNIS

Klotz, Johannes/Göllner, Tobias/Till, Matthias. *Relationships between morbidity, mortality and severe material deprivation in Europe*. In: Differential mortality: estimation and Implications for pension systems. FACTAGE – WP4. Wien 2019.

Kroll, Lars Eric/Lampert, Thomas. *Soziale Unterschiede in der Lebenserwartung. Datenquellen in Deutschland und Analysemöglichkeiten des SOEP.* In: mda methods, data, analyses. Methoden – Daten – Analysen. Jahrgang 3. Ausgabe 1/2009, Seite 3 ff. DOI: 10.12758/mda.2009.001

Kunst, Anton/Bos, Vivian/Mackenbach, Johan. *Monitoring socio-economic inequalities in health in the European Union: guidelines and illustrations. A report for the Health Monitoring Program of the European Commission*. Rotterdam 2001.

Lampert, Thomas/Hoebel, Jens/Kroll, Lars Eric. *Soziale Unterschiede in der Mortalität und Lebenserwartung in Deutschland – Aktuelle Situation und Trends*. In: Journal of Health Monitoring. Jahrgang 4. Ausgabe 1/2019, Seite 3 ff.

Lampert, Thomas/Kroll, Lars Eric. *Soziale Unterschiede in der Mortalität und Lebenserwartung*. GBE Kompakt. Ausgabe 2/2014. DOI: 10.17886/RKI-GBE-2016-017

Lampert, Thomas/Kroll, Lars Eric/Dunkelberg, Annalena. *Soziale Ungleichheit der Lebenserwartung in Deutschland*. In: Aus Politik und Zeitgeschichte. 2007. Ausgabe 42, Seite 11 ff.

Lerch, Mathias/Spoerri, Adrian/Jasilionis, Domantas/Fernandèz, Francisco Viciana. *On the plausibility of socioeconomic mortality estimates derived from linked data: a demographic approach*. In: Population Health Metrics. Jahrgang 15. Artikel 26/2017. DOI: 10.1186/s12963-017-0143-3

Luy, Marc/Wegner-Siegmundt, Christian/Wiedemann, Angela/Spijker, Jeroen. *Life Expectancy by Education, Income and Occupation in Germany: Estimations Using the Longitudinal Survival Method*. In: Comparative Population Studies. Jahrgang 40. Ausgabe 4/2015, Seite 399 ff. DOI: 10.12765/CPoS-2015-16en

Mackenbach, Johan P./Kunst, Anton E./Cavelaars, Adriënne E. J. M./Groenhof, Feikje/Geurts, José J. M./EU Working Group on Socioeconomic Inequalities in Health. *Socioeconomic inequalities in morbidity and mortality in western Europe*. In: The Lancet. Band 349. 1997, Seite 1655.

Mackenbach, Johan P./Valverde, José Rubio/Bopp, Matthias/Brønnum-Hansen, Henrik/Costa, Giuseppe/Deboosere, Patrick/Kalediene, Ramune/Kovács, Katalin/Leinsalu, Mall/Martikainen, Pekka/Menvielle, Gwenn/Rodriguez-Sanz, Maica/Nusselder, Wilma J. *Progress against inequalities in mortality: register-based study of 15 European countries between 1990 and 2015*. In: European Journal of Epidemiology. Jahrgang 34. 2019, Seite 1131 ff.

Mielck, Andreas. *Soziale Ungleichheit und Gesundheit*. Bern/Göttingen 2000.

LITERATURVERZEICHNIS

Tetzlaff, Fabian/Epping, Jelena/Sperlich, Stefanie/Tetzlaff, Juliane. *Widening income inequalities in life expectancy? Analysing time trends based on German health insurance data*. In: Journal of Epidemiology & Community Health. Jahrgang 74. Ausgabe 7/2020, Seite 592 ff. DOI: 10.1136/jech-2019-212966

Valkonen, Tapani. *Problems in the measurement and international comparisons of socio-economic differences in mortality*. In: Social Science & Medicine. Jahrgang 36. Ausgabe 4/1993, Seite 409 ff. DOI: 10.1016/0277-9536(93)90403-Q

Wagner, Gert G./Frick, Joachim R./Schupp, Jürgen. *The German Socio-economic Panel Study (SOEP) – Evolution, Scope and Enhancements*. In: Schmollers Jahrbuch: Journal of Applied Social Science Studies/Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Jahrgang 127. Ausgabe 1/2007, Seite 139 ff.

Wirth, Heike/Pforr, Klaus. *The European Union Statistics on Income and Living Conditions after 15 Years*. In: European Sociological Review. Jahrgang 38. Ausgabe 5/2022, Seite 832 ff. DOI: 10.1093/esr/jcac024

WEITERENTWICKLUNG DER SCHÄTZUNG VON LANGZEITMIGRATION

Kai Dreschmitt, Jan Eberle

↘ **Schlüsselwörter:** Migration – üblicher Aufenthaltsort – Immigration – Emigration – Wanderungsstatistik – Rate-of-Stay

ZUSAMMENFASSUNG

Seit dem Berichtsjahr 2009 liefert Deutschland jährlich Statistiken zu Immigration und Emigration entsprechend der europäischen Definition des üblichen Aufenthaltsortes an die Europäische Union. Da diese Definition vom nationalen Konzept abweicht, wendet die amtliche Statistik zur Erfüllung der europäischen Lieferverpflichtung ein dafür entwickeltes Aufbereitungs- und Schätzverfahren an. Der Aufsatz beschreibt die Weiterentwicklung dieses Verfahrens mit dem Ziel, Ergebnisse für einzelne Staatsangehörigkeiten, Herkunfts- und Zielländer sowie Geburtsstaaten zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus stellt er Ergebnisse zur Qualität der Schätzergebnisse vor, insbesondere hinsichtlich der Genauigkeit und der Limitationen des genutzten „Rate-of-Stay"-Ansatzes.

↘ ***Keywords:*** *migration – usual residence – immigration – emigration – migration statistics – rate-of-stay*

ABSTRACT

Since reporting year 2009, Germany has been providing statistics on immigration and emigration to the European Union annually according to the European definition of migration, which is based on the "usual residence". As this definition differs from the national definition, official statistics in Germany use a processing and estimation method that has been specially developed to meet European data delivery obligations. The article describes how this method has been developed further to make results available for individual citizenships, countries of origin, countries of destination and countries of birth. Further, it presents results on the quality of the estimation, in particular with regard to the accuracy and limitations of the "rate-of-stay" approach used.

Kai Dreschmitt

studierte Soziologie und Philosophie und ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Referat „Registerbasierter Datenbestand des Zensus – Gebäude und Wohnungen" des Statistischen Bundesamtes. Der vorliegende Aufsatz entstand während seiner Tätigkeit im Referat „Räumliche Bevölkerungsbewegungen, Gebietsgliederungen".

Jan Eberle

hat Volkswirtschaftslehre und Data Science studiert. Im Statistischen Bundesamt arbeitet er als Referent im Referat „Räumliche Bevölkerungsbewegungen, Gebietsgliederungen".

1

Einleitung

Die Wanderungsstatistik des Statistischen Bundesamtes erfasst Umzüge über Gemeindegrenzen innerhalb Deutschlands (Binnenwanderung) sowie Zu- und Fortzüge über die Bundesgrenze (Außenwanderung). Die Messung von Binnen- und Außenwanderung erfolgt als Totalerhebung anhand der durch die Meldebehörden erfassten An- und Abmeldungen (Statistisches Bundesamt, 2025a, hier: Abschnitt 3.3). Im System der laufenden Bevölkerungsstatistiken bildet die Wanderungsstatistik gemeinsam mit den natürlichen Bevölkerungsbewegungen (Geburten und Sterbefälle) die Grundlage für die monatliche Fortschreibung des Bevölkerungsstandes. Die Bevölkerungsfortschreibung dient dazu, die Bevölkerungszahlen zwischen den Zensus festzustellen, die etwa alle zehn Jahre stattfinden. Für diese nationalen Zwecke berücksichtigt die Wanderungsstatistik alle nach den melderechtlichen Vorschriften des Bundesmeldegesetzes durch die Meldebehörden registrierten An- und Abmeldungen aus dem Ausland beziehungsweise in das Ausland.

Um von länderspezifischen melderechtlichen Regelungen unabhängige und international vergleichbare Statistiken zu produzieren, erhebt Eurostat, das Statistische Amt der Europäischen Union (EU), statistische Daten zu internationalen Wanderungen auf Basis einer einheitlichen Definition.[1] Wesentlicher Unterschied ist, dass nach EU-Definition eine Zuwanderung beziehungsweise Abwanderung nur dann erfolgt, wenn eine Person ihren üblichen Aufenthaltsort für einen Zeitraum von (voraussichtlich) mindestens zwölf Monaten verlegt.[2] Zur Umsetzung dieser Definition hat das Statistische Bundesamt eine speziell auf die Lieferverpflichtung abgestimmte Aufbereitungs- und Schätzmethodik entwickelt (Mundil/Grobecker, 2011a; Mundil/Grobecker, 2011b; Carow und andere, 2019).

1 Grundlage hierfür ist die Verordnung (EG) Nr. 862/2007.

2 Üblicher Aufenthaltsort ist nach Verordnung (EG) Nr. 862/2007 der Ort, an dem eine Person normalerweise ihre täglichen Ruhephasen verbringt. Übliche Einwohnerinnen und Einwohner eines bestimmten geografischen Gebiets sind: i) Personen, die vor der Bezugszeit mindestens zwölf Monate ununterbrochen an ihrem üblichen Aufenthaltsort gelebt haben, oder ii) Personen, die während der letzten zwölf Monate vor der Bezugszeit an ihrem üblichen Aufenthaltsort mit der Absicht eintrafen, sich dort mindestens ein Jahr aufzuhalten.

Das Statistische Bundesamt hat diese Verfahren in den Jahren 2023 und 2024 in einem von der EU finanzierten Projekt[3] weiterentwickelt. Ziel des Projektes war, Ergebnisse nach einzelnen Staatsangehörigkeiten, Geburtsstaaten sowie nach einzelnen Ländern des nächsten und vorherigen üblichen Aufenthaltsortes (im Folgenden Herkunfts- und Zielländer) zur Verfügung zu stellen. Außerdem sollte die bisherige Aufbereitungs- und Schätzmethodik evaluiert werden.

Kapitel 2 beschreibt zunächst die grundlegende Aufbereitungsmethodik. Kapitel 3 fasst die wichtigsten methodischen Weiterentwicklungen zusammen. Weiterhin erläutert es eine grundlegende methodische Anpassung beim Umgang mit Abmeldungen nach unbekannt und Anmeldungen von unbekannt. Kapitel 4 bietet einen Überblick über die Qualität der Schätzergebnisse zur ausländischen Bevölkerung, während in Kapitel 5 Limitationen der verwendeten Methodik diskutiert werden. Das abschließende Kapitel 6 fasst die zentralen Erkenntnisse zusammen und zeigt Perspektiven für künftige methodische Weiterentwicklungen auf.

2

Methodik zur Ermittlung von Langzeitmigration

Die nationale Wanderungsstatistik zählt Verlegungen des Haupt- oder alleinigen Wohnsitzes aus dem Ausland in das Inland als Zuwanderung und aus dem Inland in das Ausland als Abwanderung (Statistisches Bundesamt, 2025a). Demgegenüber definiert die Verordnung (EG) Nr. 862/2007 Migration als eine Verlegung des üblichen Aufenthaltsortes für mindestens zwölf Monate. Demnach sind Immigrationen und Emigrationen nach europäischer Definition eine Teilmenge der Außenwanderungen nach nationaler Definition. Diese Teilmenge unter Berücksichtigung des zusätzlichen Zeitkriteriums zu identifizieren, stellt die amtliche Statistik in Deutschland vor große Herausforderungen. Wie von Carow und anderen (2019) beschrieben, werden Langzeitmigrationen in Deutschland anhand von zwei Fragestellungen identifiziert:

3 Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind ausschließlich die der Verfasser und spiegeln nicht zwangsläufig die Ansichten und Meinungen der Europäischen Union wider. Die Europäische Union kann nicht für sie verantwortlich gemacht werden.

Übersicht 1
Definition von Langzeitimmigration

Zuzug nach Deutschland		Davor: letzter Aufenthaltsort für mindestens 12 Monate	
		Deutschland	Ausland
Danach: Aufenthalt im Inland	mindestens 12 Monate	Langzeitrückkehr nach Deutschland	Langzeitimmigration
	weniger als 12 Monate	Kurzzeitrückkehr nach Deutschland	Kurzzeitimmigration

- Lag der letzte Aufenthaltsort, an dem sich die Person vor der Migration für mindestens zwölf Monate aufgehalten hatte, im In- oder Ausland?
- Hält sich die Person nach der Migration (voraussichtlich) für mindestens zwölf Monate an dem neuen Aufenthaltsort auf?

Diese Vorgehensweise wird auch in der neuen Methodik seit 2024 beibehalten.[4] Daraus ergeben sich die Definitionen von Langzeitimmigration und Langzeitemigration, dargestellt in den ↘ Übersichten 1 und 2.

Die Statistiken zu Langzeitimmigrationen und Langzeitemigrationen basieren in Deutschland ausschließlich auf administrativen Datenquellen. Allerdings deckt keine Quelle sämtliche Anforderungen gemäß der EU-Verordnung ab.[5] Einschränkungen bestehen bezüglich der Abdeckung der relevanten Teilpopulationen, der Genauigkeit und der vorhandenen Merkmale; sie erfordern die Verwendung unterschiedlicher Datenquellen für die deutsche und die nicht deutsche Bevölkerung. Dementsprechend unterscheiden sich die Methodiken der Aufbereitung für deutsche und ausländische Staatsangehörige.

2.1 Deutsche Staatsangehörige

Die Statistiken zur Langzeitimmigration und Langzeitemigration von deutschen Staatsangehörigen basieren auf den Daten der amtlichen Wanderungsstatistik, die wiederum auf den durch die Einwohnermeldeämter registrierten An- und Abmeldungen fußt. Die Wanderungsstatistik erfasst alle von den Meldeämtern registrierten Zu- und Fortzüge mit Verlegung der Haupt- oder alleinigen Wohnung über Gemeindegrenzen innerhalb Deutschlands oder über die Bundesgrenze hinweg. Rechtsgrundlage ist § 4 Bevölkerungsstatistikgesetz (Statistisches Bundesamt, 2025a). Die Wanderungsstatistik erfasst Wanderungsfälle und keine Personen. Wanderungsfälle einer Person können dabei nicht zu einer Migrationsbiografie auf Personenebene zusammengeführt werden. Daher sind für deutsche Staatsangehörige teilweise Annahmen bezüglich der Aufenthaltsdauer zu treffen.

Um die Langzeitmigration abzubilden, sind Zuzüge aus dem Ausland beziehungsweise Fortzüge in das Ausland relevant. Die Aufbereitung erfolgt in zwei getrennten Arbeitsabläufen für Zu- und Fortzüge. ↘ Übersicht 3 fasst die wichtigsten methodischen Aspekte bei der Ermittlung von Langzeitmigration deutscher Staatsangehöriger zusammen.

4 Dies entspricht einer Auslegung der Definitionen aus der Verordnung (EG) Nr. 862/2007 welche verhindert, dass eine Person mehrfach als Langzeitimmigrant oder Langzeitemigrant gezählt wird, ohne dass eine entsprechende Gegenbewegung in die Statistik eingeht (Carow und andere, 2019, hier: Seite 69). Gleichzeitig sorgt diese Auslegung für Konsistenz zu den Statistiken über übliche Einwohner nach der Verordnung (EG) Nr. 1260/2013.

5 Dagegen können in Österreich die von der EU geforderten Statistiken anhand einer administrativen Datenquelle, dem Zentralen Melderegister (ZMR), erstellt werden (Statistik Austria, 2024).

Übersicht 2
Definition von Langzeitemigration

Fortzug aus Deutschland		Davor: letzter Aufenthaltsort für mindestens 12 Monate	
		Deutschland	Ausland
Danach: Aufenthalt im Ausland	mindestens 12 Monate	Langzeitemigration	Langzeitrückkehr in das Ausland
	weniger als 12 Monate	Kurzzeitemigration	Kurzzeitrückkehr in das Ausland

Übersicht 3

Identifizierung von Langzeitmigration deutscher Staatsangehöriger auf Basis der Außenwanderungsfälle der Wanderungsstatistik

Bestimmung des letzten/nächsten zwölfmonatigen Aufenthaltsortes			
Zuzug		Fortzug	
vorher	nachher	vorher	nachher
Bestimmung des letzten langfristigen Aufenthaltsortes anhand von Angaben zur Aufenthaltsdauer im Ausland beziehungsweise zum Datum des letzten Fortzugs	Annahme: zwölfmonatiger Aufenthalt nach Zuzug in Deutschland	Annahme: zwölfmonatiger Aufenthalt vor Fortzug aus Deutschland	Wahrscheinlichkeit für langfristigen Auslandsaufenthalt wird anhand des Anteils an Rückkehrenden nach kurzfristigem Auslandsaufenthalt ermittelt

Zuzüge

Bei der Aufbereitung der Langzeitimmigrationen werden zunächst Anmeldungen von Personen herausgefiltert, die zuvor von den Einwohnermeldeämtern nach unbekannt abgemeldet wurden (sogenannte Wiederanmeldungen nach Abmeldung nach unbekannt). Bei diesen Fällen handelt es sich zumeist um Personen, die sich nach einem Umzug innerhalb Deutschlands erst mit erheblicher zeitlicher Verzögerung an ihrem neuen Wohnort anmelden. Werden diese Personen an ihrem alten Wohnort vor der Anmeldung am neuen Wohnort nach unbekannt abgemeldet, ist es nicht möglich, den zwischenzeitlichen Aufenthaltsort aus den Daten der Meldebehörden zu ermitteln. Aufgrund des unbekannten Aufenthaltsortes werden diese Personen bis zur Wiederanmeldung in den nationalen Bevölkerungszahlen nicht berücksichtigt; die entsprechenden An- und Abmeldungen nach beziehungsweise von unbekannt werden in der nationalen Wanderungsstatistik zur Außenwanderung gezählt. Für die von den nationalen Bevölkerungszahlen unabhängige Ermittlung der Langzeitimmigration werden sie in der neuen Aufbereitungsmethodik seit 2024 nicht mehr zur Außenwanderung gezählt (mehr dazu in Abschnitt 3.2).

Für die sonstigen Zuzüge aus dem Ausland wird in einem ersten Schritt der letzte langfristige Aufenthaltsort vor dem Zuzug ermittelt. Dieser wird anhand der Dauer des vorherigen Auslandsaufenthalts abgeleitet. Die Dauer des Auslandsaufenthalts wiederum ergibt sich aus dem Datum des vorangegangenen Fortzuges ins Ausland, das in den Daten der Wanderungsstatistik vorliegt.

Fehlende Datumsangaben werden imputiert.[6] Bei Zuzügen von in Deutschland geborenen deutschen Staatsangehörigen wird jeder fehlende Wert imputiert, da es sich bei dem Zuzug immer um einen Wiederzuzug handelt. Bei Zuzügen von im Ausland geborenen deutschen Staatsangehörigen kann es sich jedoch um eine Ersteinreise oder einen Wiederzuzug handeln. Ein Datum des letzten Fortzuges ist nur bei einem Wiederzuzug zu erwarten. Bei der Imputation des Datums des letzten Fortzuges wird angenommen, dass fehlende Angaben bei in Deutschland und im Ausland geborenen deutschen Staatsangehörigen gleich häufig auftreten. Daher werden für im Ausland geborene Deutsche so viele Angaben imputiert wie benötigt werden, um den Anteil an fehlenden Werten jenem der in Deutschland geborenen Deutschen anzugleichen. Für den verbleibenden Anteil wird das Datum der letzten Einreise als plausibel fehlend angenommen, da es sich um den ersten Zuzug nach Deutschland handelt.

Nach der Imputation fehlender Datumsangaben kann die Dauer des Auslandsaufenthalts berechnet werden. Ist die Aufenthaltsdauer größer als zwölf Monate, lag der letzte langfristige Aufenthaltsort vor der Immigration im Ausland, ansonsten in Deutschland.

Als nächster langfristiger Aufenthaltsort nach dem Zuzug gilt für deutsche Staatsangehörige mittels Annahme Deutschland.[7]

6 Fehlende Angaben werden durch vorhandene Angaben bei ähnlichen Fällen (sogenannte Spender) ersetzt. Spender in der Random-Hot-Deck-Imputation sind Zuzüge aus der gleichen Altersgruppe und mit gleichem Geschlecht. Dabei wird die Differenz zwischen Zuzug und Datum des letzten Fortzuges in Tagen imputiert, um die zeitliche Plausibilität zu erhalten.

7 Analysen bestätigen diese Annahme für den Zeitraum 2018 bis 2021 in 85 % bis 88 % der Fälle.

Fortzüge

Analog zu den Zuzügen befasst sich die Aufbereitung der Langzeitemigrationen zunächst mit Abmeldungen nach unbekannt. Für jede Wiederanmeldung nach Abmeldung nach unbekannt, die bei der Verarbeitung der Zuzüge nicht als Außenwanderung betrachtet wurde, wird auf der anderen Seite eine Abmeldung nach unbekannt herausgefiltert und nicht als Außenwanderung gewertet (mehr dazu in Abschnitt 3.2).

Hinsichtlich des letzten langfristigen Aufenthaltsortes vor dem Fortzug gilt entsprechend zum Vorgehen bei den Zuzügen die Annahme: Der letzte langfristige Aufenthaltsort von deutschen Staatsangehörigen ist Deutschland. Deutsche Staatsangehörige, die aus Deutschland fortziehen, verlassen demnach immer auch ihren letzten langfristigen Aufenthaltsort.

Anschließend wird der nächste langfristige Aufenthaltsort nach dem Fortzug bestimmt. Dazu wird eine Berechnungslogik angewandt, bei der die Wahrscheinlichkeit eines langfristigen Auslandsaufenthaltes aus dem beobachteten Anteil an Rückkehrenden nach kurzfristigen Auslandsaufenthalten abgeleitet wird. Rückkehrende nach kurzfristigem Auslandsaufenthalt wiederum werden unter den Zuzügen anhand des Datums des letzten Fortzuges identifiziert.[8]

2.2 Ausländische Staatsangehörige

Für Statistiken über die ausländische Bevölkerung ist das Ausländerzentralregister (AZR) eine wichtige Datenquelle für die amtliche Statistik. Das Ausländerzentralregister enthält Informationen zu allen ausländischen Staatsangehörigen, die sich nicht nur vorübergehend – das heißt in der Regel länger als drei Monate – in Deutschland aufhalten (Statistisches Bundesamt, 2025b). Es bündelt die Datenbestände aller lokalen Ausländerbehörden sowie einer Vielzahl weiterer mit asyl- und ausländerrechtlichen Verwaltungsaufgaben betrauten Behörden und dient diesen als zentrale Dokumentations- und Informationsplattform.

Nach § 23 AZR-Gesetz erhält das Statistische Bundesamt regelmäßige AZR-Datenauszüge und nutzt diese für die nationalen Statistiken über die ausländische Bevölkerung und über Schutzsuchende (Eberle, 2019). Weiter dienen die Datenauszüge des Ausländerzentralregisters dazu, die europäischen Statistiken zu Langzeitmigrationen nach Verordnung (EG) Nr. 862/2007 für die ausländische Bevölkerung zu erstellen.

Grundlage hierfür sind Migrationsbiografien, das heißt vollständige chronologische Abläufe aller grenzüberschreitenden Wanderungen auf Personenebene. Diese können im Ausländerzentralregister anhand einer statistikspezifischen Identifikationsnummer aller registrierten Personen (siehe § 3 Absatz 1 Nummer 2 AZR-Gesetz) erzeugt werden. Die für ein Berichtsjahr verwendeten Migrationsbiografien basieren auf einem AZR-Datenabzug zum Stichtag 30. Juni des Folgejahres. Wanderungsbewegungen, die zu diesem Zeitpunkt gegebenenfalls noch nicht registriert wurden, sind nicht enthalten.

↘ **Übersicht 4** fasst die wichtigsten methodischen Aspekte bei der Ermittlung von Langzeitimmigration und Langzeitemigrationen für ausländische Staatsangehörige zusammen.

8 Einzelheiten zur Berechnung siehe Mundil/Grobecker (2011a).

Übersicht 4

Identifizierung von Langzeitmigration ausländischer Staatsangehöriger durch Migrationsbiografien auf Basis des Ausländerzentralregisters

Bestimmung des letzten/nächsten zwölfmonatigen Aufenthaltsortes			
Zuzug		Fortzug	
vorher	nachher	vorher	nachher
Letzter Aufenthaltsort für mindestens 12 Monate in der Migrationsbiografie	Bei Zuzug vor dem 30. Juni anhand der Migrationsbiografie Bei Zuzug nach dem 30. Juni anhand der Biografie oder anhand von Bleibewahrscheinlichkeiten (rates of stay)	Letzter Aufenthaltsort für mindestens 12 Monate in der Migrationsbiografie	Bei Fortzügen vor dem 30. Juni anhand der Migrationsbiografie Bei Fortzug nach dem 30. Juni anhand der Biografie oder anhand von Bleibewahrscheinlichkeiten (rates of stay)

Die Identifizierung von Langzeitmigration ausländischer Staatsangehöriger beginnt mit der Erstellung von Migrationsbiografien. Die Biografien in den Verwaltungsdaten sind jedoch nicht immer plausibel, zum Beispiel wenn Fortzug auf Fortzug oder Zuzug auf Zuzug folgt. Da es keine Hinweise gibt, wie unplausible Biografien zu korrigieren sind, werden diese Fälle markiert und zunächst von den weiteren Verarbeitungsschritten ausgeschlossen.

Bei plausiblen Biografien wird anhand der Aufenthaltsdauer zwischen den Migrationsbewegungen der letzte langfristige Aufenthaltsort vor dem zentralen Migrationsereignis (der letzte Zu- oder Fortzug im Berichtsjahr) abgeleitet.

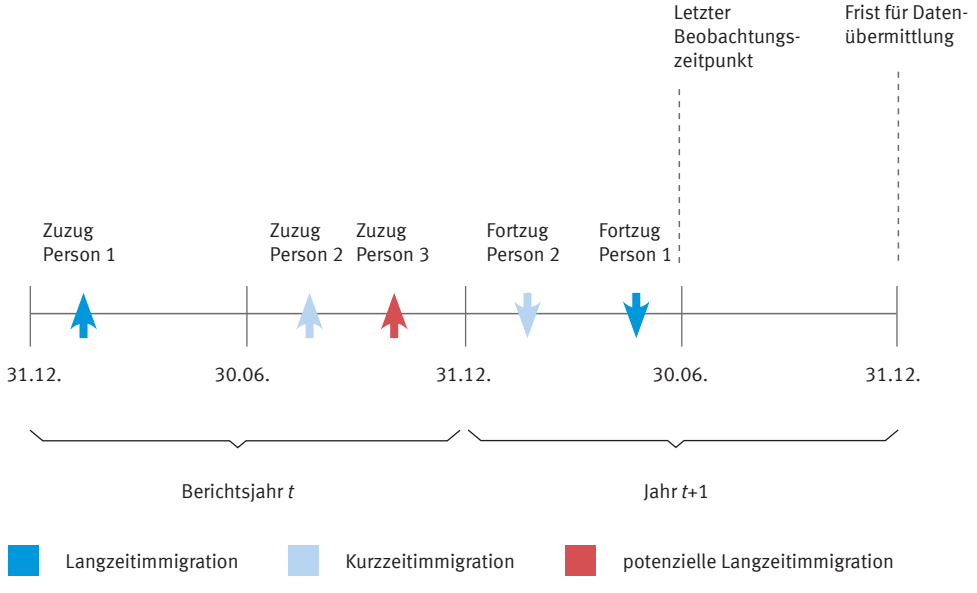
Die Frage, ob eine Person nach dem Zuzug/Fortzug für mindestens zwölf Monate an ihrem Aufenthaltsort bleibt, ist schwieriger zu beantworten. Der letzte Beobachtungszeitpunkt für das Berichtsjahr *t* ist ein AZR-Datenauszug am 30. Juni des Folgejahres *t*+1. Zu diesem Zeitpunkt kann der nächste langfristige Aufenthaltsort nach der Migration noch nicht für alle Personen bestimmt werden. Personen, die in der zweiten Hälfte des Berichtsjahres zu- oder fortgezogen sind und für die bis zum 30. Juni des Folgejahres kein weiteres Wanderungsereignis beobachtet wurde, sind potenzielle Langzeitmigranten (siehe Beispiel in ↘ Grafik 1). In diesen Fällen kann nur geschätzt werden, ob sie mindestens zwölf Monate an ihrem neuen Aufenthaltsort bleiben oder nicht. Die Wahrscheinlichkeiten, mit denen potenzielle Langzeitmigranten tatsächlich mindestens zwölf Monate an ihrem neuen Aufenthaltsort bleiben (Bleibewahrscheinlichkeiten oder rates of stay), werden aus den Beobachtungen der potenziellen Langzeitmigranten des Vorjahres abgeleitet.

Um detaillierte Ergebnisse für einzelne Staatsangehörigkeiten, Herkunfts- und Zielstaaten sowie Geburtsstaaten zu ermitteln, wird für alle potenziellen Langzeitmigranten eine passende Bleibewahrscheinlichkeit ermittelt. Bei der Weiterentwicklung der Aufbereitungsmethodik im Jahr 2024 wurde hierfür ein neues Matchingverfahren ausgearbeitet (siehe Abschnitt 3.1).

Nach diesem Schritt können alle Langzeitmigranten mit einer plausiblen Migrationsbiografie identifiziert werden. Diese Gruppe wird im Anschluss verwendet, um den Migrationsstatus auch für Personen mit unplausiblen Migrationsbiografien zu imputieren.

Abschließend werden erforderliche Merkmale, die im Ausländerzentralregister nicht vorhanden sind, erstellt. Insbesondere Angaben zum Herkunfts- und Zielstaat spielen für die europäische Statistik eine wichtige Rolle, sind in den AZR-Registerauszügen aber nicht enthalten. Daher werden diese fehlenden Merkmale anhand von

Grafik 1
Langzeit-, Kurzzeit- und potenzielle Langzeitimmigration



Informationen aus der Wanderungsstatistik abgeleitet. Informationen zum Geburtsstaat sind im Ausländerzentralregister erst ab dem Berichtsjahr 2020 verfügbar, als das Statistische Bundesamt ein Verfahren zur Aufbereitung und Qualitätssicherung dieser Angaben einführte (Canan/Eberle, 2022). Für die Berichtsjahre vor 2020 werden die Angaben zum Geburtsstaat daher ebenfalls auf Grundlage der Wanderungsstatistik abgeleitet.

3

Weiterentwicklungen

3.1 Implementierung tiefer gegliederter Schätzergebnisse

Mit der bis 2024 genutzten Methodik zur Schätzung der Aufenthaltsdauer konnten für Deutschland lediglich Migrationsdaten für die nach Verordnung (EU) Nr. 351/2010 definierten Ländergruppen bereitgestellt werden. Das Fehlen von Ergebnissen nach einzelnen Staaten für Deutschland, einem wichtigen Zielland von Migrationsströmen innerhalb der EU und in die EU, schränkte die Aussagekraft der europäischen Migrationsstatistiken erheblich ein.

Die Schätzungen für potenzielle Langzeitmigranten basieren auf Bleibewahrscheinlichkeiten, die für ähnliche potenzielle Langzeitmigranten aus dem Vorjahr beobachtet wurde. Dafür werden die entsprechenden Fälle des Vorjahres und des aktuellen Berichtsjahres zunächst in Gruppen ähnlicher Datensätze, sogenannte Schichten, eingeteilt. Datensätze einer Schicht entsprechen sich in Bewegungsart (Zuzug oder Fortzug), Altersgruppe, Staatsangehörigkeit und Geschlecht. Anschließend wird für die potenziellen Langzeitmigranten des Vorjahres retrospektiv die schichtspezifische Wahrscheinlichkeit für eine Langzeitmigration berechnet und diese Wahrscheinlichkeit für die jeweilige Schicht des aktuellen Berichtsjahres angenommen (Rate-of-Stay-Ansatz).

Im Zuge der Weiterentwicklungsarbeiten wurde an dieser prinzipiellen Vorgehensweise festgehalten, da die Evaluation der Ergebnisse des bisherigen Verfahrens eine hohe Schätzgenauigkeit attestierte und der Test von beispielsweise Machine-Learning-Verfahren nicht zu besseren Ergebnissen führte.

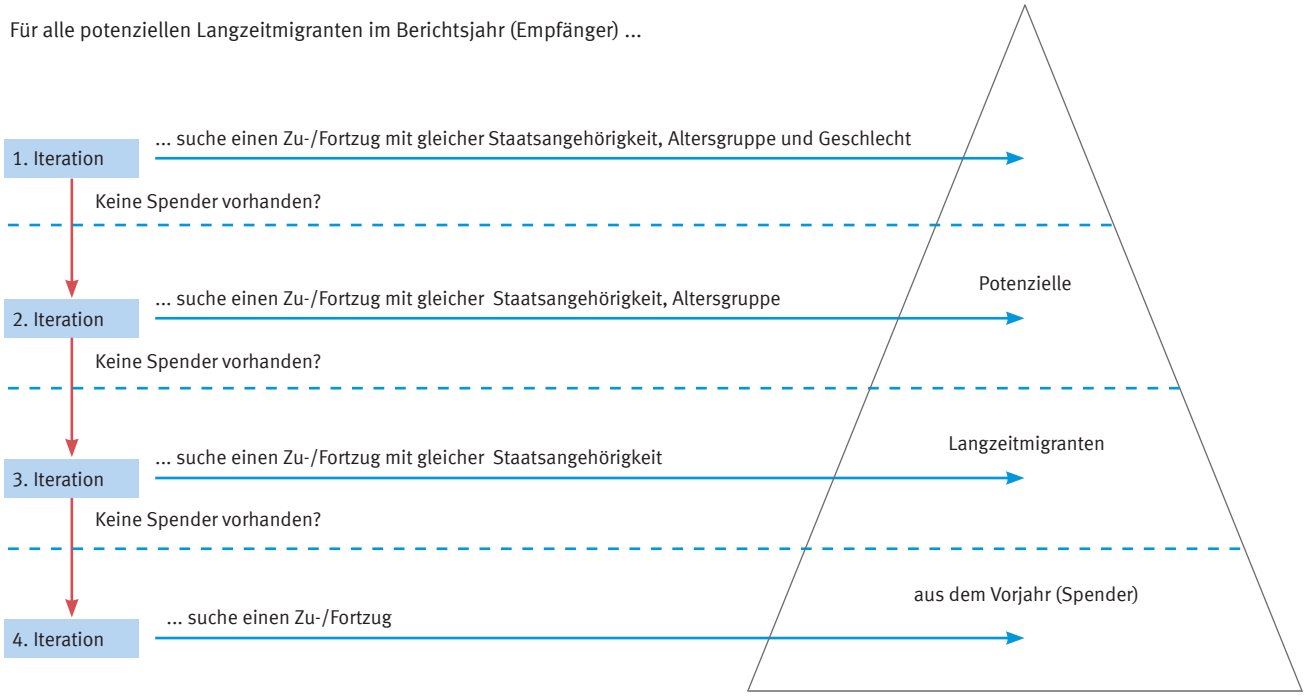
Für eine Schätzung nach einzelnen Staatsangehörigkeiten wurde das Schätzverfahren ebenfalls auf einzelne Staatsangehörigkeiten umgestellt.[9] Die deutlich höhere Anzahl an feiner abgestuften Schichten erhöht jedoch das Risiko, dass aufgrund fehlender ähnlicher Beobachtungen im Vorjahr keine schichtspezifische Bleibewahrscheinlichkeit berechnet werden kann. Die Problematik betrifft insbesondere Staatsangehörigkeiten mit geringer Fallzahl beziehungsweise solche, für die im Vorjahr keine oder nur sehr wenige Außenwanderungsbewegungen beobachtet wurden.

Das Problem wurde mithilfe einer hierarchisch-iterativen Vorgehensweise gelöst: Wenn für bestimmte Schichten auf geringer Aggregationsstufe keine Bleibewahrscheinlichkeiten berechnet werden können, werden die Schichten iterativ vergröbert (↘ Grafik 2 auf Seite 50). Sollte es nach der dritten Iteration weiterhin keine passenden Fälle geben, wird die Bleibewahrscheinlichkeit aller potenziellen Langzeitimmigranten beziehungsweise diejenige aller potenziellen Langzeitemigranten aus dem Vorjahr herangezogen. Die beiden letzten Iterationen werden nur für sehr wenige Fälle benötigt (weniger als 0,13 % der Fälle je Jahr in den Berichtsjahren 2014 bis 2023).

Die Ermittlung von Ergebnissen nach einzelnen Herkunfts- und Zielländern sowie bis einschließlich 2019 nach einzelnen Geburtsstaaten funktioniert nach der gleichen Logik. In diesem Fall wird eine hierarchisch-iterative Random-Cold-Deck-Imputation anhand der amtlichen Wanderungsstatistik durchgeführt, bei der die jeweilige

9 Zusätzlich zur Anpassung der Variable für die Staatsangehörigkeit wurden die Altersgruppen auf Fünfjahresintervalle angepasst (vorher: Zehnjahresintervalle), was zu einer verbesserten Genauigkeit insbesondere den jüngeren und älteren Kohorten führte. Das frühere Verfahren basierte auf Schichten nach den Staatengruppen laut Eurostat-Lieferanforderungen. Eine Schätzung für einzelne Staatsangehörigkeiten war damit zwar möglich, führte allerdings zu ungenauen Ergebnissen, insbesondere wenn einzelne Staatsangehörigkeiten ein spezielles Migrationsmuster aufwiesen.

Grafik 2
Hierarchisch-iteratives Schätzverfahren nach definierten Schichten



Merkmalsausprägung von ähnlichen Spenderdatensätzen auf die Empfängerdatensätze übertragen wird.[10]

3.2 Anpassung des Umgangs mit Anmeldungen von unbekannt und Abmeldungen nach unbekannt bei deutschen Staatsangehörigen

Der Umgang mit Abmeldungen nach unbekannt und anschließenden Wiederanmeldungen stellt sowohl die nationale Wanderungsstatistik als auch das Verfahren zur Schätzung von Langzeitmigration vor Herausforderungen. Problematisch ist, wenn Personen nach dem Auszug aus ihrer Wohnung für längere Zeit unangemeldet in Deutschland bleiben und in dieser Zeit bereits an ihrem alten Wohnsitz nach unbekannt abgemeldet wurden.[11] Für den Zeitraum zwischen Abmeldung nach unbekannt am alten Wohnort und Anmeldung am neuen Wohnort ist der Aufenthaltsort unbekannt und der Sachverhalt nicht von einem Fortzug in das Ausland ohne Abmeldung zu unterscheiden. Da der Aufenthaltsort der Person nicht nachvollziehbar ist, wird diese auch nicht zur nationalen Bevölkerung gezählt.

Daher werden in der nationalen Wanderungsstatistik Abmeldungen nach unbekannt und Wiederanmeldungen nach Abmeldung seit 2016 der Außenwanderung zugeordnet. Dieses Verfahren wurde bis zu dessen Weiterentwicklung im Jahr 2024 auch für die Schätzung der Langzeitmigration genutzt. Analysen der Wiederanmeldungen nach Abmeldung nach unbekannt zeigen jedoch, dass es sich im Fall deutscher Staatsangehöriger meist um Personen handelt, die unangemeldet in Deutschland geblieben sind.

Für die Schätzung der Langzeitmigration ist lediglich die Unterscheidung in Binnen- und Außenwanderung aus-

10 Für das Geburtsland liefert keine der administrativen Datenquellen Informationen von ausreichender Qualität. Folglich sind eine umfangreiche Datenaufbereitung und Qualitätssicherung der administrativen Daten erforderlich, um die Qualität der vorhandenen Angaben sicherzustellen und fehlende Informationen zu ergänzen. Bei beiden Datenquellen basiert dieser Prozess auf vollständigeren, aber unstrukturierten Freitextinformationen über den Geburtsort, aus denen das Geburtsland abgeleitet werden kann (Feuerhake und andere, 2020; Canan/Eberle, 2022).

11 Siehe Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Neufassung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung des Bundesmeldegesetzes (BMGVwV), Punkt 17.1.6.

Tabelle 1
Zuzüge und Fortzüge von deutschen Staatsangehörigen nach Art der Anmeldung oder Abmeldung 2022

	Neue Methode	Alte Methode	Differenz
Zuzüge aus dem Ausland einschließlich Anmeldungen von unbekannt	184 753	184 753	0
darunter:			
Anmeldungen von unbekannt	90 652	90 652	0
In der Schätzung berücksichtigte Zuzüge	94 101	184 753	– 90 652
dar.: Langzeitimmigrationen, geschätzt	75 572	139 220	– 63 648
Fortzüge in das Ausland einschließlich Abmeldungen nach unbekannt	268 167	268 167	0
darunter:			
Abmeldungen nach unbekannt	127 550	127 550	0
In der Schätzung berücksichtigte Fortzüge	177 515	268 167	– 90 652
dar.: Langzeitemigrationen, geschätzt	156 826	221 298	– 64 472

schlaggebend und es muss bei Binnenwanderungen kein Aufenthaltsort in Deutschland ermittelt werden. Daher können Anmeldungen von unbekannt von deutschen Staatsangehörigen hier als Binnenwanderungen bewertet und von den weiteren Berechnungen ausgeschlossen werden.

Bei deutschen Staatsangehörigen, die nach unbekannt abgemeldet wurden, wird angenommen, dass ein bestimmter Prozentsatz tatsächlich in das unbekannte Ausland verzogen ist und der verbleibende Prozentsatz unangemeldet in Deutschland geblieben ist. Zur Ermittlung der Anteile dient ein Verfahren, das für jede Anmeldung aus unbekannt eine passende Abmeldung von unbekannt ermittelt und als Binnenwanderung wertet. Nur die verbleibenden Fälle von Abmeldungen nach unbekannt, die nicht durch Anmeldungen aus unbekannt ausgeglichen werden können, werden als Emigrationen in das Ausland betrachtet.

Wie sich die Anpassungen des Verfahrens für das Berichtsjahr 2022 auswirken, zeigt ↘ Tabelle 1. Durch die Nichtberücksichtigung von Anmeldungen von unbekannt in der Gesamtzahl der Zuzüge verringern sich die Zahlen der Außenwanderungen und die der Langzeitimmigrationen von deutschen Staatsangehörigen um etwa die Hälfte. Die Schätzung der langfristigen Zuzüge basiert nun auf nur rund 94 000 Außenwanderungen statt auf 185 000, was zu einer Schätzung von knapp 64 000 weniger Langzeitimmigrationen führt. Die Schätzung der Langzeitemigrationen berücksichtigt nach neuer Methodik 178 000 Fortzüge in das Ausland anstelle der zuvor berücksichtigten 268 000 Fälle. Die Zahl der Langzeitemigrationen fällt um 65 000 geringer aus. Da die Fälle von Langzeitimmigrationen und Langzeitemigrationen in etwa um den gleichen Betrag reduziert werden, hat das Verfahren keine nennenswerten Auswirkungen auf die Nettomigration.

↘ Grafik 3 auf Seite 52 zeigt die Auswirkungen der beschriebenen Anpassungen auf die absoluten Migrationszahlen deutscher Staatsangehöriger anhand eines Vergleichs der nationalen Wanderungsstatistik und der Langzeitimmigrations- und Langzeitemigrationszahlen. Die Kurven machen einen methodischen Bruch im Jahr 2016 sichtbar: Vorher waren Daten zu Wiederzuzügen nach Abmeldung nach unbekannt nicht verfügbar, weshalb aus Konsistenzgründen auch Abmeldungen nach unbekannt nicht verarbeitet wurden. Nach der Umstellung im Jahr 2016 wurden in einer Übergangsphase Wiederzuzüge nach Abmeldung nach unbekannt nur dann berücksichtigt, wenn die vorherige Abmeldung nach unbekannt auch verarbeitet wurde (Statistisches Bundesamt, 2025a, hier: Abschnitt 6.2).

So ist ab 2016 eine wachsende Differenz zwischen Wanderungsstatistik und Statistik über Langzeitimmigration augenfällig, die durch die steigende Berücksichtigung von Anmeldungen von unbekannt als Außenwanderungen in den nationalen Ergebnissen bedingt ist. Die Fortzugszahlen sowie die Langzeitemigranten steigen im Jahr 2016 methodisch bedingt stark an, anschließend verbleiben die Fortzugszahlen auf höherem Niveau, während die Langzeitemigration zurückgeht, da mehr Abmeldungen nach unbekannt abgezogen werden. Nach Ablauf dieser methodischen Effekte ergeben sich ab etwa 2018 plausiblere Verläufe.

Grafik 3
Migrationszahlen deutscher Staatsangehöriger
in 1 000

4

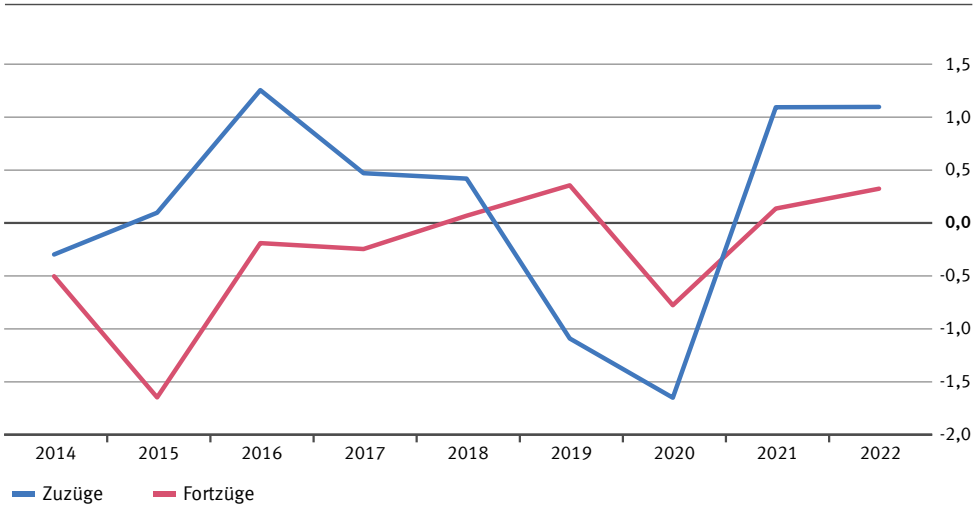
Evaluation der Schätzgenauigkeit des Rate-of-Stay-Verfahrens

Zur Bewertung des für die nicht deutsche Bevölkerung angewendeten Rate-of-Stay-Verfahrens dient ein Vergleich des geschätzten Anteils an Langzeitmigranten mit dem retrospektiv berechneten, tatsächlichen Anteil an Langzeitmigranten. Dabei werden nur potenzielle Langzeitmigranten im jeweiligen Berichtsjahr betrachtet, das heißt Personen, deren Aufenthaltsdauer anhand der beobachteten Verbleiberaten aus dem Vorjahr (rates of stay) geschätzt wurde.

Der tatsächliche Migrationsstatus für alle potenziellen Langzeitmigranten des entsprechenden Berichtsjahres wird anhand der Migrationshistorie des Ausländerzentralregisters zum Stand 30. Juni zwei Jahre nach dem Berichtsjahr ($t+2$) berechnet. Der anschließende Vergleich erlaubt Aussagen über die Qualität des Rate-of-Stay-Ansatzes.

↘ Grafik 4 zeigt den Schätzfehler für den Zeitraum 2014 bis 2022. Die Schätzung des Gesamtanteils der Langzeitmigration zeigt mit maximalen Abweichungen von −1,7 % bis +1,3 % eine hohe Genauigkeit. Positive Werte zeigen eine Überschätzung des Anteils an Langzeitmigranten an, während negative Werte Unterschätzungen bedeuten. Die größten Abweichungen erklären

Grafik 4
Schätzfehler für potenzielle Langzeitmigration
Abweichung der Langzeitanteile in %



sich durch Veränderungen des Migrationsverhaltens insgesamt beziehungsweise von einzelnen Gruppen.

So ist beispielsweise die Unterschätzung des Langzeitemigrationsanteils im Jahr 2015 zu großen Teilen auf Staatsangehörige bestimmter Westbalkanländer (Serbien, Kosovo, Nordmazedonien) sowie auf vermehrte Langzeitemigrationen in die osteuropäischen EU-Mitgliedstaaten Polen, Rumänien, Ungarn und Kroatien zurückzuführen. Für die Westbalkanstaaten zeigen sich Abweichungen zwischen – 4,7 % und – 5,3 %, während sie bei den genannten EU-Mitgliedstaaten zwischen – 2,7 % und – 3,4 % liegen. Für Staatsangehörige der Westbalkanstaaten änderten sich in den Jahren 2014 und 2015 die rechtlichen Rahmenbedingungen, als diese Staaten als sichere Herkunftsländer eingestuft wurden und gleichzeitig Arbeitsmigration erleichtert wurde. Zudem könnten ein seinerzeit stabiles Wirtschaftswachstum und gute Arbeitsmarktbedingungen in den osteuropäischen EU-Mitgliedstaaten Staatsangehörige dieser Staaten dazu veranlasst haben, Deutschland langfristig zu verlassen (OECD, 2015).

Darüber hinaus zeigt sich im Jahr 2020 (und teilweise 2019) ein umfassender, von der Staatsangehörigkeit weitgehend unabhängiger Effekt, der zu einer Unterschätzung der langfristigen Zuzüge und – in abgeschwächter Form – der langfristigen Fortzüge führt. Dieser lässt sich im Wesentlichen durch die globale Unsicherheit und die Einschränkungen im Zuge der COVID-19-Pandemie erklären, die insbesondere kurzfristige und zirkuläre Migration erschwerten und unattraktiver machten.

5

Limitationen des Rate-of-Stay-Verfahrens

Wie die vorliegenden Ergebnisse zeigen, liefert der Rate-of-Stay-Ansatz für individuelle Verbleiberaten nach Geschlecht, Altersgruppe und Staatsangehörigkeit grundsätzlich zuverlässige Schätzergebnisse.

In den Berichtsjahren 2015 und 2020 zeigt sich eine Schwäche des Ansatzes: Er funktioniert nur dann hinreichend genau, wenn sich das Migrationsverhalten innerhalb der definierten Schichten im Vergleich zum Vorjahr nicht oder nur geringfügig verändert. Plötzliche Veränderungen und Umbrüche, die zu einem abweichenden Wanderungsverhalten führen, können hingegen zu größeren Unter- oder Überschätzungen führen. Diese Faktoren umfassen beispielsweise gesetzliche Änderungen, wie die Einstufung bestimmter Staaten als „sichere Herkunftsländer“, ebenso wie die Aufhebung oder Einführung arbeitsmarktrechtlicher Beschränkungen. Auch veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen – sei es am Wohnort, im Herkunftsland oder in alterna-

tiven Zielländern – sowie globale oder regionale Krisen können das Wanderungsverhalten einzelner Gruppen gegenüber dem Vorjahr deutlich verändern und damit die Schätzgenauigkeit einschränken.

Ein weiteres Problem des Rate-of-Stay-Ansatzes tritt bei Schichten mit sehr kleinen Fallzahlen auf. Beruhen die berechneten Verbleiberaten auf wenigen Beobachtungen, steigt die Gefahr, dass Einzelfälle diese maßgeblich beeinflussen. Dies macht die Schätzung für kleine Gruppen volatil und sollte bei der Interpretation von Ergebnissen mit geringen Fallzahlen berücksichtigt werden.

6

Fazit und Ausblick

Die Weiterentwicklung der Methodik zur Schätzung von Langzeitmigrationen ermöglicht es, Ergebnisse für einzelne Staatsangehörigkeiten, Herkunfts- und Zielländer sowie Geburtsstaaten bereitzustellen.

Allerdings schränkt der komplexe Datenaufbereitungsprozess mit verschiedenen Schätz- und Imputationsverfahren die Reaktionsfähigkeit auf neue Datenanforderungen weiterhin ein. Die Komplexität erklärt sich durch den Anspruch, administrative Daten zu nutzen, um die Bevölkerung von Primärerhebungen zu entlasten. Gleichzeitig gibt es in Deutschland keine administrative Datenquelle, die sämtliche Anforderungen abdeckt. In der Folge müssen weiterhin unterschiedliche Datenquellen und Aufbereitungsverfahren für deutsche und ausländische Staatsangehörige genutzt werden. Dabei ist die Qualität der genutzten administrativen Datenquellen entscheidend für die Qualität der Langzeitmigrationsstatistiken. Unplausible Migrationsbiografien, verspätete Registrierung von Migrationsereignissen, fehlende Informationen sowie eine unzureichende Erfassung von Emigrationen beeinträchtigen die Genauigkeit der Ergebnisse.

Aufgrund der hohen Komplexität kann das Verfahren nicht ohne Weiteres zusätzliche Datenbedarfe bedienen, wie sie im Rahmen der Gesetzesinitiative der Europäischen Kommission zur europäischen Bevölkerungsstatistik (European statistics on population – ESOP) diskutiert werden. Um die Statistiken in höherer Frequenz (monatlich, quartalsweise) oder mit tiefer regionaler Gliederung zu erstellen, müssten die Schätzverfahren angepasst und neu evaluiert werden. Ebenso ist das Verfahren nicht unmittelbar auf die Erstellung von Statistiken über Binnenwanderungen nach der europäischen Definition des üblichen Aufenthaltsortes übertragbar.

Eine wesentliche Reduktion der Komplexität und Erhöhung der Flexibilität könnte zum Beispiel durch die Einrichtung eines statistischen Bevölkerungsregisters mit einer Migrationshistorie für die gesamte Bevölkerung und/oder neue rechtliche Möglichkeiten der Datenverknüpfung erreicht werden.

LITERATURVERZEICHNIS

Canan, Coşkun/Eberle, Jan. *Geburtsstaat und Geburtsort im Ausländerzentralregister – Nutzungsmöglichkeiten für die amtliche Statistik*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 2/2022, Seite 53 ff.

Carow, Annelen/Mundil-Schwarz, Rabea/Vigneau, Elsa. *Bevölkerung am üblichen Aufenthaltsort und Weiterentwicklung des Schätzverfahrens zur Langzeitmigration*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 3/2019, Seite 65 ff.

Eberle, Jan. *Schutzsuchende. Ein Konzept zur Quantifizierung des Bestands an Ausländerinnen und Ausländern, die sich aus humanitären Gründen in Deutschland aufhalten*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 1/2019, Seite 19 ff.

Feuerhake, Jörg/Lange, Kerstin/Siegismund, Annelen/Vigneau, Elsa. *Kodierung des Geburtsstaats in der Wanderungsstatistik. Ein Vergleich regelbasierter Signierung mit Verfahren des maschinellen Lernens*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 3/2020, Seite 98 ff.

Mundil, Rabea/Grobecker, Claire. *Schätzverfahren zu Langzeitmigranten in Deutschland 2009 – Teil 1: Deutsche Personen*. In: Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 10/2011, Seite 967 ff. (2011a).

Mundil, Rabea/Grobecker, Claire. *Schätzverfahren zu Langzeitmigranten in Deutschland 2009 – Teil 2: Personen mit ausländischer Staatsangehörigkeit*. In: Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 12/2011, Seite 1171 ff. (2011b).

OECD. *OECD Economic Outlook, Volume 2015, Issue 1*. 2015. DOI: 10.1787

Statistik Austria. *Wanderungsstatistik (Standard-Dokumentation, Metainformationen)*. Bundesanstalt Statistik Österreich. Wien 2024. [Zugriff am 14. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.statistik.at

Statistisches Bundesamt. *Qualitätsbericht Wanderungen (Binnenwanderung, Außenwanderung, Gesamtwanderung) 2024*. 2025a. [Zugriff am 4. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.destatis.de

Statistisches Bundesamt. *Qualitätsbericht Ausländerstatistik – Ergebnisse des Ausländerzentralregisters 2024*. 2025b. [Zugriff am 8. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.destatis.de

RECHTSGRUNDLAGEN

Gesetz über das Ausländerzentralregister (AZR-Gesetz) vom 2. September 1994 (BGBl. I Seite 2265), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. I Nr. 152) geändert worden ist.

Gesetz über die Statistik der Bevölkerungsbewegung und die Fortschreibung des Bevölkerungsstandes (Bevölkerungsstatistikgesetz – BevStatG) vom 20. April 2013 (BGBl. I Seite 826), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. Juli 2023 (BGBl. I Nr. 190) geändert worden ist.

Verordnung (EG) Nr. 862/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Juli 2007 zu Gemeinschaftsstatistiken über Wanderung und internationalen Schutz und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 311/76 des Rates über die Erstellung von Statistiken über ausländische Arbeitnehmer (Amtsblatt der EU Nr. L 199, Seite 23).

VERFAHRENSBESCHREIBUNG DER CELL-KEY-METHODE ZUR GEHEIMHALTUNG STETIGER MERKMALE

Tobias Enderle, Martin Möhler

↘ **Schlüsselwörter:** stochastische Überlagerung – statistische Geheimhaltung – Wertetabelle – Geheimhaltungswerkzeug – CKM – Record-Key

ZUSAMMENFASSUNG

Die Cell-Key-Methode ist ein Geheimhaltungsverfahren, das ursprünglich für die Anwendung auf Fallzahltabellen entwickelt wurde. Der Artikel beschreibt die methodischen Erweiterungen, um das stochastische Überlagerungsverfahren auch für die Geheimhaltung stetiger Merkmale in Wertsummentabellen anwenden zu können. Für das Verfahren wurde ein generisches Geheimhaltungswerkzeug entwickelt, da mit dem Wunsch, Nutzenden flexible Auswertungsoptionen anzubieten, eine Automatisierung der Geheimhaltung zwingend einhergehen musste.

↘ ***Keywords:*** *stochastic perturbation – statistical disclosure control – magnitude table – SDC tool – CKM – record key*

ABSTRACT

The cell key method (CKM) is a disclosure control method that was originally developed for use with frequency tables. The article describes how this stochastic perturbation method has been adapted to also ensure the confidentiality of continuous variables in magnitude tables. A generic statistical disclosure control (SDC) tool was developed for the method, as the desire to offer users flexible evaluation options made the automation of confidentiality essential.

Dr. Tobias Enderle

ist Volkswirt und hat an der Universität Trier zum Thema Imputation promoviert. Im Referat „Statistische Geheimhaltung“ des Statistischen Bundesamtes befasst er sich als Referent mit Fragen der mathematisch-statistischen Geheimhaltungsmethodik und deren Software-Implementierung.

Martin Möhler

studierte Applied Statistics an der Universität Trier und ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Referat „Statistische Geheimhaltung“ des Statistischen Bundesamtes. Dort arbeitet er zu verschiedenen Themen der Geheimhaltung, insbesondere in den Bereichen datenverändernde Verfahren und Geodaten.

1 Einleitung

Um das Grundrecht aller Bürgerinnen und Bürger auf informationelle Selbstbestimmung zu schützen und den Vorgaben des § 16 Bundesstatistikgesetz Rechnung zu tragen, dürfen Veröffentlichungen der amtlichen Statistik keine Rückschlüsse auf Einzelfälle ermöglichen. Gleichzeitig sollen mit den Veröffentlichungsergebnissen so viele Informationen und Erkenntnisse wie möglich bereitgestellt werden.

Für die Produktion von Veröffentlichungsergebnissen setzt die amtliche Statistik zunehmend auch datenverändernde Geheimhaltungsverfahren ein, die auf originalen, bereits aggregierten Ergebnissen aufbauen. Bei der Cell-Key-Methode (CKM) handelt es sich um ein solches Verfahren. Es basiert darauf, dass die in Tabellen ausgewiesenen Werte pseudo-zufällig (jedoch konsistent über Tabellen hinweg) verändert sein können. Das Ausmaß der Veränderung wird dabei unter Berücksichtigung statistikspezifischer Schutzvorgaben durch vorab festgelegte Parameter kontrolliert. Das Verfahren ist auch bei großen Tabellenprogrammen oder umfangreichen Sonderauswertungen gut handhabbar. Die für die Wirksamkeit der Geheimhaltung entscheidende Konsistenz über alle Veröffentlichungen hinweg wird hier sehr viel einfacher hergestellt als bei klassischer Geheimhaltung mittels Zellsperrverfahren. Es vereinfacht so die Automatisierung der statistischen Geheimhaltung und begünstigt dadurch eine flexible Erstellung geheim zu haltender Auswertungen.

Die Cell-Key-Methode ist ein für Fallzahlstatistiken[1] etabliertes Geheimhaltungsverfahren (siehe Enderle/Kleber, 2024; Setzer und andere, 2024; Enderle/Vollmar, 2019), das mit entsprechenden Erweiterungen auch für metrisch skalierte (sowohl stetige als auch quasi-stetige) Merkmale in Wertetabellen eingesetzt werden kann (Giessing/Tent, 2019).

1 Statistiken, deren Veröffentlichungen hauptsächlich Auszählungen ihrer Merkmalsträger (Anzahl Personen oder Unternehmen) umfassen, werden hier als Fallzahlstatistiken bezeichnet.

↘ **Exkurs:**

Mit der Cell-Key-Methode findet eine Tabellengeheimhaltung statt. Zur Gliederung von Tabellen werden üblicherweise kategoriale Merkmale verwendet, die die Merkmalsträger selbst kategorisieren (zum Beispiel Region, Geschlecht, Gebäudeart, Wirtschaftszweig). In einer Häufigkeitstabelle gibt ein Tabellenfeld die Anzahl der betreffenden Merkmalsträger an (Einwohnerzahl, Anzahl leerstehender Gebäude) – im Folgenden Fallzahl genannt. In einer Wertetabelle enthält ein Tabellenfeld hingegen die Summe eines stetigen Wertmerkmals für die betreffenden Merkmalsträger (zum Beispiel Miete) – im Folgenden Wertsumme genannt. Ein Veröffentlichungsergebnis kann neben der Wertsumme auch eine aus ihr abgeleitete Kennzahl sein (zum Beispiel die durchschnittliche Miete in Wiesbaden).

Die Anwendung der stochastischen Überlagerung mit der Cell-Key-Methode bei Fallzahlen wird im Folgenden als Fallzahlüberlagerung bezeichnet, die Anwendung bei Wertsummen als Wertsummenüberlagerung. Dieser Aufsatz beschreibt die Methodik der Wertsummenüberlagerung.

Kapitel 2 erläutert zunächst das allgemeine Vorgehen bei der stochastischen Überlagerung von Wertsummen. In Kapitel 3 werden die wesentlichen Eigenschaften des Verfahrens besprochen und Hinweise zur Parametrisierung gegeben. Kapitel 4 behandelt einige Aspekte der praktischen Umsetzung. Der Beitrag schließt mit einem kurzen Fazit und Ausblick.

2 Stochastische Überlagerung mit der Cell-Key-Methode bei Wertmerkmalen

2.1 Allgemeine Funktionsweise

In Wertetabellen müssen ebenso wie in Häufigkeitstabellen die darin zusammengefassten Einzelangaben vor Aufdeckung geschützt werden. Die primäre Geheimhaltung verlangt dabei, dass Wertsummen, die sich nur auf einen einzelnen Merkmalsträger beziehen, nicht aus den veröffentlichten Werten rückgeschlossen werden können, auch nicht näherungsweise. Sekundäre Geheimhaltung ist gewährleistet, wenn dies auch durch

das Bilden von Differenzen innerhalb von Tabellen oder zwischen Tabellen nicht möglich ist (Rohde und andere, 2018, hier: Abschnitt 2.1).

Um diese Schutzkriterien bei Wertetabellen zu erfüllen, sind einige Anpassungen nötig gegenüber der Fallzahlüberlagerung.

Fallzahlüberlagerung

Die veränderte Fallzahl ergibt sich nach der folgenden Formel:

$$(1)\ n' = n + v$$

Dabei bezeichnet n' die überlagerte Fallzahl, welche anhand der Originalfallzahl n und dem Überlagerungswert v gebildet wird, der positiv, negativ oder null sein kann. Bei der Fallzahlüberlagerung ist er zudem stets ganzzahlig.

Zum einen muss das Ausmaß der Überlagerung an die Skalierung des Wertmerkmals angepasst werden. So erfordert ein Wertmerkmal, dessen Ausprägungen üblicherweise in den Hunderten oder Tausenden rangieren (zum Beispiel Angaben zu Beschäftigtenzahlen oder Umsätzen von Unternehmen), größere Überlagerungswerte als eines mit üblichen Ausprägungen zwischen 1 und 9 (zum Beispiel das Wohnungsmerkmal „Anzahl der Räume“ im Zensus 2022). Zum anderen ist es nötig, dass ein durch die Überlagerung erzeugtes Unsicherheitsintervall breit genug ist, um den Schutz von Dominanzfällen zu gewährleisten. Diese liegen in Wertetabellen insbesondere dann vor, wenn die in einem Tabellenfeld ausgewiesene Wertsumme sich aus einem oder zwei großen Einzelwerten und gegebenenfalls wenigen kleinen anderen Einzelwerten zusammensetzt.

Beide Anforderungen können dadurch erfüllt werden, dass die Überlagerung mit den betragsmäßig größten Einzelwerten der Wertsumme skaliert wird. Der Überlagerungswert ist damit zum einen auf dem richtigen Skalenniveau, zum anderen erhalten die besonders durch einen Dominanzfall von Aufdeckung bedrohten größten Einzelbeiträge ausreichenden Schutz.

Die veränderte Wertsumme ergibt sich konkret nach der folgenden Formel:

$$(2)\ x' = x + f(x_{max}) \cdot v$$

Dabei bezeichnen x' die überlagerte Wertsumme und x die unveränderte Originalwertsumme, die sich aus einer bestimmten Anzahl von Einzelbeiträgen[2] zusammensetzt. Von diesen Einzelbeiträgen bezeichnet wiederum x_{max} die Summe der zu schützenden größten Einzelbeträge.[3] Der Term $f(x_{max}) \cdot v$ gibt zusammen den Überlagerungswert, der positiv, negativ oder null sein kann und zur Originalwertsumme hinzuaddiert wird. Darin steht v für die zufällige („stochastische“) Komponente, die für die Wertsummenüberlagerung auf eine Varianz von 1 standardisiert ist. Der Betrag von v liegt typischerweise unter 1,5 und nur in seltenen Fällen darüber (zur Bestimmung von v siehe Abschnitt 2.2). Die Funktion f passt die Varianz des Überlagerungswertes datengestützt an das erforderliche Niveau an. Üblicherweise handelt es sich hierbei um eine lineare Funktion, das heißt

$$(3)\ f(x_{max}) = \delta \cdot x_{max}.$$

Der Parameter δ bestimmt dabei maßgeblich die Stärke der Überlagerung. Seine Bedeutung wird in Abschnitt 2.3 näher erläutert.

Beispiel 1a

Die Summe x der Beschäftigten in einem Tabellenfeld zu 10 landwirtschaftlichen Betrieben beträgt 1 140. Der größte Betrieb hat x_{max} = 200 Beschäftigte. Der Parameter δ wurde auf 0,05 festgelegt.

„Typischer“ Fall 1: Die stochastische Komponente ergibt sich zu einem Wert von $v = 1$. Dann ergibt sich eine überlagerte Wertsumme von

$x' = 1\,140 + 0{,}05 \cdot 200 \cdot 1 = 1\,150.$

„Seltener“ Fall 2: Die stochastische Komponente ergibt sich zu einem Wert von $v = -5$. Dann ergibt sich eine überlagerte Wertsumme von

$x' = 1\,140 - 0{,}05 \cdot 200 \cdot 5 = 1\,090.$

2 In diesem Text wird davon ausgegangen, dass die Einzelbeiträge zu einer Wertsumme ausschließlich nicht-negativ (das heißt positiv oder null) sind. Eine Erweiterung der Methode, die auch negative Einzelbeiträge umfasst, ist verfügbar, jedoch nur selten relevant. Sie wird daher hier nicht weiter behandelt.

3 Es wird die Summe der K größten Einzelbeiträge verwendet. Eine mögliche Wahl ist $K := 1$; in diesem Fall orientiert sich die Überlagerung lediglich an dem betragsmäßig größten Einzelbeitrag zum Tabellenfeld. Im Folgenden wird, wenn nicht anders angegeben, zur Vereinfachung der Darstellung von $K = 1$ ausgegangen.

↘ Beispiel 1b

Das Tabellenfeld umfasst nur einen landwirtschaftlichen Betrieb. Dieser hat wie in Beispiel 1a $x_{max} = 200$ Beschäftigte.

„Typischer" Fall 1: Die stochastische Komponente ergibt sich zu einem Wert von $v = 1$. Dann ergibt sich nun eine überlagerte Wertsumme von

$$x' = 200 + 0{,}05 \cdot 200 \cdot 1 = 210.$$

„Seltener" Fall 2: Die stochastische Komponente ergibt sich zu einem Wert von $v = -5$. Dann ergibt sich eine überlagerte Wertsumme von

$$x' = 200 - 0{,}05 \cdot 200 \cdot 5 = 150.$$

2.2 Cell-Keys und Lookup-Schritt

Die Pseudo-Zufallsvariable v aus Formel (2) wird, wie in der Überlagerung von Fallzahlen auch, aus einem sogenannten Überlagerungstableau (siehe Grafik 1) ausgelesen, und zwar auf Basis des Cell-Keys des Wertsummenfeldes. Dieser entspricht dem Cell-Key der zum Feld beitragenden Merkmalsträger, ist also identisch zur Fallzahlüberlagerung. Kurz gesagt handelt es sich bei dem Cell-Key um eine Summe von Pseudo-Zufallszahlen aus dem Einzeldatenmaterial (sogenannte Record-Keys), nämlich all jener Merkmalsträger (Records), die zum betreffenden Tabellenfeld beitragen. Zur Bildung der Cell-Keys beim Tabellieren sei auf Enderle und Vollmar (2019, Abschnitt 4.1) sowie Setzer und andere (2024, Abschnitt 3.4) verwiesen. Das nachfolgende Minimalbeispiel soll die Intuition dabei vermitteln.

Tabelle 1
Einzeldaten: Beschäftigtenzahl zu 13 Betrieben nach Wirtschaftszweigen

ID	Wirtschaftszweig	Beschäftigtenzahl	Record-Key[1]
1	Forstwirtschaft	2	0,15
2	Forstwirtschaft	1	0,25
3	Landwirtschaft	90	0,34
4	Landwirtschaft	10	0,65
5	Landwirtschaft	200	0,85
6	Fischerei	100	0,65
7	Landwirtschaft	50	0,70
8	Landwirtschaft	150	0,45
9	Landwirtschaft	190	0,95
10	Landwirtschaft	150	0,05
11	Landwirtschaft	50	0,10
12	Landwirtschaft	50	0,25
13	Landwirtschaft	200	0,50

1 Record-Key zu Demonstrationszwecken mit nur 2 Nachkommastellen.

Die in ↘ Tabelle 1 dargestellten fiktiven Einzeldaten für 13 Betriebe umfassen ein kategoriales Merkmal (Wirtschaftszweig), ein zu tabellierendes Wertmerkmal (Beschäftigtenzahl) und angespielte Record-Keys.

Beim Bilden der Aggregate werden die Record-Keys analog zum gewünschten Auswertungsmerkmal ebenfalls tabelliert. Sie werden anschließend um die Vorkommastelle bereinigt, sodass sich eine Zahl zwischen 0 und 1 ergibt. Im Falle der Wertsummenüberlagerung sind je Tabellenfeld darüber hinaus die größten Einzelbeiträge festzustellen. ↘ Tabelle 2 zeigt das für die Tabellierung der Beispieldaten nach Wirtschaftszweigen. Der Cell-Key für die Zeile „Landwirtschaft" ergibt sich etwa als 0,34 + 0,65 + 0,85 + 0,70 + 0,45 + 0,95 + 0,05 + 0,10 + 0,25 + 0,50 = 4,84 (Summe der 10 Record-Keys), bereinigt um die Stelle vor dem Komma, also als 0,84.

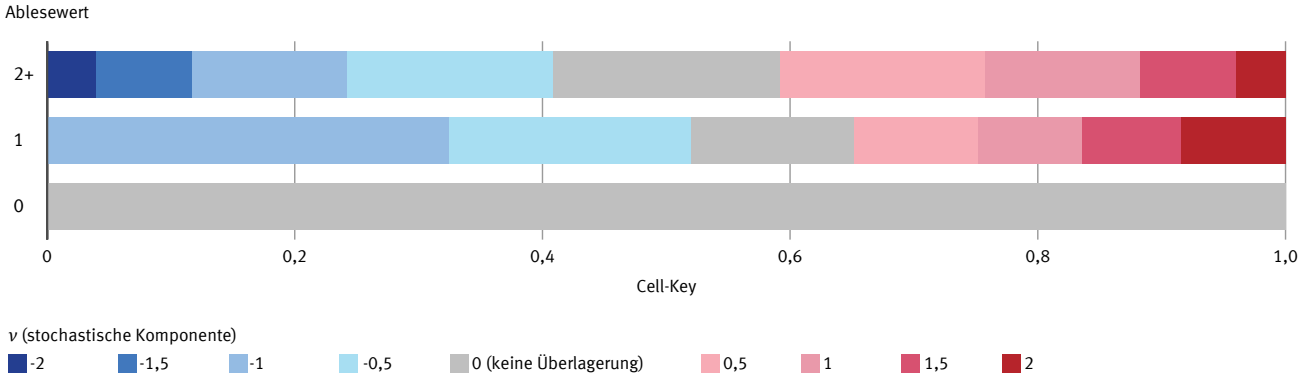
Tabelle 2
Wertsummentabelle der Beschäftigten nach Wirtschaftszweigen (basierend auf den Einzeldaten aus Tabelle 1) mit Cell-Keys und größten Einzelbeiträgen

	Anzahl Betriebe	Beschäftigtenzahl		Cell-Key
	n	x	x_{max}	
Landwirtschaft	10	1 140	200	0,84
Forstwirtschaft	2	3	2	0,40
Fischerei	1	100	100	0,65
Insgesamt	13	1 243	200	0,89

Das Überlagerungstableau ist eine Darstellungsform für die bedingte Wahrscheinlichkeitsverteilung, aus der anhand der Cell-Keys die stochastische Komponente für die Überlagerung abgelesen wird. Es ist im Fall der Wertsummenüberlagerungen detaillierter gestaltet und definiert Überlagerungswahrscheinlichkeiten – im Unterschied zur Fallzahlüberlagerung – nicht nur für ganzzahlige Werte, sondern auch für Punkte dazwischen. ↘ Grafik 1

Die Wahrscheinlichkeitsvorgaben des Überlagerungstableaus beziehen sich im Falle der Wertsummenüberlagerung nicht direkt auf den Originalwert der zu überlagernden Wertsumme x, sondern auf das Verhältnis $x/(\delta \cdot x_{max})$. Dieses Verhältnis legt fest, in welcher Zeile

Grafik 1
Überlagerungstableau für Wertsummenüberlagerung



Die Überlagerungswahrscheinlichkeiten sind zu einer Schrittweite von 0,5 für den Fall einer Maximalabweichung von 2 definiert, das heißt für v = -2, -1,5, -1, -0,5, 0, +0,5, +1, +1,5 und +2. Der Zeilen-Ablesewert ist durch das Verhältnis $x/(\delta \cdot x_{max})$ definiert. Die Angabe '2+' bedeutet dabei, dass Ablesewerte von 2 oder höher in dieser Zeile abgelesen werden.

des Überlagerungstableaus zur Ermittlung der stochastischen Komponente nachgeschlagen wird.[4] Im Regelfall wird – zumindest bei stärker aggregierten Daten – dieses Verhältnis größer oder gleich dem größten Wert sein, für den das Überlagerungstableau eine Überlagerungswahrscheinlichkeit vorgibt. Dann wird v mithilfe des Cell-Keys aus dieser Zeile direkt abgelesen. Ebenso kann v mithilfe des Cell-Keys abgelesen werden, wenn das Verhältnis exakt einem der anderen gegebenen Zeilenwerte entspricht. Für die verbleibenden Fälle, in denen das Verhältnis weder einem der Werte des Überlagerungstableaus entspricht noch größer-gleich dem letzten Wert ist, wird linear interpoliert.[5]

Für das Beispiel von Tabelle 2 enthält ↘ Tabelle 3 die für den Lookup relevanten Informationen und die damit aus Grafik 1 abgelesene stochastische Komponente v. In diesem Beispiel soll der jeweils größte Einzelbeitrag je Tabellenfeld mit einem – zu Demonstrationszwecken extrem überhöhten – Parameterwert von $\delta = 0{,}75$ geschützt werden.

Tabelle 3
Zu Tabelle 2 gehörige Lookup-Werte und abgelesene stochastische Komponente

	Cell-Key	$x/(\delta \cdot x_{max})$	v
Landwirtschaft	0,84	7,6	1
Forstwirtschaft	0,40	2	– 0,5
Fischerei	0,65	1,33	0,1667
Insgesamt	0,89	8,29	1,5

Für die Zeile „Landwirtschaft“ ergibt sich damit zum Beispiel ein Lookup-Wert von $1\,140/(0{,}75 \cdot 200) = 7{,}6$. Der Wert ist größer als 2, der größte Wert des Überlagerungstableaus; es wird also in dessen obersten Zeile abgelesen. An der Stelle 0,84 ergibt sich dort ein Wert von $v = 1$. Analog dazu können für die Zeile „Forstwirtschaft“ ($x = 3$ und Cell-Key 0,40) und das Insgesamt ($x = 1\,243$ und Cell-Key 0,89) die Werte für v direkt abgelesen werden (–0,5 und 1,5 respektive). Für die Fischerei beträgt das Verhältnis 1,33, sodass mittels der benachbarten Zeilen des Überlagerungstableaus linear interpoliert werden muss.[6]

Mit den abgelesenen Werten erfolgt anschließend die Ermittlung des Überlagerungswerts sowie der überlagerten Wertsumme nach den Formeln (2) und (3). Für die Landwirtschaft ergibt sich etwa ein Überlagerungswert von $0{,}75 \cdot 200 \cdot 1 = 150$ und eine zu veröffentlichende

4 Bei der Fallzahlüberlagerung nach Formel (1) entspricht die stochastische Komponente direkt dem Überlagerungswert. Sie wird in Abhängigkeit von der Originalfallzahl nachgeschaut. Anhand der Designvorgaben für das Überlagerungstableau können so keine negativen Fallzahlen nach Geheimhaltung resultieren. Um bei der Wertsummenüberlagerung einen solchen Vorzeichenwechsel zu vermeiden, darf v nicht kleiner als $-x/(\delta \cdot x_{max})$ werden. Daher ist auf dieses Verhältnis abzustellen.

5 Dazu werden mithilfe des Cell-Keys für die beiden Werte unterhalb (u) und oberhalb (o) die Komponenten v_u und v_o ermittelt. Die Komponente v ergibt sich dann zu $v = v_u + \left(\frac{x}{f(\delta \cdot x_{max})} - u\right) \cdot \frac{(v_o - v_u)}{(o-u)}$.

6 Gegeben $u = 1$ (mit $v_u = 0$) und $o = 2$ (mit $v_o = 0{,}5$) ergibt sich hier $v = 0 + (1{,}33 - 1) \cdot \frac{(0{,}5-0)}{(2-1)} = 0{,}1667$.

überlagerte Beschäftigtenzahl von 1 140 + 150 = 1 290. ↘ Tabelle 4

Tabelle 4
Originalwertsumme der Beschäftigten, Überlagerungsterm und überlagerte Wertsumme nach Wirtschaftszweigen

	Beschäftigtenzahl		
	x	$\delta \cdot x_{max} \cdot v$	x'
Landwirtschaft	1 140	+ 150	1 290
Forstwirtschaft	3	– 0,75	2,25
Fischerei	100	+ 12,5	112,5
Insgesamt	1 243	+ 225	1 468

2.3 Stärke der Überlagerung

Der Parameter δ in Formel (3) wird in Testrechnungen anhand einer Rahmenfestlegung des Fachbereichs ermittelt. Die Rahmenfestlegung definiert dabei eine Toleranz dafür, wie nah eine Schätzung eines Werts x_{max} am Originalwert von x_{max} liegen darf, ohne dass dadurch aus Sicht des Fachbereichs dieser Originalwert als aufgedeckt gilt. Es handelt sich dabei – in etwa – um die gewünschte mittlere relative Abweichung bezüglich der größten Einzelbeiträge. So kann anhand einer entsprechenden Wahl des Parameters ein mittlerer Fehler von zum Beispiel 5 % von x_{max} bezogen auf x erreicht werden. Da δ festlegt, wie stark die Varianz des Überlagerungsterms mit den größten Einzelbeiträgen skaliert, wird der Parameter auch Varianzmultiplikator genannt.

Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Wertsummenüberlagerung sind dabei normiert und so gestaltet, dass die stochastische Komponente v einen Erwartungswert von 0 und eine Varianz von 1 aufweist. Die erwartete mittlere relative Änderung beträgt dann $\delta \cdot (x_{max}/x)$. Maximal sind betragsmäßige Veränderungen in Höhe von $\delta \cdot x_{max} \cdot D$ möglich, wobei D die Maximalabweichung des verwendeten Überlagerungstableaus bezeichnet (in Grafik 1 beispielsweise $D = 2$).

Weil sich die Überlagerung nach Formel (3) auf Wertsummen, bei denen x_{max} eher kleine Werte annimmt (beispielsweise unter 10), kaum noch auswirkt – und damit auch kaum mehr schützt, selbst wenn die Wertsumme nur aus dem einen Beitrag besteht –, wird auch im Fall der Wertsummenüberlagerung unterhalb eines Schwellenwerts für x_{max} wie bei Fallzahlen überlagert, das heißt nach Formel (1). Die zufällige („stochastische“) Komponente v wird in diesem Fall so gebildet, dass sie eine für Fallzahlüberlagerung übliche Varianz (größer als 1) aufweist.

Unter dem Gesichtspunkt des Informationsverlustes sollten Parameterwerte für δ idealerweise so gewählt werden, dass für Tabellenfelder mit mittelgroßem Anteil x_{max}/x, bei denen kein primärer Schutzbedarf besteht, der relative Änderungsbetrag moderat ist. Allerdings können bei sehr klein gewähltem Parameterwert für δ in Tabellenfeldern mit hohem Anteil x_{max}/x, bei gleichzeitig kleinem x_{max} die Veränderungen häufig sehr klein sein. Darunter kann die Schutzwirkung leiden.

Die Implementierung des Verfahrens ermöglicht daher mehrere Optionen für die Ausgestaltung des Parameters δ, bei dem es sich um

i. eine einfache Konstante mit $0 < \delta < 1$ oder
ii. den Wert einer in der Literatur (Giessing/Tent, 2019) als Flex-Funktion bezeichneten Funktion $m(\cdot)$ an der Stelle x_{max}

handeln kann.

Die Herangehensweise zur Festlegung des Parameters δ beziehungsweise zur Bestimmung des Schwellenwerts, unterhalb dessen die Fallzahlüberlagerungsmethode eingesetzt wird, wird in Abschnitt 3.2 beschrieben.

2.4 Verfahrensvarianten für Summen und Mittelwerte

Das unter 2.1 beschriebene Verfahren stellt zunächst auf die Veröffentlichung von Summen von Wertmerkmalen ab. In einigen Statistiken sind Mittelwerte von Wertmerkmalen jedoch wichtiger. Zudem ist zu fragen, ob die zu den Summen beziehungsweise Mittelwerten gehörigen Fallzahlen (Anzahlen von Merkmalsträgern) ebenfalls Teil des Veröffentlichungsprogramms sind und ob diese wiederum der statistischen Geheimhaltung unterliegen. Im Fall, dass die Anzahl der Merkmalsträger im Original veröffentlicht werden kann, ergibt sich der Mittelwert schlicht als $\bar{x}' = x'/n$, wobei x' die nach Gleichung (2) überlagerte Wertsumme und n die unveränderte Fallzahl der zu ihr beitragenden Merkmalsträger bezeichnet. Häufig unterliegt jedoch auch n der Geheimhaltung. Der Mittelwert wird dann berechnet als $\bar{x}' = x'/n'$, wobei n' für das Ergebnis einer stochastischen Überlagerung von n

steht. Dabei kommt die gewöhnliche Fallzahl-Überlagerung zur Anwendung, wie beschrieben in Enderle und Vollmar (2019).

Die Überlagerung von Wertsummen und Fallzahlen funktioniert jeweils leicht anders (wie oben beschrieben); es kann daher dazu kommen, dass bei einer sehr kleinen Fallzahl n die überlagerte Version n' zu null verändert wird, während x' nach Überlagerung eine positive Wertsumme ausweist, das heißt eine Merkmalssumme, zu der (scheinbar) keine Merkmalsträger gehören. Dem lässt sich abhelfen, indem die überlagerte Wertsumme bei der Berechnung immer dann auf null gesetzt wird, wenn auch die entsprechende Fallzahl zu null wird. Formell:

$$(4)\ x'_{SbM} = \begin{cases} x' & \text{wenn } n' > 0 \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

Diese Variante erhält die Genauigkeit der überlagerten Summe bestmöglich, während die Konsistenz zwischen veröffentlichten Fallzahlen und Wertsummen sichergestellt wird. Wird aus der so überlagerten Wertsumme jedoch ein Mittelwert gebildet, fällt dieser bei einer kleinen Anzahl Beitragender tendenziell etwas ungenauer aus, da mit x' und n' nun zwei Zufallsüberlagerungen im Spiel sind, die auch nicht notwendig in dieselbe Richtung wirken.

$$\bar{x}'_{SbM} = \frac{x'_{SbM}}{n'} = \begin{cases} \frac{x'}{n'} & \text{wenn } n' > 0 \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

Die Variante bevorzugt also die Genauigkeit der Summe gegenüber der des Mittelwerts und wird deshalb auch als Sum-before-Mean (SbM) bezeichnet.

Alternativ ist auch die folgende Berechnungsvorschrift möglich:

$$(5)\ x'_{MbS} = x' \cdot \frac{n'}{n}$$

Indem das Ergebnis von Gleichung (2) mit dem Verhältnis n'/n multipliziert wird, unterliegt nun bereits die Summe selbst zwei Zufallseinflüssen. Bei der Bildung des Mittelwerts kürzt sich dafür aber n' heraus, sodass dieser dieselbe Genauigkeit aufweist, als wenn die Fallzahl keiner Geheimhaltung unterläge.

$$\bar{x}'_{MbS} = \frac{x'_{MbS}}{n'} = \frac{x'}{n}$$

Diese zweite Variante bevorzugt also die Genauigkeit des Mittelwerts gegenüber der der Summe und wird deshalb auch als Mean-before-Sum (MbS) bezeichnet.

↘ Beispiel 2
(Fortsetzung von Beispiel 1a – „seltener" Fall 2)

Die Summe x der Beschäftigten in einem Tabellenfeld zu 10 landwirtschaftlichen Betrieben beträgt 1 140. Der größte Betrieb hat x_{max} = 200 Beschäftigte. Der Parameter δ wurde auf 0,05 festgelegt.

Die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe wird im Zuge der Fallzahlüberlagerung mit einem Wert von v_{FZ} = + 2 überlagert – die überlagerte Fallzahl beträgt n' = 10 + 2 = 12. Als Originalmittelwert ergibt sich

$$\bar{x} = \frac{1\,140}{10} = 114{,}0\,.$$

Bei der Sum-before-Mean-Variante ergibt sich eine überlagerte Wertsumme von

$$x'_{SbM} = x' = 1\,140 - 0{,}05 \cdot 200 \cdot 5 = 1\,090.$$

Abstand zum Originalwert: |1 090 – 1 140|= 50.

Bei der Mean-before-Sum-Variante ergibt sich eine überlagerte Wertsumme von

$$x'_{MbS} = x' \cdot \frac{n'}{n} = 1\,090 \cdot \frac{12}{10} = 1\,308.$$

Abstand zum Originalwert: |1 308 – 1 140|= 168.

Mittelwert der Sum-before-Mean-Variante:

$$\bar{x}'_{SbM} = \frac{x'_{SbM}}{n'} = \frac{1\,090}{12} = 90{,}8.$$

Abstand zum Originalmittelwert: |90,8 – 114|= 23,2.

Mittelwert der Mean-before-Sum-Variante:

$$\bar{x}'_{MbS} = \frac{x'_{MbS}}{n'} = \frac{1\,308}{12} = 109.$$

Abstand zum Originalmittelwert: |109 – 114|= 5.

Leider ist es nicht möglich, beide Varianten innerhalb einer Statistik zu verwenden, also Summen nach SbM, Mittelwerte nach MbS zu überlagern, um jeweils die bestmögliche Genauigkeit zu erzielen. Denn dann ließe sich die Überlagerung der Fallzahlen leicht rückgängig machen.[7] Für Statistiken, in denen die stochastische

7 Formell: Sei $\bar{x}'_{MbS}$ der Mittelwert gebildet aus x'_{MbS}/n'. Dann ergibt sich aus Formel (5): $\bar{x}'_{MbS} = \frac{x'}{n}$. Für $n' > 0$ gilt nach Formel (4), dass $x'_{SbM} = x'$ und folglich $x'_{SbM}/\bar{x}'_{MbS} = n$.

Überlagerung für Wertmerkmale angewendet werden soll, ist daher zunächst festzustellen, ob die Anzahlen von Merkmalsträgern zu den Wertsummen ebenfalls der statistischen Geheimhaltung unterliegen. Ist dies der Fall, ist eine Entscheidung auf Sum-before-Mean oder Mean-before-Sum für die Statistik als Ganzes zu treffen, je nachdem, ob die Genauigkeit von Summen oder die von Mittelwerten Priorität hat. Die Entscheidung ist vor allem für die Ergebnisse in dünn besetzten Tabellen von Bedeutung; für eine mittlere bis große Anzahl Beitragender verliert sich der Unterschied zwischen den Varianten.

2.5 Kombination mit Primärsperrung

Bei entsprechender Parametrisierung (siehe Abschnitt 3.2) kann die Wertsummenüberlagerung sowohl primäre als auch sekundäre Geheimhaltung gewährleisten. Es kann jedoch auch wünschenswert sein, für schwach besetzte Tabellenfelder (etwa solche, zu denen nur 1 oder 2 Merkmalsträger beitragen) keine Werte auszuweisen, auch keine veränderten. Insbesondere kann dies wünschenswert sein, wenn die Anzahl der Merkmalsträger im Tabellenfeld als bekannt vorausgesetzt werden kann und die betreffenden Merkmalsträger einfach zu identifizieren sind (zum Beispiel ein Kreiskrankenhaus). In diesem Fall lässt sich die Wertsummenüberlagerung mit einer einfachen Sperrregel kombinieren, bei der entsprechend schwach besetzte Felder statt mit einem Wert mit einem wertersetzenden Sperrkennzeichen ausgewiesen werden. Eine Notwendigkeit zur sogenannten Sekundärsperrung weiterer Felder entsteht dabei nicht: Ein Versuch, das gesperrte Feld durch Differenzbildung mit dem Randwert aufzudecken, ist durch die separate Überlagerung des Randfelds und der übrigen Innenfelder bereits mit ausreichender Unsicherheit behaftet. Die Wertsummenüberlagerung eignet sich daher auch in Kombination mit einer primären Zellsperrung für die flexible Auswertung.

3

Eigenschaften und Festlegung der Parameter

3.1 Vergleich der stochastischen Überlagerung von Fallzahlen und Wertsummen

Die Wertsummenüberlagerung erbt die wesentlichen Eigenschaften der Fallzahlüberlagerung (siehe Enderle/Vollmar, 2019, Abschnitt 4.2, sowie Setzer und andere, 2024, Abschnitt 4.1):

(1) Unverzerrtheit:
Die stochastische Komponente im Überlagerungsterm $\delta \cdot x_{max} \cdot v$ hat einen Erwartungswert von $E(v) = 0$. Folglich gilt auch für den ganzen Überlagerungsterm, dass er keine systematischen Verzerrungen nach oben oder unten erzeugt: $E(\delta \cdot x_{max} \cdot v \mid x_{max}) = \delta \cdot x_{max} \cdot E(v) = 0$.

(2) Kein Vorzeichenwechsel:
Eine positive Originalwertsumme wird nie zu einer negativen überlagerten Wertsumme: $x > 0 \Rightarrow x' \geq 0$.

(3) Bleibewahrscheinlichkeit:
Für einen bestimmten Bereich des Überlagerungstableaus ergibt sich eine stochastische Komponente von $v = 0$. In diesem Fall ergibt sich auch für den ganzen Überlagerungsterm $\delta \cdot x_{max} \cdot v = 0$ und folglich $x' = x$. Diese sogenannte Bleibewahrscheinlichkeit trägt zum Genauigkeitserhalt bei. Der Schutzeffekt resultiert aus der Unsicherheit Außenstehender darüber, welche Feldwerte verändert wurden.

Es ergeben sich für die Wertsummenüberlagerung jedoch auch einige Besonderheiten:

(4) Maximalabweichung / relativer Fehler der Überlagerung:
Bei der Fallzahlüberlagerung ist die größtmögliche Abweichung eines überlagerten Wertes vom Originalwert für alle Felder identisch. Bei der Wertsummenüberlagerung hingegen beträgt sie, wie in Abschnitt 2.2 hergeleitet, $\delta \cdot x_{max} \cdot D$, hängt also

von den größten Einzelbeiträgen ab. Die maximale relative Abweichung der Überlagerung beträgt $\delta \cdot D \cdot x_{max}/x$, hängt also vom Anteil der größten Einzelbeiträge am Tabellenfeld ab. Die größte relative Abweichung ist demnach möglich in dem besonders schutzbedürftigen Fall, dass ein Ergebnis nur einen einzigen Beitrag hat ($x_{max}/x = 1$). Ist dies gegeben, kann die Überlagerung im seltenen Fall ihr theoretisches Maximum in Höhe eines Anteils von $\delta \cdot D$ erreichen.

(5) Relative Varianz:
Bei der Fallzahlüberlagerung ist die Varianz der Überlagerungswerte unabhängig vom Feldwert. Wie in Abschnitt 2.1 begründet, bedingt hingegen die Wertsummenüberlagerung eine datenabhängige Skalierung der Varianz des Überlagerungsterms. Die Varianz der stochastischen Komponente ist, wie in Abschnitt 2.3 beschrieben, normiert auf $Var(v) = 1$. Die Varianz des vollständigen Überlagerungsterms ergibt sich somit als $Var(\delta \cdot x_{max} \cdot v) = \delta^2 \cdot {x_{max}}^2$.

(6) Reellwertige Ergebnisse:
Bei der Fallzahlüberlagerung ist das Ergebnis stets wieder eine ganze Zahl. Die Wertsummenüberlagerung kann hingegen auch mit reellwertigen Inputs umgehen und reellwertigen Output erzeugen.

Da bei logisch identischen Tabellenfeldern sowohl der sich ergebende Cell-Key als auch die größten Einzelbeiträge jeweils identisch sind, werden diese stets gleich überlagert. Überlagerte Ergebnisse sind daher tabellenübergreifend konsistent. Indem Randwerte und Innenwerte von Tabellen jeweils unabhängig überlagert werden, ist Additivität nicht mehr zwangsläufig gegeben. Das Verfahren ist parametrisierbar, lässt sich also so einstellen, dass für ein vorgegebenes Schutzniveau die Genauigkeit der überlagerten Ergebnisse bestmöglich erhalten bleibt. Da das Schutzkonzept bei Wertmerkmalen jedoch auf das relative Ausmaß der Überlagerung abstellt, sind die zu setzenden Parameter hier nicht mehr die Maximalabweichung, Varianz und Bleibewahrscheinlichkeiten – wie bei der Fallzahlüberlagerung –, sondern der Varianzmultiplikator, der eine entsprechende Abwägung zwischen Schutzwirkung und Informationsverlust realisiert.

3.2 Parameter der Wertsummenüberlagerung

Einheitlicher Parameter mit einer Konstanten – Fall i

Im einfachsten Fall definiert eine Konstante σ_0 den Parameter

$$\delta := \sigma_0.$$

Für die überlagerte Wertsumme aus Formel (1) ergibt sich dann

$$x' = x + \sigma_0 \cdot x_{max} \cdot v,$$

wobei das Produkt $\sigma_0 \cdot v$ den jeweiligen Anteil von x_{max} darstellt, der als Überlagerung zum Originalwert x addiert wird. x wird um den entsprechenden Anteil erhöht (wenn $v > 0$), verringert (wenn $v < 0$) oder bleibt gleich (wenn $v = 0$).

Zwei Parameter mit Flex-Funktion – Fall ii

Die Flex-Funktion (Giessing/Tent, 2019) wurde eingeführt, um eine möglichst große Bandbreite von Anwendungskonstellationen verschiedener Statistiken effizient und mittels einiger weniger Parameter bedienen zu können. Das ist sinnvoll, da manche Statistiken Aggregate zu sehr unterschiedlich verteilten Merkmalen veröffentlichen: Merkmale, die sehr große Werte annehmen (zum Beispiel Einnahmen oder Kosten von Einrichtungen), aber auch Merkmale mit eher kleinen Ausprägungen (beispielsweise Personal in Einrichtungen), die gegebenenfalls auch sehr schutzbedürftig sind (etwa Personal mit bestimmten, seltenen Qualifikationen nach Gehaltsstufe).

Daher wird für kleine Absolutwerte von x_{max} unterhalb eines statistikspezifisch festzulegenden Schwellenwertes z_f („Flexpunkt“) ein weiterer Parameter σ_1 eingeführt, wobei gilt $\sigma_1 > \sigma_0$.

Auf diese Weise wird vermieden, dass der Überlagerungsterm $\sigma_1 \cdot x_{max} \cdot v$ im Fall i für kleine Werte von x_{max} zu klein wird, um noch Schutzwirkung zu erreichen. Gleichzeitig kann σ_0 bei differenzierter Betrachtung so klein gewählt werden, dass mittlere relative Änderungsbeträge mit einem geringen Informationsverlust einhergehen. Es wird also für kleinere Werte von x_{max} ein etwas größerer Varianzmultiplikator verwendet als für mittlere und große Werte.

Die Flex-Funktion $m(x_{max}; \dots)$ und ihre weiteren Parameter sorgen für einen glatten, gleichmäßigen Übergang zwischen σ_1 und σ_0. Für den Parametrisierungswert im Fall ii gilt zusammengefasst:

$$\delta := \begin{cases} \sigma_1, & x_{max} < z_f \\ m(x_{max};\ \sigma_1, \sigma_0, z_f, \dots), & \text{sonst} \end{cases}.$$

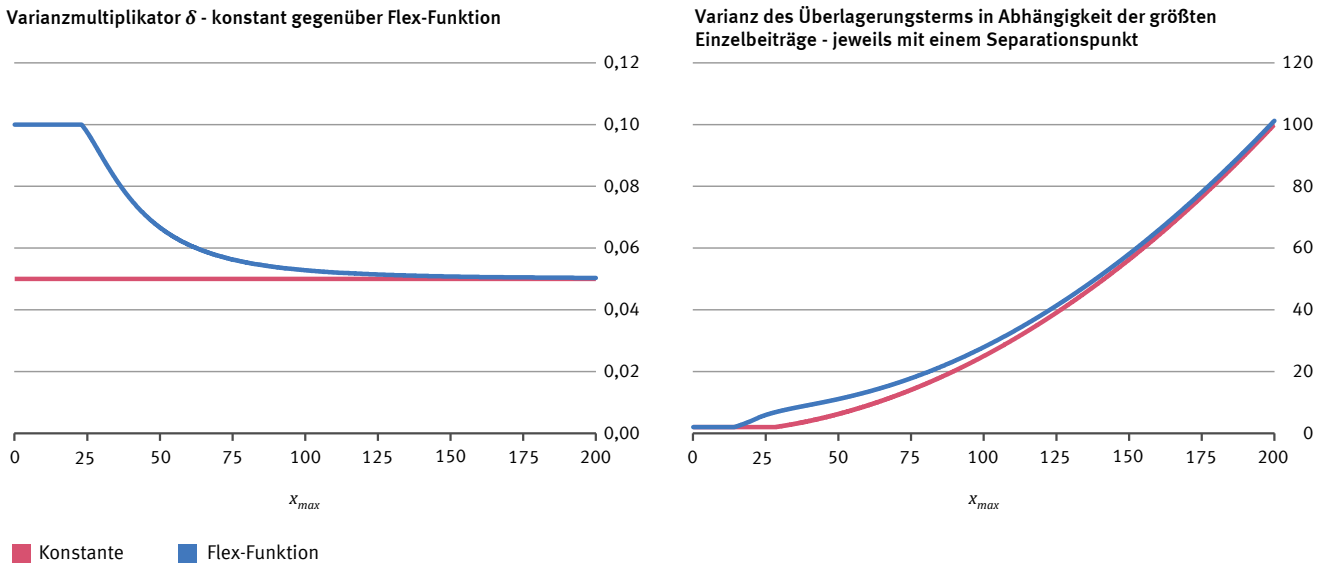
Für die genaue Ausformulierung der Flex-Funktion sei auf Giessing und Tent (2019), Formel (2.2) verwiesen. Der linke Teil von Grafik 2 zeigt einen idealtypischen Verlauf (blaue Kurve) in Abhängigkeit von x_{max}, beispielhaft für die Parameter $\sigma_0 = 0{,}05$, $\sigma_1 = 0{,}1$ und $z_f = 23$. Für größte Einzelbeiträge bis zur Höhe 23 findet demnach der Varianzmultiplikator 0,1 Anwendung; jenseits davon erfolgt graduell der Übergang auf den niedrigeren Parameterwert. Der rechte Teil von Grafik 2 veranschaulicht die Auswirkung auf die Varianz des Überlagerungsterms. Für eher kleine Werte von x_{max} erfolgt eine tendenziell stärkere Überlagerung als bei der Parametrisierung mit einem konstanten Parameter. Ab dem Flexpunkt verringert sich der Unterschied und für größere Werte von x_{max} besteht kein Unterschied mehr. ↘ Grafik 2

↘ Festlegung der Parameter σ_0 beziehungsweise σ_1

Zunächst muss entschieden werden, ab wann eine Überlagerung den Einzelwert nicht ausreichend schützt. Dazu ist der Extremfall zu betrachten, wenn eine Wertsumme nur aus der Summe der zu schützenden Einzelwerte x_{max} besteht ($x = x_{max}$) und von primärem Schutzbedarf auszugehen ist. Wie klein muss also für nicht ausreichenden Schutz der relative Abstand d zwischen Original- und überlagertem Wert sein? Ist der Schutz nicht ausreichend, wenn der überlagerte Wert innerhalb von $\pm\, d = 5\,\%$ um den Originalwert liegt? Oder ist es bereits innerhalb von $\pm\, d = 10\,\%$ der Fall?

Anschließend ist das anzusetzende Sicherheitsniveau α festzulegen. Die Zufallskomponente v folgt einer festgelegten Wahrscheinlichkeitsverteilung und kann Werte zwischen $-D$ und $+D$ annehmen. Mit dem Sicherheitsniveau wird in höchstens $\alpha\,\%$ der Fälle mit primärem Geheimhaltungsbedarf ein Überlagerungsbetrag von unter $d\,\%$ des Originalwertes akzeptiert. Fachstatistikerinnen und Fachstatistiker, die die Wertsummenüberlagerung einsetzen wollen, sollten sich überlegen, mit welchem relativen Abstand d ein Wert als „zu nah“ am Original gelten kann und welches Sicherheitsniveau akzeptabel ist. Aufgrund dieser Angaben lassen sich, ausgehend von einer bestimmten Wahrscheinlichkeitsverteilung für v, sinnvolle Werte für σ_0 und σ_1 ableiten.

Grafik 2
Beispielhafter Verlauf für den Varianzmultiplikator mit Flex-Funktion im Vergleich zu einer Konstanten sowie zugehörige Verläufe der Varianz des Überlagerungsterms



Wie in Abschnitt 2.3 angemerkt, sollte auch im Fall der Wertsummenüberlagerung für x_{max} unterhalb eines Schwellenwerts z_s („Separationspunkt“) wie bei Fallzahlen überlagert werden, das heißt nach Formel (1) mit einer von x_{max} unabhängigen Varianz σ_{FZ}^2.

Für einen glatten Übergang wird für die Überlagerungsvarianz am Separationspunkt $\sigma_{z_s}^2 = \delta^2 z_s^2$ verlangt, dass sie mit der gegebenen Fallzahl-Überlagerungsvarianz σ_{FZ}^2 unterhalb des Separationspunkts übereinstimmt, also $\delta^2 z_s^2 = \sigma_{FZ}^2$. Für den Separationspunkt gilt somit

$$z_s := \sqrt{\sigma_{FZ}^2 / \delta^2} = \frac{\sigma_{FZ}}{\delta} = \begin{cases} \frac{\sigma_{FZ}}{\sigma_0}, \text{ Fall i mit Konstante} \\ \frac{\sigma_{FZ}}{\sigma_1}, \text{ Fall ii mit Flex-Funktion} \end{cases},$$

wobei für den Anwendungsfall ii zusätzlich gilt: $z_s < z_f$. Im rechten Teil der Grafik 2 sind beispielhaft Separationspunkte für $\sigma_{Fz} = \sqrt{2}$ angesetzt.

↘ FF-Lookup-Beispiel mit Separationspunkt

Angenommen, es gilt für das Beispiel in den Tabellen 1 bis 4, dass $z_s = 14$. Da für den größten Einzelbeitrag der Zeile „Forstwirtschaft“ dann gelten würde: $x_{max} = 2 < z_s = 14$, wird die Beschäftigtenzahl $x = 3$ nach der Fallzahlüberlagerungsmethodik geheim gehalten.

4

Praktische Anwendung der Wertsummenüberlagerung

Die Wertsummenüberlagerung fand bei der Geheimhaltung von Wertmerkmalen des Zensus 2022 (zum Beispiel Miete) Anwendung (siehe auch Enderle/Kleber, 2024, hier: Abschnitt 3.3). Zudem wurde das Verfahren in der Personalstatistik der außeruniversitären, öffentlichen und öffentlich geförderten Einrichtungen für Forschung und Entwicklung implementiert.[8]

Zur Automatisierung und einheitlichen Durchführung der Geheimhaltung mit der stochastischen Überlagerung nach der Cell-Key-Methode – sowohl Fallzahlüberlagerung als auch Wertsummenüberlagerung – hat das Statistische Bundesamt im Rahmen des Zensus ein flexibles und generisches Geheimhaltungswerkzeug, die Fachanwendung CKM-Geheimhaltung, entwickelt. Die Verwendung und Anbindung der modularen Fachanwendung an bestehende Werkzeuge der amtlichen Statistik (Analyse- und Auswertungswerkzeuge, Datenbanken und landeseigene Informationssysteme) ermöglichen eine harmonisierte Geheimhaltung und konsistente Veröffentlichung einschließlich Qualitätskennzeichnungen (Klammerungen und Sperrungen)[9]. Das Geheimhaltungswerkzeug wird in den Statistischen Ämtern des Bundes und der Länder bereits für diverse Veröffentlichungsprodukte eingesetzt und stetig erweitert.

Die Fachanwendung ermöglicht es zudem, sowohl weitere Kennzahlen auf Grundlage der Wertsummenüberlagerung (zum Beispiel Anteile oder Änderungsraten von Wertsummen) als auch andere Kennzahlen stetiger Merkmale (zum Beispiel Quantile) geheim zu halten.

5

Fazit und Ausblick

Die Erweiterung der Cell-Key-Methode auf Wertetabellen schließt eine methodische Lücke in der statistischen Geheimhaltung. Es wird dadurch möglich, Wertmerkmale prinzipiell ebenso flexibel zu geheim gehaltenen Tabellen zu aggregieren wie Häufigkeiten. Anwenderinnen und Anwender, die in ihren Statistiken vor allem Fallzahlen, jedoch auch einige metrische Merkmale auswerten (wie etwa beim Zensus 2022), erhalten durch die Wertsummenüberlagerung erst die Möglichkeit, beide Arten von Auswertungsmerkmalen ohne Methodenbruch zu bedienen. Mit Varianten für Mittelwerte und Summen lässt sich das Verfahren an die Bedürfnisse verschiedener Statistiken anpassen, ebenso durch die Möglichkeit, die Stärke der Überlagerung mit Parametern zu steuern.

Neben diesen Vorteilen bringt die Methode – wie jedes Geheimhaltungsverfahren – auch Herausforderungen mit sich. So sind die Genauigkeitsverluste bei kleinteiligeren Auswertungen für Nutzende weniger gut abschätz-

8 Dazu soll ein weiterer Beitrag in einer der nächsten Ausgaben dieser Zeitschrift informieren.

9 Kennzahlen, die aufgrund der möglichen – und nicht tatsächlichen – Überlagerung eine hohe Ungenauigkeit aufweisen können, werden geklammert dargestellt oder gesperrt. Übersteigt beispielsweise der aufgrund einer möglichen Überlagerung statistisch zu erwartende relative Fehler des Mittelwertes 15 %, so wird das Ergebnis geklammert.

bar als bei der Überlagerung von Fallzahlen. Ferner birgt die Methode kommunikative und technische Herausforderungen, die im Wesentlichen denen der Fallzahlüberlagerung entsprechen: Um eine möglichst hohe Genauigkeit der Ergebnisse zu erreichen, muss in Kauf genommen werden, dass Tabellen in der Regel nicht mehr additiv sind. Außerdem ist der Produktionsprozess anzupassen, um etwa die Bildung von Cell-Keys sowie der größten Einzelbeiträge zu ermöglichen. Einen Überblick über Chancen und Herausforderungen am Beispiel einer konkreten Fachstatistik soll ein weiterer Artikel in einer der nächsten Ausgaben dieser Zeitschrift geben.

LITERATURVERZEICHNIS

Enderle, Tobias/Kleber, Birgit. *Geheimhaltung mit der Cell-Key-Methode im Zensus 2022*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 6/2024, Seite 82 ff.

Enderle, Tobias/Vollmar, Meike. *Geheimhaltung in der Hochschulstatistik*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 6/2019, Seite 87 ff.

Giessing, Sarah/Tent, Reinhard. *Concepts for generalising tools implementing the cell key method to the case of continuous variables*. Joint UNECE/Eurostat Work Session on Statistical Data Confidentiality. Den Haag 2019.

Rohde, Johannes/Seifert, Christiane/Gießing, Sarah. *Entscheidungskriterien für die Auswahl eines Geheimhaltungsverfahrens*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 3/2018, Seite 90 ff.

Setzer, Stefanie/Rohde, Johannes/Güttgemanns, Volker/Rothe, Patrick. *Die Cell-Key-Methode in den Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder – Teil 1: Vorstellung des neuen Geheimhaltungsverfahrens*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 3/2024, Seite 31 ff.

Florian Hennig

ist Geograph (M. Sc.) und arbeitet im Referat „Gebäude und Wohnungen“ der Gruppe „Registerbasierter Datenbestand des Zensus“ des Statistischen Bundesamtes. Zunächst lag sein Arbeitsschwerpunkt auf der Weiterentwicklung des Anschriftenregisters; mittlerweile ist er im Einrichtungsregister tätig.

Maren Köhlmann

ist Volkswirtin und Soziologin. Ihr thematischer Schwerpunkt im Referat „Erforschung neuer digitaler Daten“ des Statistischen Bundesamtes liegt im Bereich Fernerkundungsdaten, in welchem sie in verschiedenen nationalen sowie internationalen Forschungsprojekten arbeitet.

Julius Weißmann

ist Data Scientist und arbeitet im Referat „Künstliche Intelligenz, Big Data“ des Statistischen Bundesamtes. Er befasst sich mit dem Einsatz von Maschinellem Lernen in der amtlichen Statistik sowie der Automatisierung von Statistik und Nichtstatistikprozessen.

Marianne Schepers

ist Diplom-Geographin sowie M. A. Theaterwissenschaft/Mathematik und im Referat „Methoden und Kommunikation in der Preisstatistik“ des Statistischen Bundesamtes tätig. Bis April 2025 war sie im Referat „Konjunktur des Baugewerbes“ für den Bereich Weiterentwicklung der Bautätigkeitsstatistik zuständig.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns ganz herzlich bei Dorothee Stiller (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) für die hervorragende Zusammenarbeit und ihr Engagement während des gesamten Projektverlaufs bedanken. Ihr Fachwissen, ihre Kreativität und ihre stetige Unterstützung haben maßgeblich zum Erfolg des Projekts beigetragen.

ERFORSCHUNG VON SATELLITEN- UND WEITEREN FERNERKUNDUNGSDATEN ZUR ERMITTLUNG VON GEBÄUDEANGABEN

Florian Hennig, Maren Köhlmann, Julius Weißmann, Marianne Schepers

↘ **Schlüsselwörter:** Gebäude- und Wohnungsregister – Bilderkennung – Maschinelles Sehen – Bautätigkeitsstatistik – Convolutional Neural Network

ZUSAMMENFASSUNG

Das Statistische Bundesamt hat gemeinsam mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie das Forschungsprojekt „Satelliten- und andere Fernerkundungsdaten für das Gebäude- und Wohnungsregister“ (Sat4GWR) durchgeführt. Darin untersuchten sie den Einsatz von Fernerkundungsdaten und Methoden des Maschinellen Lernens zur automatisierten Erfassung und Analyse von Gebäudedaten. Ziel war, Machine-Learning-Modelle zu trainieren und zu evaluieren, um statistische Anwendungen wie die Ermittlung der Anzahl von Gebäuden und die automatisierte Aufbereitung spezifischer Merkmale zu unterstützen. Im Mittelpunkt standen dabei Verfahren der semantischen Segmentierung und der Instanzsegmentierung, die es ermöglichen, Gebäude auf Pixelebene präzise zu identifizieren und zu differenzieren.

↘ ***Keywords:*** *register of buildings and dwellings – image recognition – machine vision – statistics on building activity – convolutional neural network*

ABSTRACT

In cooperation with the German Aerospace Center and the Federal Agency for Cartography and Geodesy, the Federal Statistical Office has conducted the Sat4GWR project to research satellite data and other remote sensing data for the register of buildings and dwellings. The project explored the use of remote sensing data and machine learning methods for the automated collection and analysis of data on buildings. The goal was to train and evaluate machine learning models that support statistical applications, including the determination of the number of buildings and the automated processing of specific variables.

1

Einleitung

Informationen der amtlichen Statistik zum Gebäudebestand in Deutschland sind unter anderem in Bezug auf Wohnungs- und Energiebedarf sowie für die Raumordnung und Verkehrsplanung von großer Bedeutung für Entscheidungen in Politik, Verwaltung und Wirtschaft. In Deutschland existiert kein übergreifendes, aktuelles und qualitätsgesichertes Register zu allen Gebäuden. Daher sind die Daten der im Zuge des Zensus durchgeführten zehnjährlichen Gebäude- und Wohnungszählung sowie die Informationen aus der Bautätigkeitsstatistik von hoher Relevanz. Neben den nationalen Veröffentlichungen werden die Informationen zu Gebäuden und Wohnungen auf europäischer Ebene veröffentlicht und perspektivisch ebenso für die künftigen europäischen Konjunkturstatistiken zu Baufertigstellungen und Baubeginnen[1] genutzt. Dem großen Bedarf an Angaben zu Gebäuden und Wohnungen steht ein hoher Aufwand für das Erheben und Aufbereiten von Verwaltungs- und Statistikdaten gegenüber. Insbesondere für ein potenzielles künftiges Gebäude- und Wohnungsregister wären hohe Aufwände nötig, um es dauerhaft gepflegt und qualitätsgesichert zu betreiben. Eine Möglichkeit zur weitgehend automatisierten Qualitätssicherung eines Gebäude- und Wohnungsregisters in Bezug auf Vollzähligkeit sowie zur Ableitung von bestimmten Gebäudeangaben ist, Satelliten- und andere Fernerkundungsdaten zu nutzen. Die in solchen Daten enthaltenen Informationen zu Gebäuden können potenziell in der Statistik genutzt werden.

Ein zwischen dem Bundesministerium des Innern und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt abgeschlossener Rahmenvertrag (IF-Bund – Innovative Fernerkundung für die Bundesverwaltung) ermöglichte das Projekt Satelliten- und andere Fernerkundungsdaten für das Gebäude- und Wohnungsregister (Sat4GWR). Von 2021 bis 2024 haben sich das Statistische Bundesamt, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt und das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie daran beteiligt. Sie untersuchten die Möglichkeiten und Grenzen, die sich aus der Kombination des aktuellen Standes von Fernerkundungsdaten mit den Entwicklungen im Bereich des Maschinellen Lernens ergeben – insbesondere im Hinblick auf ein weitgehend automatisiertes Erkennen und Klassifizieren von Gebäuden, um die Qualität eines noch aufzubauenden Gebäude- und Wohnungsregisters zu sichern. Zusätzlich wurde geprüft, inwiefern auch Gebäudeangaben automatisiert aus Fernerkundungsdaten ermittelt werden können. Die praktische Entwicklungsarbeit leistete dabei das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt in inhaltlich enger Abstimmung mit den verschiedenen Fachbereichen des Statistischen Bundesamtes.

Mittlerweile werden Fernerkundungsdaten in verschiedenen Bereichen der öffentlichen Verwaltung eingesetzt, beispielsweise zum Umweltmonitoring oder im Bereich Bevölkerungsschutz. In der amtlichen Statistik bestehen Nutzungsmöglichkeiten etwa für die Ökosystemrechnungen (Bellingen und andere, 2021) und experimentell für Ernteschätzungen (Reitz, 2024). Zudem liegen die Informationen der Fernerkundung aus dem All oder aus der Luft immer genauer und zeitlich schneller verfügbar vor.

Das Datenangebot hat sich durch die technologische Weiterentwicklung, eine Erhöhung der Anbieterzahl und die Nutzung von Klein- und Kleinstsatelliten stark vergrößert, bei gleichzeitig sinkenden Preisen und einer verbesserten Informationsdichte durch hochauflösende Fernerkundungsdaten. Kapitel 2 informiert über die Grundlagen und aktuelle Entwicklungen der Fernerkundung. Die Nutzung von Fernerkundungsdaten bietet damit Potenziale, kurzfristig und deutschlandweit Daten zu Gebäuden zu generieren. Im Gegensatz zur herkömmlichen Verarbeitung strukturierter Daten erfordert die Auswertung von Fernerkundungsdaten andere Aufbereitungsschritte. In einem vorgelagerten Schritt muss zunächst erkannt werden, welche Bildbereiche überhaupt Informationen zu Gebäuden enthalten. Erst anschließend kann begonnen werden, Informationen zu den Gebäuden zu extrahieren. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei einer Anwendung auf das gesamte Bundesgebiet aufgrund der hohen Datenmenge eine Automatisierung der Klassifikation und Merkmalsextraktion nötig wäre. Verschiedene Methoden zur Extraktion von Gebäudeangaben aus Fernerkundungsdaten erläutert Kapitel 3.

1 Siehe Kommissionsvorschlag zur Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über nichtfinanzielle Statistiken zu Gewerbeimmobilien in Verbindung mit den Empfehlungen des Europäischen Ausschuss für Systemrisiken aus den Jahren 2016 und 2019.

Auf welche Weise die Projektergebnisse für den Zensus sowie die Bautätigkeitsstatistik herangezogen werden können, ist in Kapitel 4 dargestellt. Das abschließende Kapitel 5 bietet neben einem Fazit einen Ausblick auf die Zukunftsperspektiven, die sich für die Nutzung von Fernerkundungsdaten speziell für ein potenzielles Gebäude- und Wohnungsregister sowie für die Bautätigkeitsstatistik ergeben können.

2

Grundlagen der Fernerkundung

Fernerkundungstechniken liefern in kurzen Abständen Aufnahmen von großen Gebieten der Erdoberfläche. In den letzten Jahren hat der technologische Fortschritt die Verfügbarkeit und Analyse von Satelliten- und anderen Fernerkundungsdaten erheblich verbessert. Außerdem ist der Bedarf nach aktuellen Daten in verschiedenen Bereichen gestiegen. Daher testet auch die amtliche Statistik Fernerkundungsdaten auf deren Nutzbarkeit (Arnold/Kleine, 2017).

Die Fernerkundung ist zu einem unverzichtbaren Instrument in verschiedenen Bereichen geworden, dazu zählen die Umwelt- und Landnutzungsüberwachung sowie die Verkehrsplanung, die Landwirtschaft und das Katastrophenmanagement. Für diese Zwecke können die Daten unterschiedlich erfasst werden. Im Allgemeinen sind drei Arten der Fernerkundung zu unterscheiden:

- die weltraumgestützte Fernerkundung, bei der der Sensor an einem im Orbit befindlichen Satelliten angebracht ist,
- die luftgestützte Fernerkundung, bei der sich der Sensor an einem Flugzeug, Luftschiff, einer Drohne oder Ähnlichem befindet, und
- die bodengestützte Fernerkundung, bei der der Sensor an einem Schiff, einem Fahrzeug, einer Messstation oder einer anderen Ausrüstung angebracht ist (Luo und andere, 2019).

Darüber hinaus wird zwischen aktiven Fernerkundungsinstrumenten – diese arbeiten mit einer eigenen Emissions- oder Lichtquelle – und passiven – diese beruhen auf der Aufzeichnung der von der Sonne ausgestrahlten Energie und ihrer Reflexion von der Erdoberfläche – unterschieden (Kogut, 2020). Passive Sensoren liefern detaillierte Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit, sind jedoch auf Licht von außen angewiesen und liefern somit wertvolle Informationen nur bei Tageslicht und wolkenfreiem Himmel. Aktive Sensoren sind technisch aufwendiger und die Datenauswertung ist komplizierter; sie funktionieren jedoch auch bei Nacht und können Rückstreuungswerte durch Wolken hindurch messen. Auf der Grundlage dieser Prinzipien gibt es ein breites Spektrum von Fernerkundungsmodalitäten, das neben optischer, Radar[2]- und LiDAR[3]-Erfassung auch thermische Erfassung ermöglicht. Jede dieser technischen Modalitäten bietet spezifische Möglichkeiten für die Erdbeobachtung.

2.1 Verfügbarkeit

Wie beschrieben ermöglicht die Fernerkundung die Beobachtung und Analyse der Erdoberfläche und der Atmosphäre in verschiedenen räumlichen und zeitlichen Maßstäben. Die räumliche Auflösung – das heißt die Pixelgröße der Bilder – variiert zwischen einigen Zentimetern (sogenanntes digitales Orthophoto) und mehreren Kilometern bei Satellitenbildszenen. Die zeitliche Auflösung hängt von der Wiederkehrrate an einem bestimmten Ort ab und variiert von weniger als einem Tag (Satellitenbilder) bis zu mehreren Jahren (Flugzeugüberflüge für bestimmte Gebiete). Über die zeitliche und räumliche Auflösung von Fernerkundungsdaten für Deutschland informiert ↘ **Übersicht 1**.

Räumlich hochaufgelöste Daten besitzen eine geringere zeitliche Auflösung und sind meist mit deutlich höheren Kosten verbunden. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt sowie das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie haben für das Projekt die für die Modelle genutzten Daten bereitgestellt.

Um Gebäudemerkmale detailliert erfassen zu können, werden unterschiedliche Datenquellen und Methoden benötigt. Fernerkundungsdaten – vor allem optische – können nicht alle Anforderungen erfüllen, da sie ledig-

2 Ein satellitengestütztes Radar (Radio Detection And Ranging) mit synthetischer Apertur (Synthetic Apertur Radar, SAR) tastet die Erdoberfläche mittels elektromagnetischer Wellen ab. Die SAR-Antenne sendet dafür Mikrowellenpulse aus und empfängt das von der Erdoberfläche zurückgestreute Echo. Aus diesem lassen sich räumlich hochauflösende Bilddaten und Datenprodukte herstellen.

3 LiDAR (Light Detection and Ranging – Lichterkennung und Entfernungsmessung) nutzt Laser, um die Umgebung abzutasten und in Form von zahlreichen Datenpunkten darzustellen.

Übersicht 1
Beispielhafte Verfügbarkeit von Fernerkundungsdaten für Deutschland

	Verfügbarkeit/zeitliche Auflösung	Räumliche Auflösung
Satellitenbilder	täglich bis alle 16 Tage	0,3 m bis zu 30 m
Luftbilder/digitale Orthophotos	alle 2 bis 4 Jahre (rollierende Aktualisierung)	0,1 m bis zu 0,4 m
3D-Oberflächenmodell (Digitaler Zwilling Deutschland)	einmalige Erstellung (voraussichtlich Ende 2025 oder erstes Quartal 2026)	40 Datenpunkte je m^2

Stand: Mai 2025.

lich einen Blick von oben bieten. Mit einem elaborierten Modell und zusätzlichen Höhendaten und anderen Geoinformationen wurde jedoch eine Methode entwickelt, die zur Qualitätssicherung und zur Verbesserung der Gebäudeangaben beitragen kann.

2.2. Datenschutz

Ein großer Vorteil von Fernerkundungsdaten ist, dass diese über Verwaltungsgrenzen hinweg georeferenzierte Informationen großer Gebiete liefern können. Darüber hinaus ist es möglich, verschiedene Quellen von Fernerkundungsdaten zu kombinieren und miteinander zu verschneiden, um die räumliche und zeitliche Auflösung zu maximieren und die Datengrundlage für bestimmte Aufgaben oder Analysen anzupassen.

Je nach Auflösung kann die Verarbeitung durch Fernerkundung gewonnener Daten vor allem durch die Verknüpfung mit verschiedenen Datenquellen einen Personenbezug herstellen. Bei optischen Fernerkundungsdaten, wie Luftbildern oder Satellitendaten, handelt es sich um Aufnahmen der Erdoberfläche, wobei Personen – wenn auch nur zufällig – erfasst werden könnten. Ein Personenbezug ist im Zweifelsfall bereits dann gegeben, wenn nur wenige Betrachterinnen oder Betrachter die dargestellten Personen identifizieren können. Um den geltenden rechtlichen Grundlagen zu entsprechen, sind daher in dem Projekt Datenschutz-Folgenabschätzungen sowie Schutzbedarfsfeststellungen sowohl für die Daten als auch die IT-Sicherheitsmaßnahmen vollzogen worden. Aufgrund der externen Verarbeitung von Daten durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt wurde zudem eine Auftragsverarbeitungsvereinbarung nach Artikel 28 der Datenschutz-Grundverordnung geschlossen.

3

Methoden zur Extraktion von Gebäudeangaben

3.1 Maschinelles Sehen in Fernerkundungsdaten

Computer Vision (auf Deutsch: Maschinelles Sehen) ist ein Teilbereich der Künstlichen Intelligenz und gewinnt zunehmend an Bedeutung in der Analyse von Fernerkundungsdaten. Durch den Einsatz moderner Computer-Vision-Methoden lassen sich große Mengen an Satelliten- und Luftbilddaten automatisiert auswerten und interpretieren. Anwendungen reichen von der Landnutzungsklassifikation über die Erkennung von Veränderungen in der Umwelt bis hin zur Überwachung von Infrastruktur (Stiller und andere, 2019; Wurm und andere, 2021; Bakirman und andere, 2022; Yang und andere, 2018; Stäger, 2025). Insbesondere Deep Neural Networks (auf Deutsch: tiefe neuronale Netze) eröffnen dabei neue Möglichkeiten, komplexe Muster und Objekte in hochaufgelösten Bilddaten zuverlässig zu identifizieren und zu quantifizieren (Krizhevsky und andere, 2017; Lecun und andere, 1998). In diesem Artikel liegt der Fokus auf der Gebäudeerkennung in den Fernerkundungsdaten.

3.2 Automatisierte Gebäudeerkennung durch CNNs

Seit einigen Jahren sind Convolutional Neural Networks (CNNs) (Krizhevsky und andere, 2017; Lecun und andere, 1998) im Bereich des Maschinellen Sehens den traditionellen Maschinellen Lernansätzen überlegen (Notarangelo und andere, 2021; Zhu und andere, 2017). Das hat auch für die Gebäudeerkennung in Fernerkundungsdaten weitreichende Folgen (Stiller und andere, 2019; Wurm und andere, 2021; Bakirman und andere, 2022; Yang und andere, 2018). Diese künstlichen neuronalen Netzwerke wenden zunächst verschiedene Filteroperationen auf die Daten an, um Muster zu extrahieren, die mit den zu erkennenden Objekten zusammenhängen (automatische Merkmalsextraktion). Auf diese Weise werden zunächst einfache Muster erkannt, bevor diese

zu komplexeren Strukturen zusammengefasst werden (hierarchische Repräsentation). Durch diese Funktionsweise können sie besonders effizient Bilddaten verarbeiten.

In der automatisierten Gebäudeerkennung kommen häufig sogenannte Encoder-Decoder-Modelle zum Einsatz. Diese Architektur ist besonders effektiv, um aus komplexen Bilddaten strukturierte Informationen in Form von Segmentierungsmasken, die jedem Pixel eine Information zuweisen, zu erzeugen. Der Encoder ist dafür zuständig, das Eingangssignal – in diesem Fall das Fernerkundungsbild – schrittweise zu abstrahieren. So entsteht eine komprimierte, aber inhaltlich bedeutungsvolle Repräsentation der Bildinhalte. Der Decoder nimmt diese komprimierte Darstellung und rekonstruiert daraus schrittweise ein Bild mit derselben Auflösung wie das Original, wobei jedem Pixel eine Klasse (zum Beispiel Gebäude oder Hintergrund) oder eine Instanz (eine einzelne, unterscheidbare Ausprägung eines Objekts derselben Klasse, zum Beispiel ein spezifisches Gebäude unter vielen) zugewiesen wird. ↘ Grafik 1

Im Projekt Sat4GWR wurde in einem ersten Schritt in den Fernerkundungsdaten die einfache Segmentierung (Sultana und andere, 2020) von Gebäuden als binäre Klassifikation durchgeführt, das heißt, ob ein Gebäude auf dem jeweiligen Pixel erkannt wurde oder nicht. Bei der Segmentierung geht es darum, einzelne Objekte – in diesem Fall Gebäude – innerhalb von Bilddaten präzise zu identifizieren und ihre exakten Grenzen zu bestimmen. Hierfür stellte sich eine Kombination aus ResNet50[4] und FPN[5] als geeigneter Kompromiss aus Rechenzeit und Genauigkeit heraus.

Neben der einfachen Segmentierung wurde in einem zweiten Schritt erprobt, inwiefern es möglich ist, die

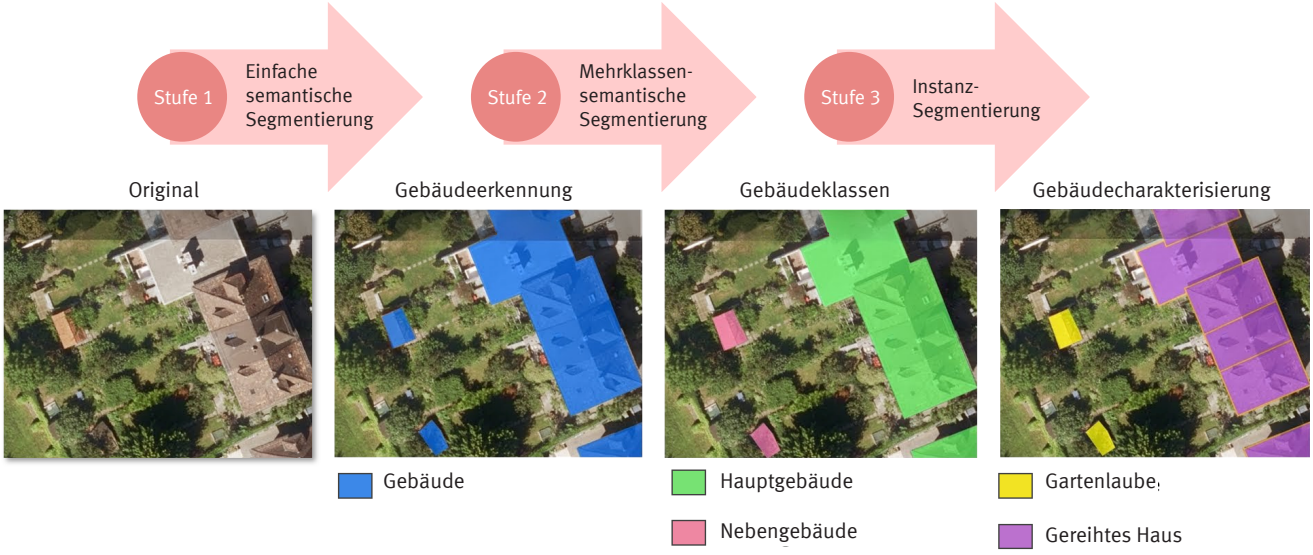
4 ResNet-50 ist ein CNN, welches durch sogenannte Residual Connections das Training erleichtert und die Überwindung des Vanishing-Gradient-Problems ermöglicht. Durch diese Architektur lernt das Netzwerk nicht direkt die Zielausgabe, sondern nur die Abweichung (Residual) zur Eingabe, was eine stabile und effiziente Merkmalsextraktion auch in sehr tiefen CNNs erlaubt (He und andere, 2016).

5 Das Feature Pyramid Network (FPN) ist eine Architektur, die aus einem CNN Featuremaps auf mehreren Auflösungsebenen erzeugt und kombiniert, um sowohl feine Details als auch semantisch starke Informationen zu nutzen (Lin und andere, 2017).

Grafik 1

Vergleich zwischen semantischer Segmentierung mit Klassenzuweisung je Pixel und Instanzsegmentierung mit Instanzzuweisung je Pixel

Grafik 2
Darstellung der stufenweisen Analyse der Fernerkundungsdaten mit Verfahren des Maschinellen Sehens



erkannten Gebäude verschiedenen Gebäudetypen zuzuordnen. Dazu gehören die Unterscheidung von Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden sowie die Unterteilung in freistehendes Haus, Doppelhaus, gereihtes Haus, anderer Gebäudetyp. Ziel ist, neben dem Nachweis eines Gebäudes auch verschiedene zur Qualitätssicherung eines potenziellen Gebäude- und Wohnungsregisters benötigte Merkmale abzuleiten.

In einem weiteren Schritt wurde die Instanzsegmentierung (Sultana und andere, 2020) getestet. Bei dieser erweiterten Form der Objektsegmentierung wird nicht nur die Klasse eines Objekts erkannt (zum Beispiel Gebäude oder Hintergrund), sondern auch zwischen einzelnen Objekten derselben Klasse unterschieden. Während bei der klassischen Segmentierung alle Gebäude im Bild zu einer einzigen Kategorie zusammengefasst werden, weist die Instanzsegmentierung jedem Gebäude eine eigene, individuelle Maske zu (siehe Grafik 1). Diese bildet die Fläche des erkannten Gebäudes ab und ermöglicht so, die Anzahl der einzelnen Gebäude und wichtige Merkmale, wie beispielsweise freistehendes Haus, gereihtes Haus oder Gebäudekomplex, abzuleiten. Das bedeutet, dass jedes erkannte Gebäude als separate Instanz identifiziert und segmentiert wird – selbst dann, wenn die einzelnen Gebäude direkt aneinander angrenzen. Dieser Schritt ist Voraussetzung für weitere Bearbeitungsschritte, insbesondere, um die Anzahl der Gebäude zu bestimmen, und für die Qualitätssicherung innerhalb der Bautätigkeitsstatistik sowie eines möglichen künftigen Gebäude- und Wohnungsregisters. Für die Instanzsegmentierung wurde ein Mask R-CNN[6]-Modell (He und andere, 2017) trainiert. ↘ Grafik 2

Für die Evaluierung dieser pixelbasierten Vorhersage wurde neben klassischen Metriken wie dem F1-Score[7] (Christen und andere, 2023) die Intersection over Union (IoU)[8] (Everingham und andere, 2010) als primäre

Tabelle 1
Ergebnisse der semantischen Segmentierung

Segmentierung	Gebäude	Hintergrund
IoU (Intersection over Union)	0,902	0,954
Precision (Genauigkeit der positiven Vorhersagen)	0,936	0,982
Recall (Vollständigkeit der erkannten positiven Fälle)	0,961	0,971
F1-Score (harmonisches Mittel aus Precision und Recall)	0,948	0,976
Gesamtgenauigkeit	0,968	

6 Mask R-CNN ist ein Deep-Learning-Modell zur Objekterkennung und -segmentierung. Es erkennt Objekte und weist sie einer Klasse zu. Zusätzlich wird eine pixelgenaue Maske für jedes Objekt erstellt.

7 Der F1-Score ist das harmonische Mittel aus Precision und Recall (siehe Tabelle 1) und liefert damit eine ausgewogene Maßzahl zur Bewertung einer Klassifikationsleistung.

8 Die Intersection over Union (IoU) ist das Verhältnis der Fläche der Überlappung zwischen Vorhersage- und Ground-Truth-Maske zur Fläche ihrer Vereinigung.

Kennzahl herangezogen. Die Nutzung der IoU hat sich für die Bewertung von Aufgaben wie der Instanzsegmentierung bewährt, da sie skaleninvariant ist. Das bedeutet, sie bewertet unabhängig von der Größe der erkannten Objekte, wie gut die durch das Modell gemachte Vorhersage zu den tatsächlich vorliegenden Werten (Ground Truth) passt. ↘ Tabelle 1, Tabelle 2

Tabelle 2
Ergebnisse der Instanzsegmentierung

	Modell zur Unterscheidung	
	einzelner Gebäude	zweier unterschiedlicher Gebäudetypen[1]
mAP@0.5[2]	0,78	0,38
mAR@0.5[3]	0,63	0,34

1 Die Gebäudetypen gliedern sich in Wohn- und Nichtwohngebäude.
2 mAP@0.5 = Mittelwert der durchschnittlichen Precision (Mean Average Precision) bei 50 % Überlappung.
3 mAR@0.5 = Mittelwert des durchschnittlichen Recalls (Mean Average Recall) bei 50 % Überlappung. Die 50 %-Überlappung (IoU ≥ 0.5) bedeutet, dass vorhergesagte und tatsächliche Fläche sich zu mindestens 50 % überschneiden müssen, damit eine Objekterkennung als korrekt gilt.

3.3 Weitere Datenquellen zur Ableitung von Gebäudehöhen

Die Nutzung zusätzlicher Fernerkundungsdaten, zum Beispiel von LiDAR-Daten, stellt eine wertvolle Ergänzung zu den bestehenden Datensätzen dar und wird die Modelle noch präziser ausgestalten. LiDAR-Daten bieten detaillierte Höheninformationen, die für die Differenzierung zwischen verschiedenen Gebäudetypen von entscheidender Bedeutung sind. Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie stellt diese LiDAR-Daten künftig als Digitaler Zwilling Deutschland zur Verfügung, voraussichtlich ab Frühjahr 2026. In den Modellen des Projektes Sat4GWR sind Pilot-Daten des Digitalen Zwilling Deutschland für einzelne Regionen eingeflossen und mit den herkömmlichen im Modell genutzten Höhendaten verglichen worden. Aufgrund einer besseren Auflösung des Höhenmodells des Digitalen Zwilling Deutschland konnten um knapp 3 Prozentpunkte bessere Gesamtgenauigkeiten bei der Gebäudeerkennung in den Testgebieten mit verfügbaren Daten erzielt werden.

4 Anwendungen und Nutzen

Trotz der guten Projektergebnisse ergeben sich mehrere Herausforderungen in der Anwendung der Ergebnisse.

4.1 Einsatz für den Zensus

Zu Beginn des Sat4GWR-Projektes war die Zielsetzung, die Ergebnisse in einem noch aufzubauenden Gebäude- und Wohnungsregister zu verwenden.[9] Bei der Nutzung in einem Gebäude- und Wohnungsregister war die kontinuierliche Qualitätssicherung des Registers eine Option (Söllner/Körner, 2022). Angedacht war hierbei, Fehlbestände und Karteileichen im Register durch den Vergleich mit den Modellergebnissen zu identifizieren. Das Gebäude- und Wohnungsregister befindet sich noch immer in der Phase der politischen Willensbildung. Für den Zensus 2031 kann die Erfassung von Gebäude- und Wohnungsinformationen folglich nicht über ein Gebäude- und Wohnungsregister durchgeführt werden. Mit dieser Entscheidung ändern sich jedoch auch die Rahmenbedingungen für den Einsatz der Projektergebnisse; sie können deshalb vorerst nicht eingesetzt werden.

Neben den geänderten Rahmenbedingungen gibt es weitere Hindernisse, die der Nutzung der Projektergebnisse im Zensus 2031 entgegenstehen. Dazu zählen die zur Prüfung der Modellergebnisse erforderlichen Ressourcen. Die Algorithmen würden eine hohe Anzahl an Prüffällen erzeugen, die vor der Übernahme in die Statistik manuell zu überprüfen wären. Trotz der sehr guten Gesamtgenauigkeit der Modellergebnisse ist die absolute Zahl an Prüffällen durch die große Grundgesamtheit an Gebäuden sehr hoch. Innerhalb des Projektes wurde daran gearbeitet, die Zahl dieser Prüffälle zu reduzieren, indem beispielsweise durch den Algorithmus erkannte Gebäude, die unter einer Mindestgröße lagen, von der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen wurden. Trotz dieser Maßnahmen ist die Anzahl der Prüffälle für eine manuelle Bearbeitung noch zu hoch. Zusätzlich müssten die zur Nutzung der Algorithmen benötigte Infrastruktur sowie rechtliche Vorgaben im Statistischen Bundesamt

9 Für Hintergrundinformationen zu den ursprünglichen Planungen zum Gebäude- und Wohnungsregister siehe Krause und andere (2022).

geschaffen werden, oder die Nutzung müsste extern erfolgen, was weitere Kosten mit sich bringen würde.

4.2 Qualitätssicherung in der Bautätigkeitsstatistik

Zwischen den Stichtagen der Zensus wird der Gebäude- und Wohnungsbestand mithilfe der Bautätigkeitsstatistik fortgeschrieben. Die Entwicklungen im Gebäudebestand durch Baufertigstellungen und Bauabgänge (das sind Abrisse von Gebäuden) sind daher in der Bautätigkeitsstatistik[10] von großer Bedeutung. Meldungen über Veränderungen erreichen häufig mit einer großen zeitlichen Verzögerung die Statistischen Ämter der Länder. Ein Hauptgrund liegt hierbei in der unvollständigen beziehungsweise nicht vorhandenen Digitalisierung. Dies führt teilweise zu Lücken in der Erfassung des Gebäude- und Wohnungsbestandes (Schumann und andere, 2023; Schumann und andere, 2025). Eine zusätzliche Qualitätssicherung mit externen Datenquellen, zum Beispiel öffentlich zugänglichen Fernerkundungsdaten, erfolgt daher bereits manuell in einigen Statistischen Ämtern der Länder. Jedoch ist es erstrebenswert, diese mithilfe von Maschinellem Lernen zu automatisieren und zu standardisieren. Die Analyse von Fernerkundungsdaten kann allerdings die statistischen Erhebungen von Baubeginnen und Baufertigstellungen nicht ersetzen, da wesentliche Informationen fehlen, beispielsweise zu Wohn- und Nutzfläche, Anzahl der Zimmer, Art der Energiegewinnung und Heizung.

In einzelnen Regionen wurde getestet, inwieweit sich die oben beschriebenen Methoden eignen, um Neubauten zu identifizieren, und wie ein Abgleich mit den vorhandenen Daten der Bautätigkeitsstatistik aussehen kann. Ein möglicher Workflow setzt auf die mit CNN-Verfahren zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten detektierten Gebäuden auf und identifiziert durch Differenzbildung mögliche Neubauten und Abrisse von Gebäuden. In einem weiteren Schritt werden diese Ergebnisse (Polygone von Gebäuden) mit den zuvor aufbereiteten Bautätigkeitsdaten in ein Geoinformationssystem (GIS) übertragen und dort abgeglichen. Dabei wird im Geoinformationssystem die Lage der Punktdaten (Adressen der Bautätigkeit) mit der Lage der Polygon-Daten (Ergebnisse der Gebäudeerkennung) verglichen.

↘ Grafik 3 auf Seite 78 zeigt Neubauflächen, die durch Differenzbildung detektiert (erkannt) wurden. Die Lage von möglichen Bautätigkeitspunkten zu detektierten Neubauflächen kann dabei i) direkt auf der Neubaufläche, ii) im selben Gebäude, aber nicht auf der Neubaufläche, iii) auf dem Grundstück, iv) im Nachbargebäude und v) weiter entfernt liegen.

Dieses Vorgehen liefert grundsätzlich erfolgversprechende Ergebnisse. Einige Einschränkungen sind jedoch zu beachten, wenn zum Beispiel Gebäude vom verwendeten Algorithmus nicht als solche erkannt werden[11] oder sich innerhalb der Bautätigkeitsangaben die Punktkoordinaten der Adressen nicht auf der Grundfläche des Neubaus befinden[12]. Hier sollte perspektivisch die Grundlage geschaffen werden, die Kennzeichnungen der Flurstücke, die grundsätzlich als Verwaltungsdaten vorliegen, als Erhebungsmerkmal aufzunehmen. Der Einsatz des Höhenmodells ist nur dann sinnvoll, wenn es für die passenden Jahre auch vorliegt.

Durch den Einsatz von Instanzsegmentierung und die Entwicklung von speziellen Modellen zur direkten Änderungsanalyse lassen sich die Ergebnisse weiter methodisch optimieren. Dadurch ist es möglich, Veränderungen an Gebäuden präziser, effizienter und nachvollziehbarer darzustellen. Um diese methodische Weiterentwicklung zu vertiefen, sollten der zeitliche Abstand sowie das Untersuchungsgebiet erweitert werden. Eine solche gezielte Weiterentwicklung der Methoden und der erweiterte Einsatz moderner Analysetechniken sowie eine erweiterte Datengrundlage können folglich nicht nur zu präziseren Ergebnissen, sondern auch zu neuen Erkenntnissen über Bautätigkeiten und deren zeitliche Dynamik führen.

10 Insbesondere für die Statistik der Fertigstellungen, die Statistik der Bauabgänge sowie für die Wohnungs- und Gebäudefortschreibung.

11 Dies kann zum Beispiel dann passieren, wenn bereits bestehende Gebäude abgerissen und auf genau derselben Grundfläche wiederaufgebaut werden, oder ein Gebäude sich schon im Bau befindet.

12 Dies kommt vor allem in Neubaugebieten häufig vor.

Grafik 3
Durch Differenzbildung detektierte Neubauflächen

5

Fazit und Zukunftsperspektiven

Viele Erkenntnisse aus dem Projekt Sat4GWR liefern vielversprechende Qualitätssicherungsaspekte für die amtliche Statistik im Bereich der Gebäude- und Bautätigkeitsdaten. Es wurde jedoch ebenso festgestellt, dass viele Angaben, die über die Feststellung der Grundgesamtheit hinausgehen, nicht allein durch die „Vogelperspektive“ der Fernerkundungsdaten gewonnen werden können. Dennoch ist es möglich, wichtige Anhaltspunkte für die amtlichen Daten abzuleiten, und Qualitätsaspekte, wie zum Beispiel die Vollzähligkeit der Meldungen, eine zeitliche Verzögerung beziehungsweise die Aktualität der Daten, zu überprüfen und gegebenenfalls zu verbessern.

Das Projekt Sat4GWR hat gezeigt, dass eine Erkennung von Gebäuden auf der Grundlage von Fernerkundungsdaten durch Maschinelles Sehen grundsätzlich möglich ist. Durch die Tests von verschiedenen Input-Daten in Kombination mit unterschiedlicher Vorverarbeitung,

Encodierung und Decodierung konnten wichtige Erkenntnisse für die Gebäudeerkennung mittels Maschinellen Sehens für die amtliche Statistik gewonnen werden.

Die Modellergebnisse aus dem Sat4GWR-Projekt werden vorerst nicht für ein Gebäude- und Wohnungsregister angewendet. Zwar sind die im Projekt trainierten Modelle in der Lage, mit hoher Genauigkeit Gebäude im Rahmen der semantischen Segmentierung zu erkennen (siehe Tabelle 1). Die Zusammenfassung von Pixeln zu einzelnen Gebäuden ist allerdings deutlich komplexer und hat deshalb eine geringere Genauigkeit (siehe Tabelle 2). Die für eine Nutzung im Gebäude- und Wohnungsregister benötigte Instanzsegmentierung zur Feststellung der Anzahl der Gebäude ist mit den verfügbaren Fernerkundungsdaten noch nicht mit ausreichender Genauigkeit für einen zentralen Einsatz möglich. Allerdings ist denkbar, die Instanzsegmentierung unter Beachtung der in Kapitel 4 geschilderten Einschränkungen zu Qualitätssicherungszwecken innerhalb der Bautätigkeitsstatistiken zu erproben. Voraussetzung dafür ist, dass mindestens das Flurstück im Merkmalssatz der Bautätigkeitsstatistik vorhanden ist, um die räumliche Verknüpfung zu ermöglichen.

Die zusätzlich durchgeführten Tests zur Extraktion weiterer Gebäudemerkmale, zum Beispiel Nutzung oder Art des Gebäudes, funktionierten weniger zuverlässig als die Erkennung der Gebäude an sich. Grund dafür ist, dass sich die Gebäudemerkmale zum Teil nicht in der durch Fernerkundungsdaten erkennbaren Struktur widerspiegeln. So ist beispielsweise das Vorhandensein von Wohnraum auf den Fernerkundungsdaten teilweise nicht identifizierbar, da sich gleich aussehende Gebäude in der Nutzung unterscheiden können. Die in diesem Kontext gewonnenen Modellergebnisse zeigen die Grenzen der Nutzung von heute verfügbaren Fernerkundungsdaten zur Extraktion von Gebäudemerkmalen auf.

Die stetige Weiterentwicklung sowohl im Bereich der Fernerkundung als auch im Bereich des Maschinellen Sehens wird in Zukunft absehbar sowohl die zum Training und zur Anwendung genutzte Datenbasis als auch die Güte der Ergebnisse verbessern. Setzt sich der bisherige Trend fort, so wird sich auch die Verfügbarkeit/Zeitliche Auflösung von Fernerkundungsdaten weiter erhöhen, und gleichzeitig werden die Erwerbskosten sinken. Zudem sind ähnliche Projekte zur Ausweitung der Datenverfügbarkeit wie das in Abschnitt 3.3 erwähnte Projekt Digitaler Zwilling Deutschland des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie zu erwarten, welche die Genauigkeit der Modellergebnisse verbessern werden. Somit könnte sich die Nutzbarkeit der durch Maschinelles Sehen aufbereiteten Fernerkundungsdaten künftig so weit steigern, dass eine zentrale Anwendung zur Qualitätssicherung von Gebäude- und Wohnungsangaben möglich wird.

LITERATURVERZEICHNIS

Arnold, Stephan/Kleine, Sarah. *Neue Wege der Geodatennutzung: Perspektiven der Fernerkundung für die Statistik*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 5/2017, Seite 31 ff.

Bakirman, Tolga/Komurcu, Irem/Sertel, Elif. *Comparative analysis of deep learning based building extraction methods with the new VHR Istanbul dataset*. In: Expert Systems with Applications. Band 202. September 2022. Artikel 117346. DOI: 10.1016/j.eswa.2022.117346

Bellingen, Marius/Felgendreher, Simon/Oehrlein, Johannes/Schürz, Simon/Arnold, Stephan. *Ökosystemgesamtrechnungen – Flächenbilanzierung der Ökosysteme (Extent Account)*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 6/2021, Seite 31 ff.

Christen, Peter/Hand, David J./Kirielle, Nishadi. *A Review of the F-Measure: Its History, Properties, Criticism, and Alternatives*. In: ACM Computing Surveys. Jahrgang 56. Ausgabe 3/2023, Artikel 73. DOI: 10.1145/3606367

Everingham, Mark/Van Gool, Luc/Williams, Christopher K. I./Winn, John/Zisserman, Andrew. *The PASCAL Visual Object Classes (VOC) Challenge*. In: Int J Comput Vis. Jahrgang 88. Ausgabe 2/2010, Seite 303 ff. DOI: 10.1007/s11263-009-0275-4

He, Kaiming/Gkioxari, Georgia/Dollár, Piotr/Girshick, Ross. *Mask R-CNN*. In: 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV): IEEE. DOI: 10.1109/ICCV.2017.322

He, Kaiming/Zhang, Xiangyu/Ren, Shaoqing/Sun, Jian. *Deep Residual Learning for Image Recognition*. In: 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR): IEEE. DOI: 10.1109/CVPR.2016.90

Kogut, Peter. *Types Of Remote Sensing: Technology Changing The World*. 2020. [Zugriff am 8. Juli 2025]. Verfügbar unter: eos.com

Krause, Anja/Zimmermann, Markus/Herda, Ingmar. *Überlegungen zu einem Gebäude- und Wohnungsregister: Aufbau, Pflege und Nutzung*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 4/2022, Seite 25 ff.

Krizhevsky, Alex/Sutskever, Ilya/Hinton, Geoffrey E. *ImageNet classification with deep convolutional neural networks*. In: Communication of the ACM. Jahrgang 60. Ausgabe 6/2017, Seite 84 ff. DOI: 10.1145/3065386

Lecun, Yann/Bottou, Leon/Bengio, Yoshua/Haffner, Patrick. *Gradient-based learning applied to document recognition*. In: Proceedings of the IEEE. Ausgabe 86/1998 (11), Seite 2278 ff. DOI: 10.1109/5.726791

Lin, Tsung-Yi/Dollár, Piotr/Girshick, Ross/He, Kaiming/Hariharan, Bharath/Belongie, Serge. *Feature Pyramid Networks for Object Detection*. In: 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR): IEEE. DOI: 10.1109/CVPR.2017.106

LITERATURVERZEICHNIS

Luo, Lei/Wang, Xinyuan/Guo, Huadong/Lasaponara, Rosa/Zong, Xin/Masini, Nicola und andere. *Airborne and spaceborne remote sensing for archaeological and cultural heritage applications: A review of the century (1907–2017)*. In: Remote Sensing of Environment. Ausgabe 232/2019. Artikel 111280. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111280

Notarangelo, Nicla Maria/Mazzariello, Arianna/Albano, Raffaele/Sole, Aurelia. *Comparing Three Machine Learning Techniques for Building Extraction from a Digital Surface Model*. In: Applied Sciences. Jahrgang 11. Ausgabe 13/2021, Seite 6072 ff. DOI: 10.3390/app11136072

Reitz, Oliver. *Erfassung von Ernteerträgen mit Satellitenbildern und Maschinellem Lernen – das Projekt FernEE 2.0*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 4/2024, Seite 29 ff.

Schumann, Carsten/Schepers, Marianne/Weigert, Alexander. *Eine zukunftsfähige Bautätigkeitsstatistik*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 2/2023, Seite 27 ff.

Schumann, Carsten/Schepers, Marianne/Weigert, Alexander. *Digitalisierungspotenzial in der Bautätigkeitsstatistik*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 3/2025, Seite 74 ff.

Söllner, René/Körner, Thomas. *Der Registerzensus: Ziele, Anforderungen und Umsetzungsansätze*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 4/2022, Seite 13 ff.

Stäger, Elena. *Neuronale Netze in der Baustatistik: Automatisiertes Erkennen von Baustellen anhand von Luftbildern*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 2/2025, Seite 136 ff.

Stiller, Dorothee/Stark, Thomas/Wurm, Michael/Dech, Stefan/Taubenböck, Hannes. *Large-scale building extraction in very high-resolution aerial imagery using Mask R-CNN*. In: 2019 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE). DOI: 10.1109/JURSE.2019.8808977

Sultana, Farhana/Sufian, Abu/Dutta, Paramartha. *Evolution of Image Segmentation using Deep Convolutional Neural Network: A Survey*. In: Knowledge-Based Systems. Ausgaben 201 und 202, Artikel 106062. DOI: 10.1016/j.knosys.2020.106062

Wurm, Michael/Droin, Ariane/Stark, Thomas/Geiß, Christian/Sulzer, Wolfgang/Taubenböck, Hannes. *Deep Learning-Based Generation of Building Stock Data from Remote Sensing for Urban Heat Demand Modeling*. In: ISPRS International Journal of Geo-Information. 2021/10 (23), Seite 1 ff. DOI: 10.3390/ijgi10010023

Yang, Hsiuhan Lexie/Yuan, Jiangye/Lunga, Dalton/Laverdiere, Melanie/Rose, Amy/Bhaduri, Budhendra. *Building Extraction at Scale Using Convolutional Neural Network: Mapping of the United States*. In: IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2018/11 (8), Seite 2600 ff. DOI: 10.1109/jstars.2018.2835377

LITERATURVERZEICHNIS

Zhu, Xiao Xiang/Tuia, Devis/Mou, Lichao/Xia, Gui-Song/Zhang, Liangpei/Xu, Feng/Fraundorfer, Friedrich. *Deep Learning in Remote Sensing: A Comprehensive Review and List of Resources*. In: IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine. Jahrgang 5. Ausgabe 4/2017, Seite 8 ff. DOI: 10.1109/mgrs.2017.2762307

RECHTSGRUNDLAGEN

Bundesdatenschutzgesetz vom 30. Juni 2017 (BGBl. I Seite 2097), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 6. Mai 2024 (BGBl. I Nr. 149) geändert worden ist.

Empfehlung des Europäischen Ausschusses für Systemrisiken vom 31. Oktober 2016 zur Schließung von Lücken bei Immobiliendaten (ESRB/2016/14) (Amtsblatt der EU Nr. C 31, Seite 1).

Empfehlung des Europäischen Ausschusses für Systemrisiken vom 21. März 2019 zur Änderung der Empfehlung ESRB/2016/14 zur Schließung von Lücken bei Immobiliendaten (ESRB/2019/3) (Amtsblatt der EU Nr. C 271, Seite 1).

Europäische Kommission. Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über nichtfinanzielle Statistiken zu Gewerbeimmobilien. COM(2025) 100 final vom 11. März 2025.

Gesetz über die Statistik der Bautätigkeit im Hochbau und die Fortschreibung des Wohnungsbestandes (Hochbaustatistikgesetz – HBauStatG) vom 5. Mai 1998 (BGBl. I Seite 869), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 8. August 2020 (BGBl. I Seite 1728) geändert worden ist.

Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung – DS-GVO) (Amtsblatt der EU Nr. L 119, Seite 1).

PARTIELLE SYNTHETISIERUNG ZUR ANONYMISIERUNG DER VERKNÜPFTEN VERDIENSTSTRUKTUR-ERHEBUNG 2018

Teil 1: Methodik und Evaluation der Datennützlichkeit

Hanna Brenzel, Yannik Garcia Ritz

↘ **Schlüsselwörter:** partiell synthetische Daten – verknüpfte synthetische Daten – Automatisierung – verknüpfte Arbeitgeber-Arbeitnehmer-Daten – Nützlichkeitsbewertung

ZUSAMMENFASSUNG

Der Einsatz von synthetischen Daten wird als Alternative gehandelt, um das Spannungsfeld zwischen Erhalt des Analysepotenzials bei gleichzeitiger Gewährleistung des Schutzes der Daten optimal aufzulösen. Der Beitrag geht dieser Frage nach mit der Verdienststrukturerhebung 2018 als Datenbasis. Sie setzt sich aus einem Betriebsdatensatz und einem Angestelltendatensatz zusammen und bildet damit einen Linked-Employer-Employee-Datensatz. Bei verknüpften Datensätzen besteht die Schwierigkeit für die unabhängige Synthetisierung darin, die gewohnte Konsistenz zwischen den Datensätzen zu gewährleisten. Mithilfe eines schrittweisen partiellen multiplen Synthetisierungsansatzes konnte diese Konsistenz sichergestellt werden. Die Ergebnisse bezüglich der Nützlichkeit der generierten Daten sind vielversprechend.

↘ ***Keywords:*** *partially synthetic data – linked synthetic data – automation – linked employer-employee data – utility evaluation*

ABSTRACT

The use of synthetic data is considered a viable alternative in order to resolve the tension between the competing demands of maintaining the analytical potential of data while guaranteeing data protection. This article examines this issue, using the 2018 Structure of Earnings Survey (SES) as a data basis. The SES comprises an enterprise dataset and an employee dataset, which together form a linked employer-employee dataset. With linked datasets, the challenge for independent data synthesis is to ensure the customary consistency between the datasets. This was possible with the help of a partial multiple data synthesis approach, which was implemented on a step-by-step basis. The results regarding the utility of the generated data are promising.

Dr. Hanna Brenzel

studierte internationale Volkswirtschaft mit Ausrichtung auf Mittel- und Osteuropa an der Universität Regensburg. Sie leitet das Referat „Forschungsdatenzentrum, Methoden der Datenanalyse“ des Statistischen Bundesamtes.

Yannik Garcia Ritz

studierte nach seiner Ausbildung zum Fachangestellten für Markt- und Sozialforschung Wirtschaftswissenschaften an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main (Bachelor of Science) sowie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (Master of Science). Er arbeitet aktuell als Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Referat „Forschungsdatenzentrum, Methoden der Datenanalyse“ des Statistischen Bundesamtes.

Hinweis zur Förderung

Diese Forschung wurde durch das Cluster „Anonymisierung bei integrierten und georeferenzierten Daten (AnigeD)“ und seinen Träger, das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR), gefördert.

1

Einleitung

In einer digitalisierten Welt steigt das Angebot an Daten. Dies fordert zunehmend den Bedarf an evidenzbasierter Politikberatung und damit die Nachfrage nach einem einfachen Datenzugang: sei es für Wissenschaft, Politik, Journalismus, Lehre oder die Gesellschaft im Allgemeinen. Gleichzeitig erhöht sich die Gefahr der Re-Identifikation durch die Fülle an öffentlich zugänglichen Daten, sodass der Schutz geheim zu haltender Daten komplexer und immer aufwendiger und schwieriger wird.

Häufig kommen traditionelle Anonymisierungsmethoden wie die Vergröberung oder das Entfernen von Merkmalen sowie die Ziehung von Stichproben an ihre Grenzen. Eine zu starke Anonymisierung verringert das Analysepotenzial der Daten, sodass nur eingeschränkte Fragestellungen mit den Datensätzen zu beantworten sind. Eine zu geringe Anonymisierung der Daten führt hingegen zu einem erhöhten Aufdeckungsrisiko. In diesem Spannungsfeld befinden sich Datenproduzenten und datenhaltende Stellen, die ihre Daten im Zwecke des Allgemeinwohls zugänglich machen wollen. Dies sowie größere Rechenleistungen haben insbesondere die Erstellung von synthetischen Daten als alternative Anonymisierungsmethodik in den letzten Jahren gefördert (Drechsler/Haensch, 2023).

Das durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt sowie durch die Europäische Union (EU) im Rahmen des Konjunkturpakets „Next GenerationEU“ geförderte Forschungsnetzwerk „Anonymisierung für eine sichere Datennutzung“ und damit einhergehend das Forschungscluster „Anonymisierung bei integrierten und georeferenzierten Daten“ (AnigeD) greift dieses Spannungsfeld auf. Ziel des Forschungsclusters ist „gegenwärtig verwendete Anonymisierungsmethoden für georeferenzierte und verknüpfte Daten weiterzuentwickeln. Dies soll den gegenwärtigen Stand des Zugangs der Wissenschaft zu Einzeldaten nicht nur sichern, sondern auch ausbauen“[1].

Beteiligt im Forschungscluster AnigeD sind neben dem Statistischen Bundesamt die Technische Hochschule Köln, die Universität der Bundeswehr München, die Freie Universität Berlin sowie das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung.

Der Beitrag ist dem dritten Arbeitspaket des Forschungsclusters zugeordnet, das sich mit der Evaluation und Weiterentwicklung von Methoden der Synthetisierung sowie mit deren Automatisierung beschäftigt.

Das Forschungsdatenzentrum des Statistischen Bundesamtes stellt gemeinsam mit dem Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter der Länder[2] seit mehr als 20 Jahren Hochschulen oder sonstigen Einrichtungen mit der Aufgabe unabhängiger wissenschaftlicher Forschung (§ 16 Absatz 6 Bundesstatistikgesetz) Mikrodaten bereit (Brenzel/Zwick, 2022).

Die aktuelle Rechtsgrundlage nach § 16 Absatz 6 Nr. 1 Bundesstatistikgesetz erlaubt den Forschungsdatenzentren, faktisch anonymes Datenmaterial an die geprüften Einrichtungen zu übermitteln. Innerhalb speziell abgesicherter Bereiche darf der Zugang zu formal anonymen Daten gewährt werden (§ 16 Absatz 6 Nr. 2 Bundesstatistikgesetz). Letzteres ist mit einem relativ hohen Aufwand sowohl der Forschungsdatenzentren als auch der Datennutzenden verbunden. Bei einem Zugang über den sogenannten Gastwissenschaftsarbeitsplatz an einem der deutschlandweit derzeit 22 Standorte der Forschungsdatenzentren müssen die Datennutzenden Fahrtkosten sowie gegebenenfalls Übernachtungskosten aufbringen, die Forschungsdatenzentren müssen die entsprechenden Räumlichkeiten vorhalten. Bei der sogenannten kontrollierten Datenfernverarbeitung als Alternative zum Gastwissenschaftsarbeitsplatz hingegen liegt der Aufwand insbesondere auf Seiten der Mitarbeitenden der Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, da diese die Auswertungsprogramme für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler manuell ausführen müssen. Im Anschluss durchlaufen alle Ergebnisse vor Übermittlung an die Datennutzenden eine Geheimhaltungsprüfung auf Einhaltung der absoluten Anonymität. ↘ Grafik 1

Ein deutlich geringerer kontinuierlicher Betreuungsaufwand entsteht bei den sogenannten faktisch anonymen Scientific-Use-Files, die an die zugangsberechtigte Einrichtung übermittelt werden dürfen. Hier liegt die

1 Mehr zum Thema unter: www.destatis.de

2 Nachfolgend kann „Forschungsdatenzentrum“ sowohl das Forschungsdatenzentrum des Statistischen Bundesamtes als auch das Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter der Länder bezeichnen.

Grafik 1

Eigenschaften, Anonymisierungsgrad und Analysepotenzial der vom Forschungsdatenzentrum bereitgestellten Nutzungswege

Anonymisierung

	On-Site-Nutzung		Neu	Off-Site-Nutzung	
Zugangsweg	Kontrollierte Datenfernverarbeitung	Gastwissenschaftsarbeitsplätze	Remote Access	Scientific-Use-Files	Public-Use-Files/ Campus-Files
Anonymisierungsgrad der Daten	formal anonym	formal anonym	faktisch anonym	faktisch anonym	absolut anonym
Nutzungsberechtigt	wissenschaftliche Einrichtung	wissenschaftliche Einrichtung	wissenschaftliche Einrichtung	wissenschaftliche Einrichtung	alle
Datenhaltung während der Nutzung	statistische Ämter	statistische Ämter	statistische Ämter	wissenschaftliche Einrichtung	beliebig
Aufenthaltsort der Nutzenden während der Nutzung	beliebig	statistische Ämter	wissenschaftliche Einrichtung	wissenschaftliche Einrichtung	beliebig

Analysepotenzial

Komplexität insbesondere beim Erstellen des Datenmaterials. Einerseits muss gewährleistet sein, dass die Einzelangaben in einem Datensatz nur mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand an Zeit, Kosten und Arbeitskraft den Betroffenen zugeordnet werden können (§ 16 Absatz 6 Nr. 1 Bundesstatistikgesetz). Andererseits sinkt durch die Anonymisierung das Analysepotenzial der Daten, wodurch diese nur für eine eingeschränkte Zahl an Forschungsfragen verwertbar sind. Nimmt das Angebot öffentlich zugänglicher Informationen zu, steht mehr zusätzliches Wissen zur Verfügung, was eine potenzielle Re-Identifikation vereinfachen könnte. Im Umkehrschluss könnte künftig ein stärkerer Eingriff im Sinne einer Informationsreduktion in die Daten erforderlich sein, um einen faktisch anonymen Datensatz zu erhalten.

Wie erwähnt wird der Einsatz von synthetischen Daten als eine vielversprechende Alternative gehandelt, um das Spannungsfeld zwischen Erhalt des Analysepotenzials bei gleichzeitiger Gewährleistung des Schutzes der Daten optimal aufzulösen. Im Vergleich zu traditionellen Anonymisierungsmethoden birgt das Synthetisieren die Chance, die Analysemöglichkeiten weniger stark einzuschränken, ohne ein erheblich größeres Risiko einer Offenlegung von Identitäten und Verhältnissen der Auskunftgebenden zu erzeugen. Die entscheidende Frage ist daher: Lässt sich ein synthetischer Datensatz erstellen, der bei gesteigertem Analysepotenzial im Vergleich mit traditionellen Anonymisierungsmethoden die Anforderung an faktische Anonymität erfüllt und gleichzeitig näherungsweise Analyseergebnisse liefert, die mit den Originaldaten erzielt worden wären?

Der Artikel geht dieser Frage anhand eines konkreten und bestehenden Datensatzes der Forschungsdatenzentren nach. Kapitel 2 beschreibt das zugrunde liegende Datenmaterial. Auf die Synthetisierungsmethodik geht Kapitel 3 ausführlich ein, bevor in Kapitel 4 der Fokus darauf liegt, wie die Nützlichkeit des synthetisierten Datensatzes bewertet werden kann. Limitationen und Implikationen beleuchtet das abschließende fünfte Kapitel.

2

Datenbasis

Als Basisdatensatz wurde das formal anonyme Datenmaterial der Verdienststrukturerhebung 2018[3] herangezogen. Die Verdienststrukturerhebung setzt sich aus einem Betriebsdatensatz und einem Angestelltendatensatz zusammen und bildet damit einen Linked-Employer-Employee-Datensatz. Die Daten werden überwiegend dezentral mittels einer Stichprobe von den Statistischen Ämtern der Länder erhoben und durch das Statistische Bundesamt zu einem deutschlandweiten Datensatz aufbereitet. Der Original-Betriebsdatensatz umfasst 71 000 Betriebe, der Original-Angestelltendatensatz mehr als 1 Million Beschäftigte (Forschungsdatenzentren, 2020). Die beiden Teildatensätze lassen sich über die Betriebsnummern aus dem Unternehmensregistersystem (URS) zusammenfassen.[4] Eine Anspielung von detaillierten Unternehmensinformationen aus den Betriebsdaten an die Angestelltendaten ermöglicht es beispielsweise, Lohnunterschiede aufgrund von Unternehmens- und Branchencharakteristika zu untersuchen oder die entsprechenden Informationen als Kontrollvariablen in Regressionsmodelle einzubeziehen.

3

Synthetisierungsmethodik

Die Idee der Synthetisierung von Daten als Anonymisierungsmethode beruht auf den Prinzipien der Imputation. Im Gegensatz zur klassischen Imputation, bei der in der Regel Schätzergebnisse nur einzelne Beobachtungspunkte (fehlende Werte, implausible Angaben oder Ähnliches) ersetzen, verfolgt die Synthetisierung den Ansatz, ganze Variablen oder Beobachtungen durch Schätzergebnisse zu ersetzen. Werden alle Variablen und alle Beobachtungen innerhalb eines Datensatzes imputiert, spricht man von der vollen Synthese nach Rubin (1993). Wird nur ein Teil der Variablen durch Schätzergebnisse ersetzt, spricht man von einer partiellen Synthese. Dieser von Little (1993) vorgebrachte Ansatz ermöglicht es beispielsweise, sich bei der Synthetisierung ausschließlich auf die Anonymisierung sensibler Informationen beziehungsweise Variablen zu beschränken. Dafür kommen insbesondere Schlüssel- und Zielvariablen infrage. Als Schlüsselvariablen gelten Variable, die in Kombination eine hohe Wahrscheinlichkeit besitzen, bekannt zu sein und zum Zwecke einer Re-Identifikation von Berichtseinheiten genutzt zu werden (beispielsweise Geschlecht, Alter, Bildungsabschluss). Zielvariablen sind dagegen insbesondere sensible Informationen, welche nach der Re-Identifikation von Berichtseinheiten offengelegt werden könnten (beispielsweise einkommensbezogene Verhältnisse). Eine Beschränkung auf die genannten Variablengruppen bei der partiellen Synthetisierung bietet folglich die Chance, so viele Informationen wie möglich im Original zu belassen und für die Wissenschaft bereitzustellen. Vor diesem Hintergrund wurde die Verdienststrukturerhebung 2018 lediglich partiell synthetisiert, um die Interessen der Wissenschaft sowie der auskunftgebenden Berichtseinheiten bestmöglich zu gewichten und damit nur die Daten soweit zu verfremden, wie der Schutz der Daten dies erfordert.

Eine Analyse von Little und anderen (2021) zeigt, dass die Synthetisierung mittels Classification And Regression Trees (CART) eine Optimierung der Datennützlichkeit bei gleichzeitig adäquater Risikoreduzierung bietet. Die Autoren verwenden dabei für ihre Umsetzung das R-Paket synthpop von Raab und anderen (2016). Dieses ermöglicht eine anwenderfreundliche Synthetisierung unter Einsatz unterschiedlichster Methoden, wobei CART als Standardeinstellung im R-Paket verwendet wird. Die Schätzgenauigkeit der synthetisierten Informationen lässt sich unter anderem durch die Glättung metrischer Variablen, aber auch durch die Baumtiefe beeinflussen. Zudem bietet die Generierung von mehreren (partiell) synthetischen Datensätzen die Möglichkeit, die auf diesen Daten basierenden Schätzergebnisse zu stabilisieren und die Nützlichkeit damit zu erhöhen (Reiter, 2008; Drechsler, 2009).

Der Linked-Employer-Employee-Datensatz der Verdienststrukturerhebung 2018 enthält in beiden Datensätzen übergreifende Informationen. Dazu zählen beispielsweise die Information über das Bundesland, in welchem der jeweilige Betrieb ansässig ist, sowie Bezüge zwischen

3 DOI: 10.21242/62111.2018.00.00.1.1.0

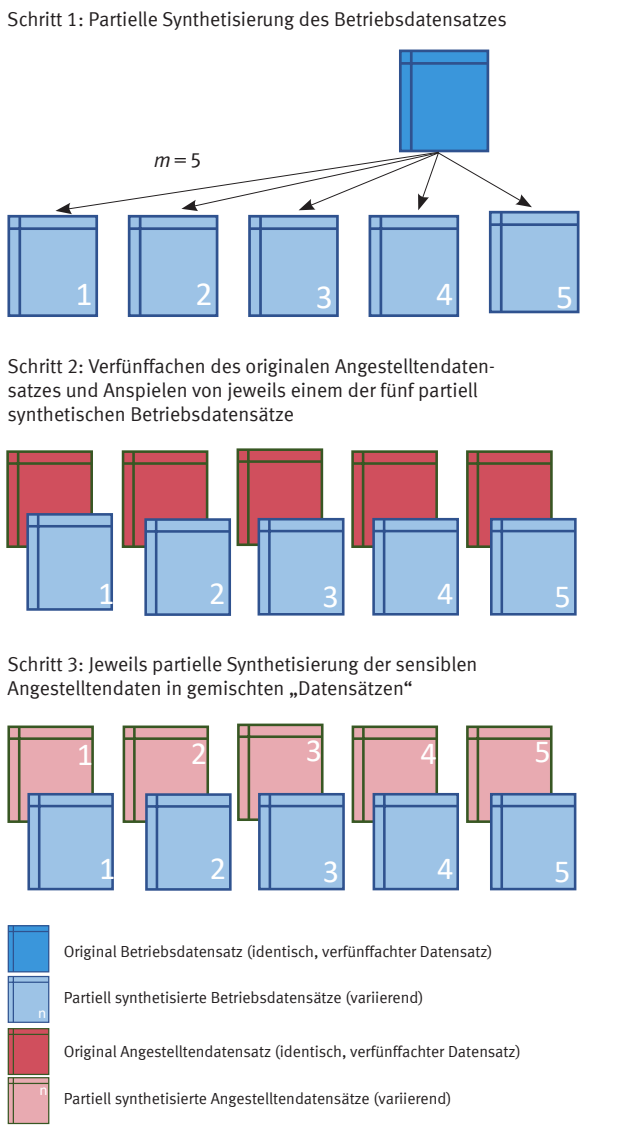
4 Zu beachten ist, dass bei der Zusammenfassung der fehlenden URS-Verknüpfungen einige Berichtseinheiten auf Angestelltenebene verloren gehen. Dies gilt sowohl für die Originaldaten als auch später für die partiell synthetischen Daten.

der Anzahl der Angestellten im Unternehmensdatensatz sowie der absoluten Anzahl im Betriebsdatensatz. Im Falle einer separaten Synthetisierung dieser übergreifenden Informationen sind logische Inkonsistenzen aufgrund der unterschiedlichen einfließenden erklärenden Variablen nicht nur nicht auszuschließen, sondern sehr wahrscheinlich. Um diese Problematik zu vermeiden, wurde ein schrittweiser Synthetisierungsansatz entwickelt: Zunächst werden fünf partiell synthetische Datensätze für den Betriebsdatensatz generiert (Schritt 1). Diese werden jeweils an einen der verfünffachten Original-Angestelltendatensätze angespielt (Schritt 2). In diesen fünf Datensätzen, die sich aus dem partiell synthetisierten Betriebsdatensatz sowie dem Original-Angestelltendatensatz zusammensetzen, werden nun jeweils sensible Schlüssel- und Zielvariablen des Original-Angestelltendatensatzes synthetisiert, sodass final fünf partiell synthetische Gesamtdatensätze zur Verdienststrukturerhebung 2018 entstehen (Schritt 3). Hierbei werden alle einkommensbezogenen Informationen (Brutto-/Nettoeinkommen, steuerliche und Sozialabgaben und so weiter) als Zielvariablen betrachtet und folglich synthetisiert. ↘ Grafik 2

Schlüsselvariablen sind unter anderem Geschlecht, Alter, Dauer der Unternehmenszugehörigkeit sowie Bildungsabschlüsse; diese werden ebenfalls synthetisiert.

Im Zuge der Synthetisierung können verschiedene Hyperparameter gesetzt werden. Für eine Hyperparameteroptimierung wurden mithilfe einer Rastersuche (grid search) im Laufe des Forschungsprozesses folgende Hyperparameter hinsichtlich ihres Nützlichkeits- und Risikoverhältnisses für Angestellten- und Betriebsdatensatz (jeweils auf Basis einer Stichprobe) unabhängig voneinander untersucht: die Anzahl der zu generierenden partiell synthetischen Datensätze, die Anzahl der minimal vorzuhaltenden Beobachtungen für das letzte Blatt im CART sowie die Anwendung von Glättungsverfahren. Als Kennzahlen für die Bewertung der Datennützlichkeit dienten der Propensity Score Mean-Squared-Error und der Confidence Interval Overlap für die Koeffizienten einer beispielhaften Regressionsanalyse, für die Risikobewertung dagegen Expected Match Risk und True Match Rate (Reiter/Mitra, 2009). Auf Basis der Ergebnisse wurde sich dafür entschieden, $m = 5$ partiell synthetische Datensätze zu generieren und auf Glättungsverfahren zu verzichten sowie mindestens drei Beobachtungen für die letzten Blätter der CART vorzuhalten.

Grafik 2
Schrittweises Vorgehen zur Synthetisierung der verknüpften Daten der Verdienststrukturerhebung 2018



4

Nützlichkeitsbewertung

Um die Nützlichkeit generierter synthetischer Datensätze zu bewerten, wird üblicherweise zwischen globaler Nützlichkeit und modellspezifischer Nützlichkeit unterschieden.

Die Bewertung der globalen Nützlichkeit erfolgt typischerweise anhand der Replikation allgemeiner statistischer Basiskennzahlen (Lage- und Streuungsmaße) sowie der Verteilungen (Drechsler/Haensch, 2023). Die Betrachtung der Lagemaße zeigt, dass insbesondere für die synthetisierten Variablen aus dem ursprünglichen Angestelltendatensatz sowohl arithmetisches Mittel als auch Median sowie die Quartilswerte sehr nah an den Originalwerten liegen. Auch die Standardabweichung wird, gemittelt über alle $m = 5$ partiell synthetischen Datensätze, sehr gut für diese Variablen wiedergegeben. Diese Kennzahlen werden für die Variable Unternehmensgröße (Anzahl der Mitarbeitenden), die ursprünglich aus dem Betriebsdatensatz stammt, auf Beschäftigtenebene unterschätzt. ↘ Tabelle 1 Dieses Phänomen tritt unabhängig davon auf, ob eine Glättung vorgenommen wird oder nicht und ebenfalls unabhängig davon, ob man den verknüpften Datensatz oder singulär den Betriebsdatensatz betrachtet. Hier sollte künftig geprüft werden, ob statt CART eine alternative Synthetisierungsmethode für diese Variablen bessere Ergebnisse liefert.

Tabelle 1
Vergleiche deskriptiver Statistiken für exemplarische Variablen aus Originaldatensatz und partiell synthetischen Datensätzen

	Originaldaten	Partiell synthetische Daten
	Bruttomonatseinkommen	
Mittelwert	2 709,00	2 707,72
Median	2 365,00	2 365,00
Standardabweichung	2 590,98	2 585,50
P25 | P75	1 206 | 3 562	1 206 | 3 561,40
	Nettomonatsverdienst	
Mittelwert	1 811,43	1 811,84
Median	1 629,00	1 629,60
Standardabweichung	1 554,90	1 565,58
P25 | P75	908 | 2 336	910,40 | 2 341,60
	Geschlecht	
Mittelwert	1,45	1,45
Median	1,00	1,00
Standardabweichung	0,4973	0,4973
P25 | P75	1 | 2	1 | 2
	Geburtsjahr	
Mittelwert	1 974,65	1 974,65
Median	1 974,00	1 974,00
Standardabweichung	13,28	13,28
P25 | P75	1 964 | 1 986	1 964 | 1 986
	Jahr des Unternehmenseintritts	
Mittelwert	2 009,21	2 009,29
Median	2 013,00	2 013,00
Standardabweichung	9,72	9,53
P25 | P75	2 005 | 2 016	2 005 | 2 016
	Unternehmensgröße	
Mittelwert	4 339,354	3 708,452
Median	121,00	76,40
Standardabweichung	21 712,43	19 080,55
P25 | P75	27 | 581	12 | 459,20

Berechnungen auf Basis der Verdienststrukturerhebung 2018.

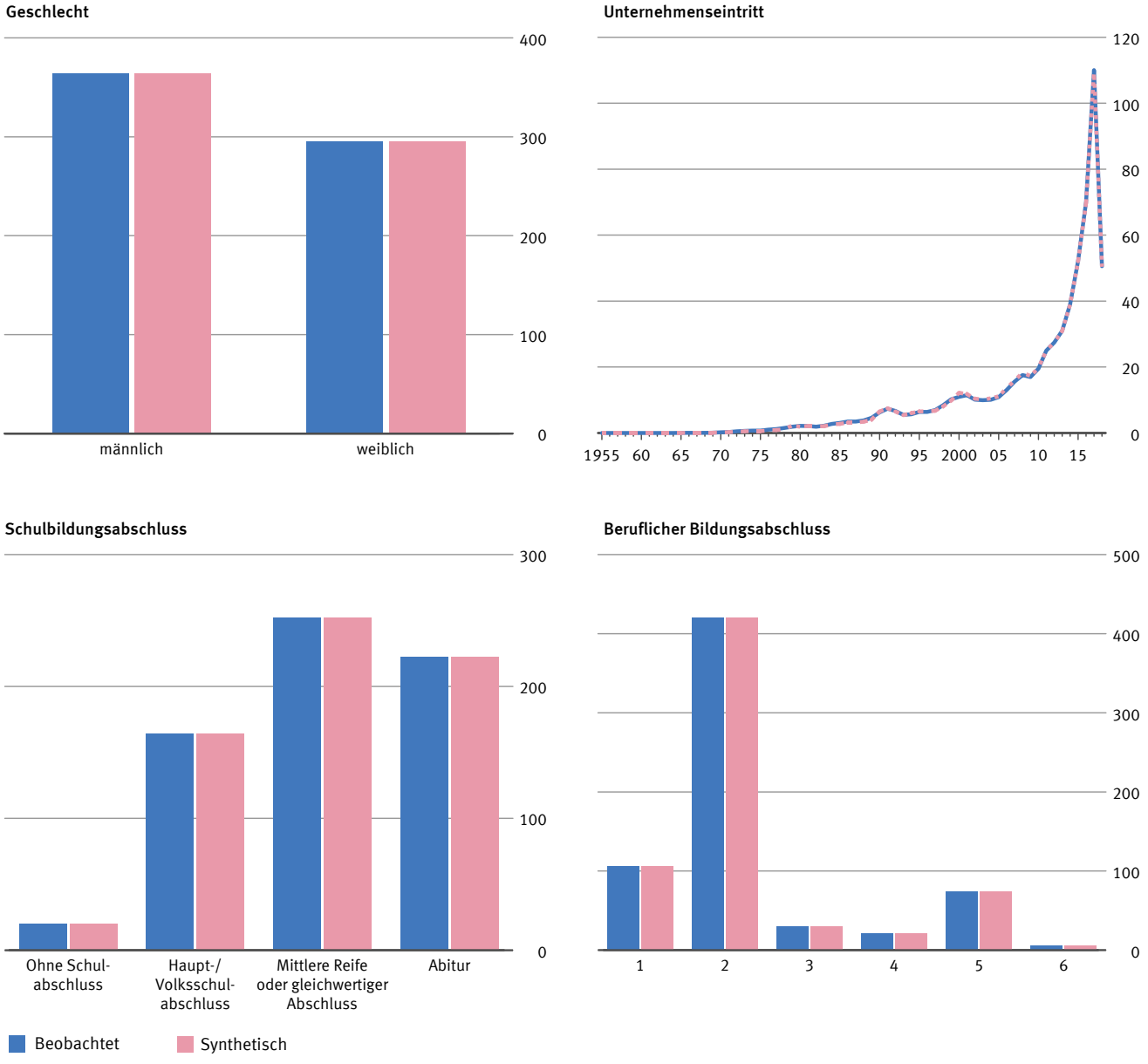
Sowohl die grafische Betrachtung der Verteilungen für einige beispielhafte nicht metrische Variablen in ↘ Grafik 3 als auch die Auswertung der Hellingerdistanz für die metrischen Variablen zeigen, dass die generierten, multiplen, partiell synthetischen Daten die Gegebenheiten der Originaldaten gut replizieren. Die Hellingerdistanz dient dazu, den Abstand und damit die Unterscheidbarkeit von zwei Verteilungen zu berechnen (Le Cam/Yang, 2000). Folglich eignet sie sich, um die Ähnlichkeit von anonymisierten oder synthetisierten Variablen zu Originalvariablen bezüglich ihrer Verteilungen zu bewerten (Gomatam und andere, 2005). Per Definition liegt die Hellingerdistanz D_H zwischen 0 und 1, wobei die Verteilungen sich umso ähnlicher sind, je näher der Wert bei null liegt.

$$D_H^2(V, V_{syn}) = \frac{1}{2\sqrt{2}} \int \left(\sqrt{f(V_i)} - \sqrt{g(V_{syn,i})}\right)^2 dV \quad (1)$$

Auch die Ergebnisse der Analysen zur Hellingerdistanz bestätigen den Eindruck aus den optischen Vergleichen ausgewählter Verteilungen. Für die beiden Zeitinformationen (Geburtsjahr und Jahr des Eintritts in das Unternehmen) sind die Verteilungen aus den synthetischen Datensätzen nahezu identisch zur Verteilung der jeweiligen Variablen in den Originaldaten. Ebenfalls sehr gering ist der Abstand zwischen der synthetischen Ver-

Grafik 3

Univariate Verteilungen der beispielhaften diskreten Merkmale Geschlecht, Unternehmenseintritt, schulischer und beruflicher Bildungsabschluss
in 1 000



Berechnungen auf Basis der Verdienststrukturerhebung 2018.

teilung und der Verteilung in den Originalvariablen für den „Gesamtverdienst für Überstunden“ ($D_H^2 < 0{,}05$) sowie für die Variable „Gesetzliche Abzüge durch die Sozialversicherung (insgesamt)“. Für letztere liegt die Hellingerdistanz knapp über 0,05. Für „Brutto-, Nettomonats- und Bruttojahresverdienst“ ist die Hellingerdistanz zwar doppelt so hoch im Vergleich zur Variablen „Gesamtverdienst für Überstunden“, mit $D_H^2 < 0{,}10$ aber immer noch sehr gering. Lediglich die Variable „Unternehmensgröße“ beziehungsweise „Anzahl der Mitarbei-

ter des Unternehmens“, welche ursprünglich aus dem Betriebsdatensatz stammt, ist mit $D_H^2 = 0{,}6431$ sehr hoch. ↘ Tabelle 2 Diese Beobachtung geht einher mit den Ergebnissen beziehungsweise Abweichungen der deskriptiven Kennzahlen (siehe Tabelle 1). Folglich ist vor einer finalen Bereitstellung der Daten zu prüfen, ob im Synthetisierungsschritt 1 durch eine Anpassung der Modellparameter weitere Verbesserungen möglich sind (siehe Grafik 2).

Tabelle 2

Hellingerdistanzen zwischen den Verteilungen der originalen und partiell synthetischen (metrischen) Einkommensvariablen und Jahresangaben

Bruttomonatsverdienst	0,0798
Gesamtverdienst für Überstunden	0,0404
Gesetzliche Abzüge durch die Sozialversicherung (insgesamt)	0,0602
Bruttojahresverdienst	0,0826
Nettomonatsverdienst	0,0776
Geburtsjahr	0,0024
Jahr des Unternehmenseintritts	0,0007
Unternehmensgröße	0,6431

Berechnungen auf Basis der Verdienststrukturerhebung 2018.

Darüber hinaus kann die globale Nützlichkeit der synthetisierten Daten durch den sogenannten Propensity Score Mean-Squared-Error (pMSE) bewertet werden. Dieser beschreibt ebenfalls die Ähnlichkeit der Originaldaten und der generierten synthetischen Daten. Dafür werden der Originaldatensatz und jeweils ein synthetisierter Datensatz „gestapelt“ (Summe der Beobachtungen: $n_{orig} + n_{syn} = N$). Anschließend werden propensity scores berechnet in Bezug auf eine Indikatorvariable *I*, welche angibt, ob Beobachtungen aus den Originaldaten oder synthetischen Daten stammen. Final wird dann der durchschnittliche Fehler dieser propensity scores berechnet und das Ergebnis für alle $m = 5$ partiell synthetischen Datensätze gemittelt. Da in der vorliegenden Arbeit der Originaldatensatz bezüglich der Anzahl an Berichtseinheiten 1:1 repliziert wurde, liegt der pMSE per Definition zwischen 0 und 0,25. Dabei ist die Nützlichkeit der Daten umso besser, desto näher der pMSE bei null liegt (Woo und andere, 2009). Zu beachten ist, dass auch die Beobachtungszahl den pMSE beeinflusst (Snoke und andere, 2018).

$$(2) \qquad pMSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(p_i - \frac{n_{syn}}{N})^2$$

Die propensity scores für den pMSE wurden mithilfe von CART-Modellen geschätzt. Als Prädiktorvariablen sind dabei die Variablen Alter und Geschlecht sowie alle einkommensbezogenen Variablen zur Schätzung herangezogen worden. Der pMSE liegt mit 0,0042 sehr nahe an null und damit an der maximal möglichen Nützlichkeit. Das heißt das Modell kann nicht perfekt zwischen den Original- und den synthetischen Daten unterscheiden.

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine Bewertung lediglich einzelfallbezogen stattfinden kann und keine globalen Aussagen abgeleitet werden können. Um die modellspezifische Nützlichkeit zu bewerten, werden beispielhafte Analysen sowohl auf den partiell synthetisierten Daten als auch auf den Originaldaten durchgeführt und die jeweiligen Ergebnisse miteinander verglichen. Neben der bloßen Betrachtung der Schätzer und ihrer Streuungen und Signifikanzniveaus ist die Betrachtung der Überlappung der Konfidenzintervalle (Karr und andere, 2006) eine etablierte Methode. Für die Bewertung der modellspezifischen Nützlichkeit wurde eine beispielhafte lineare Regressionsanalyse auf die abhängige Variable Bruttostundenlohn berechnet. Als mögliche erklärende Variablen für Unterschiede im Bruttostundenlohn wurden dabei Informationen zur beruflichen und schulischen Bildung, zum Geschlecht, Geburtsjahr und Jahr des Unternehmenseintritts sowie zu einer möglichen Befristung und zur Unternehmensgröße in das Modell aufgenommen. Das Modell zeigt sowohl auf Basis der Originaldaten als auch der multiplen, partiell synthetischen Daten einen negativen Zusammenhang zwischen den unabhängigen und den abhängigen Variablen. Ausnahmen sind die Bildungsinformationen und die Unternehmensgröße. Bis auf die Regressionskonstante, das Geschlecht und die mögliche Beteiligung der öffentlichen Hand am Unternehmenskapital sind auch nur vernachlässigbare Unterschiede bei der Größe der Koeffizienten zu beobachten. Bei den drei genannten unabhängigen Variablen weichen die Koeffizienten teils mehr und teils weniger deutlich von ihren auf den Originaldaten basierenden Gegenspielern ab. Unabhängig von der Datenbasis wird für die Regressionskonstante sowie alle unabhängigen Variablen ein statistisch höchst signifikanter Einfluss auf die abhängige Variable Bruttostundenlohn beobachtet. Die wichtigsten Ergebnisse der beispielhaften linearen Regression werden also auch mit den multiplen, partiell synthetischen Datensätzen der Verdienststrukturerhebung 2018 wiedergegeben. Die Überlappung der

Tabelle 3
Vergleich einer beispielhaften Regressionsanalyse (abhängige Variable: Bruttostundenlohn) basierend auf Original- und partiell synthetischen Daten

	Partiell synthetische Daten	Originaldaten	Überlappung des Konfidenzintervalls
Konstante	657,9256	643,0927***	0,0704
Schulbildungsabschluss	1,6492	1,7106***	0,2916
Beruflicher Bildungsabschluss	3,6022	3,6179***	0,7476
Geschlecht	– 3,3084	– 3,6585***	0,0000
Geburtsjahr	– 0,0366	– 0,0409***	0,2123
Unternehmenseintritt	– 0,2850	– 0,2733***	0,5591
Befristung	– -1,3867	– 1,3712***	0,6593
Privatwirtschaft (dummy)	– 0,2421	– 0,4013***	0,3259
Unternehmensgröße	0,0000	0,0000***	0,0000
Durchschnittliche Überlappung des Konfidenzintervalls			0,3185

Berechnungen auf Basis der Verdienststrukturerhebung 2018.
Anmerkung: ***p<0.001

Konfidenzintervalle der Koeffizienten der unabhängigen Variablen lässt jedoch ein weiteres Optimierungspotenzial vermuten. Nur für ein Drittel der Koeffizienten ist eine Überlappung von mehr als 50 % zu beobachten (beruflicher Bildungsabschluss, Jahr des Unternehmenseintritts, Befristung des Arbeitsverhältnisses). Da unter diesen Variablen eine metrische, eine nominale und eine ordinale Variable enthalten sind, ist zunächst einmal nicht von einem Einfluss des Variablentyps auf die Überlappung des Konfidenzintervalls auszugehen. ↘ Tabelle 3

5 Diskussion

Der vorliegende Beitrag hat einen Ansatz zur multiplen, partiellen Synthetisierung eines verknüpften Datensatzes vorgestellt. Dafür wurde die multiple, partielle Synthetisierung des Gesamtdatenmaterials der Verdienststrukturerhebung 2018 in drei Schritte unterteilt und zunächst nur sensible Daten der Betriebsdaten fünffach synthetisiert. Im Anschluss erfolgte die Zusammenführung mit den zu diesem Zeitpunkt unveränderten Angestelltendaten, bevor schließlich die sensiblen Variablen aus den Angestelltendaten in den fünf zusammengeführten Gesamtdatensätzen synthetisiert wurden. Dieses Vorgehen ermöglicht es, die logische Konsistenz von übergreifend in beiden Teildatensätzen vorhandenen Informationen sicherzustellen.

Die Ergebnisse zur Nützlichkeitsbewertung der erstellten multiplen, partiell synthetischen Daten zur Verdienststrukturerhebung 2018 deuten auf eine gute Nützlichkeit des Datenprodukts für die Wissenschaft hin. Die Ergebnisse der globalen Nützlichkeit zeigen, dass grundlegende deskriptive Statistiken (Mittelwert, Median, Standardabweichung und Quartile) zur Datensatzstruktur durch die multiplen, partiell synthetischen Daten wiedergegeben werden. Auch die Analysen zum Abgleich der Verteilungen der synthetischen Variablen mit ihren Gegenstücken in den Originaldaten mittels pMSE und Hellingerdistanz zeigen, dass die synthetisierten Datensätze die Verteilungen aus den Originaldaten gut abbilden. Lediglich für die Variable zur Anzahl der Angestellten im Unternehmen zeigt bezüglich der Verteilung größere Abweichungen. Vor einer finalen Bereitstellung als partiell synthetisches Datenprodukt sollte an dieser Stelle nochmals geprüft werden, ob es möglich ist, die Verteilungsgüte dieser Variable durch eine Anpassung der Modellparameter zu optimieren.

Grundsätzliches Potenzial für die wissenschaftliche Nutzung eines solchen Datenprodukts in den Forschungsdatenzentren zeigen auch die Ergebnisse einer beispielhaft durchgeführten Regressionsanalyse auf die abhängige Variable Bruttostundenlohn. Die Effektrichtung und das Signifikanzniveau der berechneten Regressionskoeffizienten der in das exemplarische Modell aufgenommenen unabhängigen Variablen werden zu jeder Zeit korrekt wiedergegeben. Bei der Effektstärke sind teilweise kleinere Abweichungen zu beobachten und die Überlappung der Konfidenzintervalle ist nur bedingt zufriedenstellend.

An den aufgezeigten Ergebnissen sind zum aktuellen Forschungsstand und unter den aktuellen technischen Möglichkeiten keine signifikanten Verbesserungen zu erwarten. Bei einem qualitativen Befragungsprozess wird im weiteren Verlauf des Projekts untersucht, ob die zugrunde liegenden Charakteristika der Wissenschaft zur Nutzung als separates Datenprodukt einen Mehrwert bieten könnten. Unabhängig von den Ergebnissen dieses qualitativen Prozesses könnten die vorgestellten Daten der Wissenschaft zumindest für erste explorative Einblicke und für eine bessere Unterstützung bei der Entwicklung des Programmcodes im Rahmen der kontrollierten Datenfernverarbeitung behilflich sein.

Inwieweit die Daten der breiten Öffentlichkeit zum Download oder nur der Wissenschaft als Scientific-Use-File oder per Remote Access zur Verfügung gestellt werden können, hängt von den Ergebnissen der Risikoanalyse ab. Diese wird ein weiterer Artikel in dieser Zeitschrift näher beleuchten. Zudem steht eine finale juristische Bewertung noch aus. Abschließend lässt sich festhalten, dass ein partiell synthetisierter Datensatz mit einer zufriedenstellenden Nützlichkeit generiert werden konnte. Ob sich der Aufwand zur Erstellung solch synthetisierter Datensätze allerdings lohnt, hängt maßgeblich davon ab, wie die Risikoanalyse ausfällt und – damit einhergehend – welcher Zugangsweg gewählt werden kann. Nicht zuletzt ist die Akzeptanz durch die Wissenschaft ein entscheidendes Kriterium.

LITERATURVERZEICHNIS

Brenzel, Hanna/Zwick, Markus. *Eine informationelle Infrastruktur in Deutschland ist erwachsen – das Forschungsdatenzentrum des Statistischen Bundesamtes*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 6/2022, Seite 54 ff.

Drechsler, Jörg. *Generating Multiply Imputed Synthetic Datasets: Theory and Implementation*. Bamberg 2010. [Zugriff am 26. Juni 2025]. Verfügbar unter: fis.uni-bamberg.de

Drechsler, Jörg/Haensch, Anna-Carolina. *30 years of synthetic data*. arXiv preprint arXiv:2304.02107. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2304.02107

Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder. *Metadatenreport. Teil II: Produktspezifische Informationen zur Nutzung der Verdienststrukturerhebung 2018 per On-Site-Nutzung*. DOI: 10.21242/62111.2018.00.00.1.1.0

Gomatam, Shanti/Karr, Alan F./Sanil, Ashish P. *Data swapping as a decision problem*. In: Journal of Official Statistics. Statistics Sweden. Jahrgang 21. Ausgabe 4/2005, Seite 635 ff.

Karr, Allan F./Kohnen, Christine N./Oganian, Anna/Reiter, Jerome P./Sanil, Ashish P. *A Framework for Evaluating the Utility of Data Altered to Protect Confidentiality*. In: The American Statistician. Jahrgang 60. Ausgabe 3/2006, Seite 224 ff. DOI: 10.1198/000313006X124640

Le Cam, Lucien/Yang, Grace Lo. *Contiguity – Hellinger Transforms*. In: Asymptotics in Statistics. New York 2000. DOI: 10.1007/978-1-4612-1166-2_3

Little, Roderick J. A. *Statistical Analysis of Masked Data*. In: Journal of Official Statistics. Statistics Sweden. Jahrgang 9. Ausgabe 2/1993, Seite 407 ff.

Little, Claire/Elliot, Mark/Allmendinger, Richard/Samani, Sahel Shariati. *Generative Adversarial Networks for Synthetic Data Generation: A Comparative Study*. arXiv preprint arXiv:2112.01925. 2021.

Raab, Gillian. M./Nowok, Beata/Dibben, Chris. *Practical data synthesis for large samples*. In: Journal of Privacy and Confidentiality. Jahrgang 7. Ausgabe 3/2016, Seite 67 ff. DOI: 10.29012/jpc.v7i3.407

Reiter, Jerome P. *Selecting the number of imputed datasets when using multiple imputation for missing data and disclosure limitation*. In: Statistics & Probability Letters. Jahrgang 78. Ausgabe 1/2008, Seite 15 ff.

Reiter, Jerome P./Mitra, Robin. *Estimating risks of identification disclosure in partially synthetic data*. In: Journal of Privacy and Confidentiality. Jahrgang 1. Ausgabe 1/2009, Seite 99 ff.

Rubin, Donald B. *Discussion: Statistical disclosure limitation*. In: Journal of Official Statistics. Statistics Sweden. Jahrgang 9. Ausgabe 2/1993, Seite 462 ff.

LITERATURVERZEICHNIS

Snoke, Joshua/Raab, Gillian M./Nowok, Beata/Dibben, Chris/Slavkovic, Aleksandra. *General and specific utility measures for synthetic data*. In: Journal of the Royal Statistical Society. Series A: Statistics in Society. Jahrgang 181. Ausgabe 3/2018, Seite 663 ff. DOI: 10.1111/rssa.12358

Woo, Mi-Ja/Reiter, Jerome P./Oganian, Anna/Karr, Alan F. *Global measures of data utility for microdata*. In: Journal of Privacy and Confidentiality. Jahrgang 1. Ausgabe 1/2009, Seite 111 ff. DOI: 10.29012/jpc.v1i1.568

RECHTSGRUNDLAGEN

Gesetz über die Statistik für Bundeszwecke (Bundesstatistikgesetz – BStatG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Oktober 2016 (BGBl. I Seite 2394), das zuletzt durch Artikel 14 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. I Nr. 152) geändert worden ist.

VERGLEICH VON RECORD-LINKAGE-METHODEN ANHAND DER MIKRO-SIMULATION EINES BUNDESWEITEN BILDUNGSVERLAUFSREGISTERS

Severin V. Weiand

Schlüsselwörter: Registermodernisierung – Zensus – Bildungsmodul – Linkage-Bias – Datenqualität

ZUSAMMENFASSUNG

Damit ein Register wie das geplante bundesweite Bildungsverlaufsregister optimal genutzt werden kann, sind vorab die technischen Probleme zu klären, die bei der Zusammenführung der Daten einer Person aus verschiedenen Datenquellen, dem sogenannten Record-Linkage, auftreten können. Einige der dabei nötigen Entscheidungen lassen sich nicht anhand vorhandener empirischer Daten treffen. Eine Mikrosimulation kann in der Diskussion um ein bundesweites Bildungsverlaufsregister genutzt werden, um entsprechende Fragen zu beantworten. Die Auswirkungen verschiedener Record-Linkage-Methoden auf die Qualität des Registers werden hierzu bei einem simulierten Register getestet. Überdies wird untersucht, inwieweit ein Linkage-Bias durch die verschiedenen Methoden entsteht.

Keywords: *register modernisation – census – education module – linkage bias – data quality*

ABSTRACT

For optimal use of a register such as the planned national educational trajectory register, it is first necessary to address the technical problems that may occur when linking data that refer to the same person across different data sources, known as record linkage. Some of the necessary decisions cannot be taken based on existing empirical data. In the context of the discussion about a national educational trajectory register, a microsimulation can be used to clarify such issues. To this end, the effects of different record linkage methods on the quality of the register are tested using a simulated register. In addition, the extent to which linkage bias is created by the various methods is analysed.

Severin V. Weiand

hat Behavioural Data Science (M. A.) mit dem Schwerpunkt Survey Methodology und zuvor Soziologie (B. A.) sowie Informatik (B. Sc.) studiert. Seit 2024 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Lehrstuhl für Methoden der empirischen Sozialforschung an der Universität Duisburg-Essen.

Für seine 2022 angefertigte Bachelorarbeit „Vergleich von Record-Linkage Methoden anhand der Mikro-Simulation eines bundesweiten Schülerregisters“, die dieser Artikel vorstellt, erhielt er den Wissenschaftlichen Nachwuchspreis „Statistical Science for the Society“ 2024. Die Arbeit wurde betreut von Prof. Dr. Rainer Schnell an der Universität Duisburg-Essen.

1

Einleitung

Im Zuge der Registermodernisierung und des geplanten Registerzensus gewinnen Verfahren zur Verknüpfung von Registern zunehmend an Bedeutung (Haußmann, 2018). Neben der Führung einer Identifikationsnummer (ID) als Verwaltungsmerkmal stehen dabei auch Record-Linkage-Methoden im Fokus (Schnell, 2019). Hierbei werden Individualdaten anhand von Quasi-Identifikatoren, wie Name oder Geburtsdatum, verknüpft und damit zugehörige Datensatzeinträge identifiziert.

Ein zentrales Problem von Record-Linkage besteht darin, dass Quasi-Identifikatoren nicht eindeutig sind und Fehler enthalten können (Herzog und andere, 2007). Entsprechende Methoden müssen dies berücksichtigen, um eine qualitativ hochwertige und verzerrungsfreie Verknüpfung zu gewährleisten. Andernfalls können die verknüpften Datensätze nicht das Qualitätskriterium der amtlichen Statistik der Kohärenz und Vergleichbarkeit erfüllen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2021).

Das Beurteilen der Verknüpfungsqualität von Realdaten ist jedoch schwierig, da hierfür die Korrektheit eines potenziellen Recordpaares bekannt sein muss (Herzog und andere, 2007). Um ein Record-Linkage-Verfahren zu implementieren, insbesondere für große Projekte, wie es bei der Registermodernisierung der Fall ist, sollte daher das verwendete Verfahren zunächst getestet werden. Dies ist besonders bedeutsam, wenn vor der Einführung des Registers die benötigten Quasi-Identifikatoren festgelegt werden müssen und deren Menge aufgrund der Anforderung der Datensparsamkeit möglichst klein gehalten werden soll (Schnell, 2019).

Eine Möglichkeit, Testdaten zu gewinnen, ist die Mikrosimulation. Dabei handelt es sich um die Simulationen auf der Ebene einzelner Einheiten (Merkmalsträger), wie in diesem Fall Personen, über die Zeit (Li/O'Donoghue, 2013). Dies erlaubt auch den Test von Längsschnittverknüpfungen.

Konkret wurde in dieser Arbeit die Mikrosimulation eines bundesweiten Bildungsverlaufsregisters durchgeführt. Zunächst wird hierfür in Kapitel 2 der Hintergrund dieser Simulation beschrieben. Daran schließt sich eine kurze Darstellung wesentlicher Elemente des Simulationsprozesses an. Die erzeugten simulierten Daten wurden danach mithilfe einer Vielzahl von Record-Linkage-Verfahren verknüpft, wie Kapitel 4 erläutert. Abschließend erfolgt eine Analyse der Verknüpfungsergebnisse hinsichtlich der Linkage-Qualität, des Linkage-Bias und der möglichen Auswirkungen auf Kohärenz und Vergleichbarkeit der Daten.

2

Hintergrund

Im Zuge der Umstellung des Zensus auf ein registerbasiertes Verfahren diskutieren Bund und Länder seit längerer Zeit über die Einführung eines Bildungsverlaufsregisters (Giar und andere, 2023). Ziel eines solchen Registers ist, Bildungsverläufe auf Individualebene in Form eines Längsschnittregisters abzubilden. Im Zuge des geplanten Registerzensus wird dieses Register als Bildungsmodul benötigt, um die Lieferverpflichtungen gegenüber der Europäischen Union für den Zensus zu erfüllen (Gawronski, 2020). Überdies wird erwartet, dass das Register bundesweite Analysen des Schulsystems und Bildungserfolgs erlaubt, die aufgrund sehr hoher Kosten durch Erhebungen kaum zu erreichen sind. Insbesondere die Fähigkeit, den Bildungserfolg bestimmter Subpopulationen, wie Migranten, zu analysieren, ist dabei eine konkrete Erwartung an das Register. Auch wird gefordert, dass Bildungsübergänge über Bundesländer hinweg erforscht werden können (RatSWD, 2022).

Zentral für das Erfüllen dieser Erwartungen an ein Bildungsverlaufsregister ist ein funktionierendes Identitätsmanagement. Bisherige Überlegungen sehen vor, dass das Bildungsverlaufsregister durch die Verknüpfung anhand von Record-Linkage-Verfahren erstellt werden soll (Giar und andere, 2023). Von besonderer Bedeutung ist dabei, dass die Verknüpfung zu keinem Linkage-Bias führt. Bestimmte Subpopulationen sollen daher keinen signifikant anderen Verknüpfungserfolg haben als der Rest der Population. Andernfalls bestehen Unterschiede in der Qualität der abgebildeten Bildungsverläufe (Schnell, 2022).

Um die Möglichkeiten des Verwendens von Record-Linkage-Verfahren zur Erstellung des Bildungsverlaufsregisters zu prüfen, beauftragte das Bundesministerium für Bildung und Forschung Prof. Dr. Rainer Schnell damit,

eine Simulation des Registers durchzuführen. Insbesondere sollten die notwendigen Quasi-Identifikatoren für ein bundesweites Bildungsverlaufsregister untersucht werden. Der Bericht (Schnell, 2022) enthält die Details der Simulation, eine knappe Zusammenfassung findet sich bei Schnell und Weiand (2023). Die auf der Simulation aufbauende Bachelorarbeit (Weiand, 2022) sollte anhand der simulierten Datensätze einen detaillierten Vergleich verschiedener Record-Linkage-Verfahren durchführen. Entsprechend wird die Mikrosimulation im Folgenden nur in ihren Grundzügen erläutert.

3 Beschreibung der Mikrosimulation

Das Register wurde anhand von jährlichen Querschnitten für eine Periode von zehn Jahren simuliert. Die einzelnen Querschnitte wurden dabei mit dem jeweiligen Vorjahresergebnis verknüpft. Wie viele Mikrosimulationen bestand auch diese Simulation somit aus zwei Phasen (Li/O'Donoghue, 2013). Zunächst wurde ein Startdatensatz erstellt, der den Zustand des Registers zur virtuellen Einführung im Jahr 2000 möglichst genau darstellte und größtenteils durch einen Vorlauf der im Folgenden dargestellten Simulationsroutine gebildet wurde. Anschließend erfolgte die eigentliche Mikrosimulation, bei der – basierend auf dem Vorjahresstand – die jährlichen Veränderungen der Quasi-Identifikatoren simuliert wurden. Jährlich wird das Register zudem um weitere Bildungsteilnehmende erweitert. Da keine Personen gelöscht werden, ist das Register somit kumulativ. Das Register umfasst zum Startjahr etwa 18,9 Millionen und zum Endjahr (2009) etwa 27 Millionen simulierte Personen.

Für jede Person wurden die Quasi-Identifikatoren Vorname, Nachname, Geburtsdatum, Geschlecht und Geburtsort simuliert. Quasi-Identifikatoren folgen keinen einfachen Verteilungen und korrelieren zumeist miteinander. Beispielsweise ist die Namensgebung regional und zeitlich abhängig. Dies führt dazu, dass Kombinationen von Quasi-Identifikatoren häufiger auftreten, als es unter Unabhängigkeit zu erwarten ist. Dies wiederum erschwert die Verknüpfung, da diese Personen schwerer zu unterscheiden sind. Kommt es darüber hinaus zu Fehlern bei der Eingabe, erschwert dies die Verknüpfung zusätzlich. Entsprechend werden diese Zusammenhänge möglichst detailliert simuliert, um möglichst realistische Verknüpfungsergebnisse zu erhalten.

Es gilt zu beachten, dass der Detailgrad einer Mikrosimulation immer von den vorhandenen Daten und Ressourcen abhängt. Entsprechend müssen einige reale Prozesse vereinfacht werden. In diesem Fall waren insbesondere die Ausreißer im Bildungssystem schwer zu modellieren. Der Bildungsverlauf wurde daher relativ linear modelliert, wie sich im Folgenden zeigen wird.

Zur Vereinfachung der simulierten Prozesse wird insbesondere zwischen vier Personengruppen unterschieden:

1. Schülerinnen und Schüler,
2. Studierende,
3. Auszubildende und
4. Erwachsene.

Innerhalb dieser Gruppen werden zumeist unterschiedliche, feste Wahrscheinlichkeitsverteilungen angenommen. Ferner wird zwischen in Deutschland geborenen Personen (Einheimische) sowie Migrantinnen und Migranten unterschieden.

3.1 Simulation der Personenmerkmale

Anhand der Geburtsquote wurde die Anzahl der Kinder ermittelt, die in einem bestimmten Jahr eingeschult wurden. Für Einheimische wurden Monats- und Wochentagsverteilungen der Geburtsdaten berücksichtigt. Zudem wurde auch der Anteil der Mehrlinge (Zwillinge und Drillinge) berücksichtigt, die bei der Verknüpfung besondere Probleme hervorrufen können, da sie sich zumeist nur in einem der erfassten Quasi-Identifikatoren unterscheiden. Ferner wurde angenommen, dass jährlich 49 700 im Ausland geborene Schülerinnen und Schüler in das Schulsystem eintreten. Proportional zur Anzahl gemeldeter ausländischer Studierender an den deutschen Hochschulen wurde zudem die Anzahl der Neuzugänge an den Hochschulen bestimmt.

Der Geburtsort wurde proportional zur Größe der Gemeinden zugeordnet. Der Anteil der Migrantinnen und Migranten wurde über den Ausländeranteil innerhalb einer Gemeinde bestimmt sowie über die Anzahl

ausländischer Studierender. Da für Migrantinnen und Migranten keine detaillierten Daten über Geburtsorte öffentlich verfügbar sind, wurde den simulierten Migrantinnen und Migranten zufällig ein Geburtsort im Ausland zugeordnet.

Häufige Namenskombinationen, beispielsweise Thomas Müller, sind schwerer zu verknüpfen; daher galt es, die Homogenität der aktuell vergebenen Namen bei Kindern möglichst detailliert nachzubilden. Hierzu wurde in Kooperation mit dem Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung Hamburg eine verschlüsselte Namensverteilung nach Geschlecht der Hamburger Schülerschaft aus dem Zentralen Schülerregister verwendet. Diese Verteilung wurde auf Basis der Häufigkeiten einzelner Namensteile auf ganz Deutschland skaliert. Hierdurch wurden etwa 10 Millionen verschiedene Namen für die etwa 27 Millionen Personen im Register generiert.

Die Simulation beginnt mit der Einschulung. Nach Beendigung der Schulzeit beginnen Schülerinnen und Schüler eine Ausbildung oder ein Studium. Nach diesem Bildungsabschnitt endet die Bildungslaufbahn der entsprechenden Personen. Zudem können Personen nach Beendigung ihrer Schulzeit ihre Bildungslaufbahn beenden. Unterschiedliche Schul-, Ausbildungs- und Studienzeiten werden dabei berücksichtigt. So haben beispielsweise alle Schülerinnen und Schüler, die nach zehn Jahren die Schule verlassen (Haupt- oder Realschulabschluss) eine höhere Wahrscheinlichkeit, ihre Bildungslaufbahn zu beenden als Abiturientinnen und Abiturienten. Gleichzeitig können Personen, die nach zehn Jahren die Schule verlassen haben, kein Studium beginnen.

An allen Punkten der Bildungslaufbahn besteht zudem die Möglichkeit, dass eine Person durch Auswanderung oder Tod frühzeitig ausscheidet. Ferner wurden auch Ehen simuliert und die damit einhergehende mögliche Namensänderung.

3.2 Simulation von Dateneingabefehlern

Ein zentrales Problem beim Record-Linkage sind ungenaue oder veränderte Werte, die eine direkte Verknüpfung verhindern. Entsprechend ist die Fehlerroutine ein zentrales Element dieser Simulation. Dabei wird angenommen, dass Fehler durch eine Neuerfassung der Personendaten entstehen können. Diese Neuerfassung wird bei den Ereignissen ausgelöst, die im Bildungsverlauf eintreten können. Dies ist zunächst der Wechsel der Bildungseinrichtung nach Beendigung der Schulzeit sowie der Wechsel von der Grundschule zu einer weiterführenden Schule, der für alle Schülerinnen und Schüler nach vier Jahren angenommen wurde. Ferner können Neuerfassungen jederzeit durch Umzug und Heirat erfolgen.[1]

Da keine empirischen Daten über die mögliche Datenqualität eines Bildungsregisters zum Zeitpunkt der Simulation vorlagen, wurde die Datenqualität in Form von mehreren möglichen Fehlerquoten simuliert (0,1 %, 0,3 %, 0,7 % und 1 %). Dies erlaubt es, den Einfluss der Datenqualität auf die Verknüpfung abzuschätzen. Die Fehlerquote ist für alle Quasi-Identifikatoren gleich groß und legt den Anteil der Felder fest, die mit einem Fehler behaftet werden. Die Auswahl erfolgt dabei unabhängig. Bei einer Person können somit Fehler in mehreren Quasi-Identifikatoren auftreten.

Vor der Fehlergenerierung werden die Quasi-Identifikatoren der betroffenen Records auf ihren wahren Wert gesetzt. Vorhandene Fehler können somit auch korrigiert werden.

Für Textfelder (Vorname, Nachname und Geburtsort) wurden Tippfehler nach der Damerau-Levenshtein-Metrik simuliert (Damerau, 1964). Basierend auf Peterson (1986) wurden in 7,1 % der Fälle zwei Zeichen und in den restlichen Fällen ein Zeichen gelöscht, ersetzt, eingefügt oder vertauscht. Für alle weiteren Merkmale (Geburtstag, -monat, -jahr, Geschlecht) wurde das Feld mit einem anderen möglichen Wert ersetzt.

4 Record-Linkage-Verfahren

Zur Verknüpfung von Datensätzen anhand von nicht eindeutigen Quasi-Identifikatoren wurde eine Vielzahl von Methoden entwickelt (Christen, 2012). Die simulierten und korrumpierten Datensätze erlauben nun den Vergleich einiger dieser Methoden hinsichtlich der Linkage-Qualität und des entstehenden Linkage-Bias. In Form

1 Umzüge sind voneinander unabhängige Ereignisse, die abhängig von der Personengruppe simuliert wurden.

von zwei Linkage-Szenarien soll zudem die Auswirkung des Geburtsorts auf Qualität und Bias beurteilt werden.

Ein Record-Linkage-Verfahren klassifiziert ein Recordpaar entweder als Match oder Non-Match. Berücksichtigt man den wahren Zustand dieses Recordpaares, dann ergeben sich vier Kombinationen: True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP) und False Negative (FN). Hieraus können die beim Record-Linkage verwendeten Qualitätsmaße

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

und

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

berechnet werden (Christen, 2012). Üblicherweise wird in der amtlichen Statistik in Deutschland eine hohe Precision gefordert. Diese Anforderung wurde für die implementierten Verfahren übernommen.

Ein Linkage-Bias liegt vor, falls eine bestimmte Teilpopulation der Bevölkerung schlechter verknüpft werden kann als der Rest der Bevölkerung (Kvalsvig und andere, 2019). Dadurch weicht der wahre Populationswert für diese Subpopulation von dem durch die Verknüpfung ermittelten Populationswert ab. Zur Betrachtung des Bildungsverlaufsregisters wird der Mittelwert $\bar{x}$ der in allen Jahren richtig verknüpften Population mit dem wahren Mittelwert μ verglichen. Zur Quantifizierung dieser Abweichung wird der Standardized Bias verwendet (Collins und andere, 2001). Dieser ist definiert als

$$Bias = 100 \cdot \frac{\bar{x} - \mu}{s},$$

wobei s die Standardabweichung des durch die Verknüpfung ermittelten Populationswertes ist. Der Wert gibt somit die prozentuale Abweichung des Mittelwerts in Standardabweichungen an. Ein kritischer Effekt ist bei einer Abweichung von ±40 % zu erwarten (Collins und andere, 2001).

Record-Linkage-Methoden lassen sich zwischen deterministischen und probabilistischen Verfahren unterscheiden. Bei deterministischen Verfahren erfolgt ein exakter Abgleich einer Teilmenge von Merkmalen (Matchkeys). Bei probabilistischen Verfahren wird eine Match-Wahrscheinlichkeit durch den Vergleich aller Merkmale berechnet und mittels eines Schwellenwerts die Klassifizierung durchgeführt. Deterministische Verfahren liefern zumeist einen niedrigeren Recall als probabilistische Verfahren, benötigen dafür jedoch deutlich weniger Rechenleistung. Um den Rechenaufwand der probabilistischen Verfahren zu begrenzen, werden zumeist Blockingregeln eingeführt, die die Vergleichsmenge beschränken (Christen, 2012).

Die Verknüpfung des Bildungsverlaufsregisters erfolgte zweistufig. Im ersten Schritt fand eine deterministische Verknüpfung anhand aller verfügbaren Quasi-Identifikatoren statt (Exakter Matchkey). Hierdurch werden eindeutige Fälle aussortiert und der Rechenaufwand für das nächste Verfahren reduziert. Folgende Verfahren wurden im zweiten Schritt angewendet:

- Statistical Linkage Key (SLKL-581): Ein deterministischer Matchkey, gebildet aus dem zweiten und dritten Buchstaben des Vornamens, dem zweiten, dritten und fünften Buchstaben des Nachnamens, dem vollständigen Geburtsdatum und Geschlecht (Karmel, 2005).
- Probabilistisches Record-Linkage (PRL): Mithilfe eines Expectation-Conditional-Maximization-Algorithmus werden nach dem Fellegi-Sunter-Modell (Fellegi/Sunter, 1969) Match-Wahrscheinlichkeiten berechnet. Als Schwellenwert wurde 0,8 gewählt. Als Vergleichsfunktion für Textfelder wurde die Jaro-Winkler-Distanz verwendet (Herzog und andere, 2007).
- Cryptographic Long-term Keys (CLK): Alle Quasi-Identifikatoren werden in einen Bit-Vektor (Bloom-Filter) durch Aufteilen in N-Gramme codiert (Schnell und andere, 2011; Schnell und andere, 2009). Textfelder wurden als Bigramme und Zahlenfelder als Unigramme codiert. Es wurden Bloom-Filter mit 1 000 Bits erstellt und alle Merkmale mit jeweils zehn Hash-Funktionen verschlüsselt. Die Bloom-Filter wurden mithilfe von Multibit Trees indiziert (Kristensen und andere, 2010). Dabei wurde eine Tanimoto-Ähnlichkeit von 0,8 als Schwellenwert verwendet. Es wurde immer nur das erste relevante Token des Geburtsorts codiert.
- Multiple Matchkeys (MMK): Anhand der Parameter des Fellegi-Sunter-Modells werden redundanzfreie deterministische Matchkeys bestimmt (Randall und andere, 2019). Als Entscheidungskriterium für nicht eindeutige Matche wurde die Anzahl übereinstimmender Matchkeys genutzt (Schwellenwerte: mit Geburtsdatum = 1; ohne Geburtsdatum = 3).

Sofern der Geburtsort vorhanden war, wurden beim probabilistischen Record-Linkage folgende Blockingregeln sequenziell angewendet:

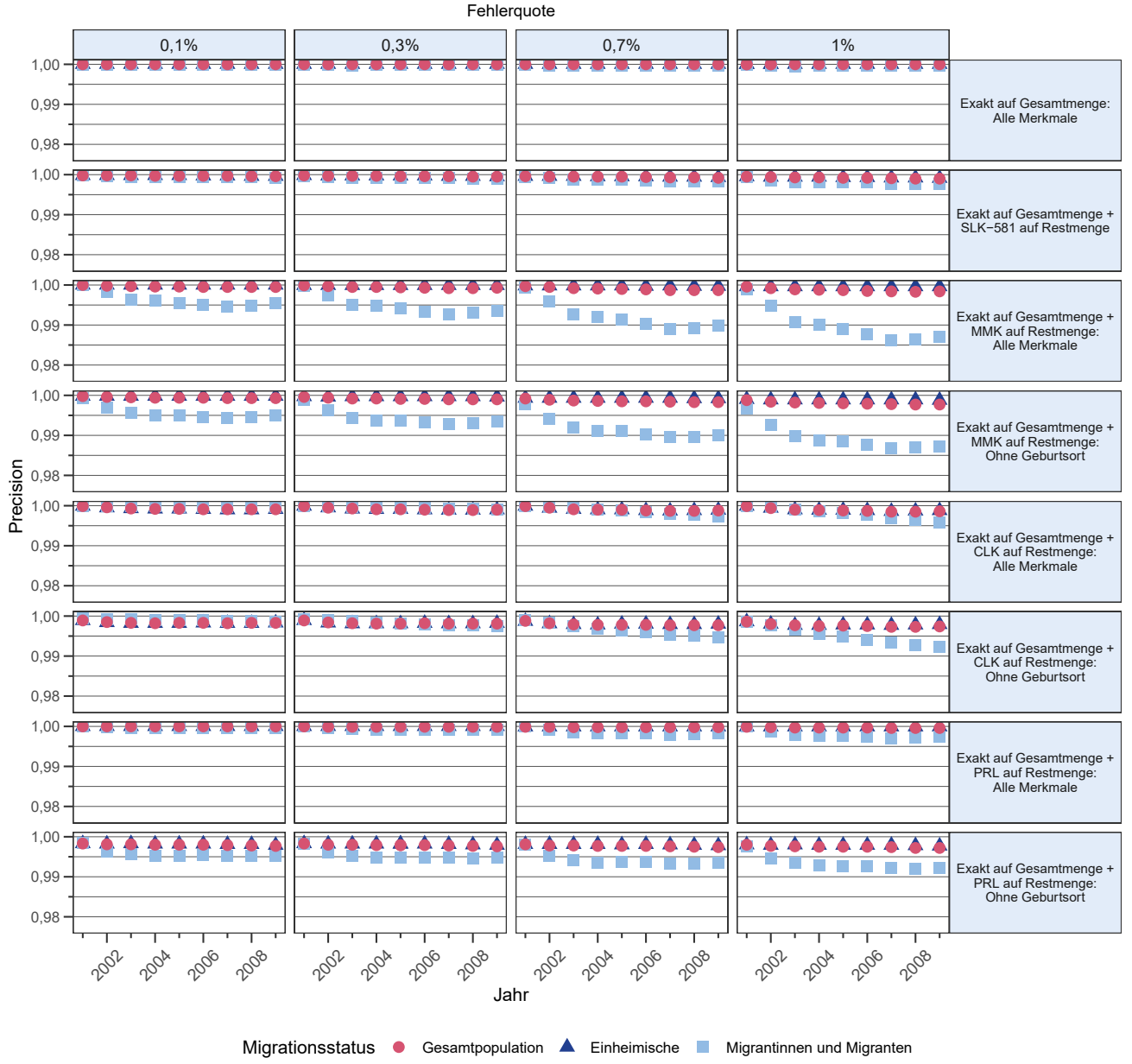
› mit Geburtsort: (1) Tag & Monat & Jahr, (2) Soundex (Vorname) & Soundex (Nachname), (3) Soundex (Vorname), (4) Geburtsort;

› ohne Geburtsort: (1) Tag & Monat & Jahr, (2) Soundex (Vorname) & Soundex (Nachname), (3) Soundex (Vorname) & Jahr.

Bei jeder angewendeten Blockingregel werden nur diejenigen Records einbezogen, die zuvor noch nicht verknüpft wurden.

Grafik 1

Precision der Verknüpfung aller einzelnen simulierten Jahre

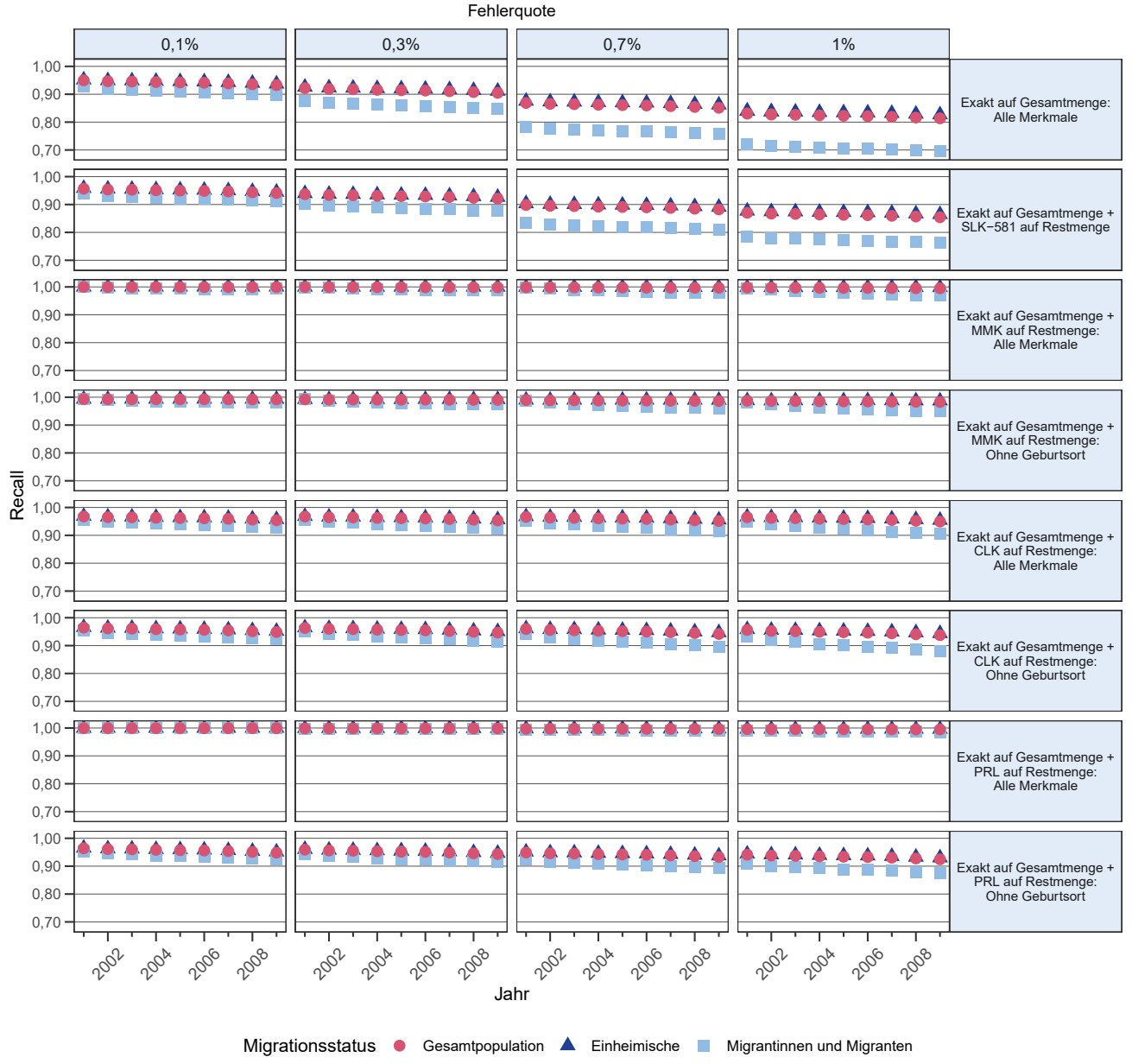


5

Ergebnisse

↘ Grafik 1 stellt die Precision der einzelnen Verfahren für alle Jahre dar, ↘ Grafik 2 den Recall. Hierbei wird zwischen den Gesamtergebnissen und den Ergebnissen nach Herkunft unterschieden. Wie erwartet, liefern die exakte Verknüpfung und deterministische Matchkeys eine sehr hohe Precision und einen niedrigen Recall. Mit einem Recall von über 0,8 bei allen Verknüpfungen zeigt sich, dass ein erheblicher Teil der Records durch die exakte Verknüpfung gefiltert werden konnte. Alle Verfahren weisen gemäß den Anforderungen eine hohe Precision auf. Insbesondere bei fehlendem Geburtsort sowie den MMK-Verfahren zeigt sich jedoch, dass die Precision bei der Verknüpfung von Migrantinnen und Migranten niedriger ist als bei Einheimischen.

Grafik 2
Recall der Verknüpfung aller einzelnen simulierten Jahre



Besonders bei der Betrachtung des Recalls zeigen sich unterschiedliche Verknüpfungserfolge bei Einheimischen sowie Migrantinnen und Migranten deutlich. Ausnahmen hiervon sind probabilistisches Record-Linkage (mit Verwendung des Geburtsorts) und die MMK-Verfahren. Diese Verfahren lieferten zudem die besten Verknüpfungsergebnisse, gefolgt vom probabilistischen Verfahren.

Ferner zeigt sich, dass die meisten Ergebnisse einen negativen Trend über die Zeit aufweisen. Ursache hierfür ist, dass sich der Datensatz vergrößert und – damit einhergehend – dass die Verwechslungswahrscheinlichkeit ansteigt. Überdies zeigt sich, dass die Linkage-Qualität mit zunehmender Fehlerquote sinkt. Das probabilistische Verfahren mit Geburtsort zeigt dabei den geringsten Einfluss der Fehlerquote auf die Linkage-Qualität. Ein sehr hoher Einfluss liegt bei den deterministischen Verfahren vor.

Der Standardized Bias einiger ausgewählter Werte ist in ↘ Tabelle 1 dargestellt. Auch hier weisen das probabilistische Verfahren mit Verwendung des Geburtsorts und die MMK-Verfahren den niedrigsten Bias auf, insbesondere wenn der Geburtsort vorhanden ist. Kritische Werte zeigen sich deutlich bei der Aufschlüsselung der Anzahl der Ehen nach Herkunft und Geschlecht. Insbesondere für weibliche Migranten zeigt sich ein kritischer Linkage-Bias bei den CLK-Verfahren und dem probabilistischen Record-Linkage ohne Geburtsort.

Tabelle 1
Standardized Bias ausgewählter Werte für die in allen Jahren korrekt verknüpften Records

Verfahren	Fehlerquote in %	Bildungsjahre insgesamt	Umzüge insgesamt	Ehen insgesamt	Ehen Einheimische, männlich	Ehen Migranten, männlich	Ehen Einheimische, weiblich	Ehen Migranten, weiblich
Exakt auf Gesamtmenge + SLK-581 auf Restmenge	0,1	– 11,501	– 3,882	– 25,401	– 3,497	– 5,774	**– 40,46**	**– 103,937**
	0,3	– 13,129	– 5,085	– 26,356	– 4,443	– 8,183	**– 41,538**	**– 107,727**
	0,7	– 16,528	– 7,847	– 28,448	– 6,455	– 13,649	**– 43,866**	**– 117,978**
	1	– 19,189	– 9,954	– 30,182	– 8,056	– 17,955	**– 45,861**	**– 127,077**
Exakt auf Gesamtmenge + MMK auf Restmenge: Alle Merkmale	0,1	0,198	0,199	– 0,286	– 0,014	– 0,531	– 0,304	– 1,518
	0,3	0,196	0,22	– 0,501	– 0,049	– 0,797	– 0,592	– 2,179
	0,7	0,179	0,288	– 0,966	– 0,168	– 1,417	– 1,203	– 3,536
	1	0,168	0,301	– 1,353	– 0,31	– 1,902	– 1,688	– 4,747
Exakt auf Gesamtmenge + MMK auf Restmenge: Ohne Geburtsort	0,1	– 0,43	0,249	– 5,67	– 0,242	– 1,308	– 8,742	– 8,776
	0,3	– 0,577	0,181	– 6,21	– 0,411	– 2,053	– 9,459	– 10,284
	0,7	– 0,907	0,133	– 7,295	– 0,848	– 3,715	– 10,861	– 13,264
	1	– 1,19	0,009	– 8,104	– 1,221	– 4,945	– 11,884	– 15,624
Exakt auf Gesamtmenge + CLK auf Restmenge: Alle Merkmale	0,1	– 9,618	– 2,826	– 24,727	– 3,104	– 5,266	– 39,438	**– 103,316**
	0,3	– 9,607	– 2,766	– 24,769	– 3,23	– 5,765	– 39,465	**– 102,943**
	0,7	– 9,604	– 2,764	– 24,897	– 3,529	– 6,977	– 39,562	**– 102,305**
	1	– 9,633	– 2,748	– 25,031	– 3,781	– 8,07	– 39,674	**– 102,327**
Exakt auf Gesamtmenge + CLK auf Restmenge: Ohne Geburtsort	0,1	– 10,828	– 3,288	– 25,455	– 3,395	– 5,793	**– 40,533**	**– 107,78**
	0,3	– 10,765	– 3,206	– 25,605	– 3,616	– 7,017	**– 40,655**	**– 107,314**
	0,7	– 10,688	– 3,264	– 26,009	– 4,179	– 9,74	**– 40,971**	**– 107,278**
	1	– 10,672	– 3,292	– 26,396	– 4,674	– 11,998	**– 41,299**	**– 107,874**
Exakt auf Gesamtmenge + PRL auf Restmenge: Alle Merkmale	0,1	– 0,009	0,002	– 0,347	– 0,045	– 0,168	– 0,502	– 0,624
	0,3	– 0,133	– 0,036	– 0,703	– 0,134	– 0,431	– 0,94	– 1,755
	0,7	– 0,332	– 0,072	– 1,426	– 0,298	– 1,006	– 1,828	– 4,213
	1	– 0,494	– 0,118	– 1,968	– 0,454	– 1,503	– 2,493	– 6,038
Exakt auf Gesamtmenge + PRL auf Restmenge: Ohne Geburtsort	0,1	– 10,88	– 3,383	– 24,687	– 3,242	– 5,28	– 39,088	**– 100,111**
	0,3	– 11,261	– 3,609	– 24,935	– 3,556	– 6,253	– 39,334	**– 100,622**
	0,7	– 12,055	– 4,269	– 25,471	– 4,207	– 8,466	– 39,876	**– 101,941**
	1	– 12,691	– 4,73	– 25,895	– 4,732	– 10,195	**– 40,297**	**– 103,072**

Kritische Werte über 40 sind hervorgehoben.
SLK-581: Statistical Linkage Key; MMK: Multiple Matchkeys; CLK: Cryptographic Long-term Keys; PRL: Probabilistisches Record-Linkage

6

Diskussion und Fazit

Der Beitrag zeigt auf, wie die Mikrosimulation eines Registers genutzt werden kann, um Record-Linkage-Probleme bei der Erstellung und Verwendung eines Registers zu klären. Konkret wurde hierfür die Mikrosimulation eines bundesweiten Bildungsverlaufsregisters verwendet. Das simulierte Register wurde mittels verschiedener Record-Linkage-Verfahren verknüpft und diese Verfahren hinsichtlich ihrer Linkage-Qualität und eines möglichen Linkage-Bias untersucht.

Der Vergleich der Record-Linkage-Methoden zur Längsschnittverknüpfung des Bildungsverlaufsregisters zeigt, dass ein Linkage-Bias unter bestimmten Bedingungen auftritt. So weisen besonders Cryptographic Long-term Keys, deterministische Matchkeys und probabilistisches Record-Linkage (ohne Geburtsort) einen Linkage-Bias für die Gruppe der Migranten auf. Hiervon sind besonders weibliche Migranten, die während ihres Bildungsverlaufs heiraten, betroffen. Für die Umsetzung eines Bildungsverlaufsregisters bedeutet dies, dass insbesondere die Verknüpfung bei der Erwachsenenbildung Probleme verursachen kann, da für diese Gruppe die Wahrscheinlichkeit einer zwischenzeitlichen Heirat am größten ist.

Die besten Linkage-Ergebnisse und der geringste Linkage-Bias konnten durch probabilistisches Record-Linkage mit den Quasi-Identifikatoren Vorname, Nachname, Geburtsdatum, Geschlecht und Geburtsort erreicht werden. Dies entspricht den bisherigen Ergebnissen aus anderen Vergleichsstudien (Campbell, 2009; Gomatam und andere, 2002).

Auch Multiple Matchkeys wiesen sehr gute Ergebnisse auf, wobei dies darauf zurückzuführen ist, dass die verknüpften Datensätze jeweils exakte Teilmengen darstellen. Das Verfahren liefert deutlich schlechtere Ergebnisse, falls diese Bedingung nicht erfüllt ist (Weiand, 2024).

Die Ergebnisse zeigen, dass Linkage-Qualität und Linkage-Bias eng miteinander zusammenhängen. So weisen Verfahren mit hoher Linkage-Qualität einen niedrigen Linkage-Bias auf. Die Linkage-Qualität hängt dabei im Wesentlichen von der Datenqualität, Stabilität und Eindeutigkeit der Merkmale ab (Herzog und andere, 2007). Fehlertolerante Verfahren, wie Cryptographic Long-term Keys, Multiple-Matchkeys und probabilistisches Record-Linkage, zeigen dabei einen deutlich schwächeren Einfluss unterschiedlicher Datenqualität. Dies zeigt sich nicht nur beim Einfluss unterschiedlicher Datenqualitätsannahmen über das Register insgesamt, sondern auch bei den Unterschieden zwischen Einheimischen sowie Migrantinnen und Migranten. Deterministische Verfahren erzielen schlechtere Ergebnisse, ebenso Verfahren, die auf Verschlüsselungen basieren. Dies entspricht bisherigen Ergebnissen (Christen und andere, 2020). Solche Verfahren führen zu einem Linkage-Bias, nicht nur bei Migrantinnen und Migranten, sondern auch bei Frauen, da hier Namensänderungen bei Heirat häufiger auftreten.

LITERATURVERZEICHNIS

Campbell, Kevin M. *Impact of record-linkage methodology on performance indicators and multivariate relationships*. In: Journal of Substance Abuse Treatment. Jahrgang 36. Ausgabe 1/2009, Seite 110 ff. DOI: 10.1016/j.jsat.2008.05.004

Christen, Peter. *Data Matching. Concepts and Techniques for Record Linkage, Entity Resolution, and Duplicate Detection*. Berlin, Heidelberg 2012. DOI: 10.1007/978-3-642-31164-2

Christen, Peter/Ranbaduge, Thilina/Schnell, Rainer. *Linking Sensitive Data. Methods and Techniques for Practical Privacy-Preserving Information Sharing*. Cham 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-59706-1

Collins, Linda M./Schafer, Joseph L./Kam, Chi-Ming. *A Comparison of Inclusive and Restrictive Strategies in Modern Missing Data Procedures*. In: Psychological Methods. Jahrgang 6. Ausgabe 4/2001, Seite 330 ff.

Damerau, Fred J. *A Technique for Computer Detection and Correction of Spelling Errors*. In: Communications of the ACM. Jahrgang 7. Ausgabe 3/1964, Seite 171 ff. DOI: 10.1145/363958.363994

Fellegi, Ivan P./Sunter, Alan B. *A Theory for Record Linkage*. In: Journal of the American Statistical Association. Jahrgang 64. Nr. 328. 1969. Seite 1183 ff.

Gawronski, Katharina. *Konzeption eines Bildungsregisters in Deutschland*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 2/2020, Seite 37 ff.

Giar, Katharina/Hohlstein, Franziska/Wipke, Mirco/Scharnagl, Alexander. *Konzeption eines Statistischen Bildungsverlaufsregisters in Deutschland – Entwicklungen bis 2023 und Ausgestaltungsoptionen*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 3/2023, Seite 51 ff.

Gomatam, Shanti/Carter, Randy/Ariet, Mario/Mitchell, Glenn. *An empirical comparison of record linkage procedures*. In: Statistics in Medicine. Jahrgang 21. Ausgabe 10/2002, Seite 1485 ff. DOI: 10.1002/sim.1147

Haußmann, Michael. *Registermodernisierung und Zensus post-2021: Der Weg zu einem modernen amtlich-statistischen System in Deutschland*. In: Meinel, Gotthard/Schumacher, Ulrich/Behnisch, Martin/Krüger, Tobias (Herausgeber). Flächennutzungsmonitoring X. Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. IÖR Schriften Band 76, Seite 209 ff. Berlin 2018.

Herzog, Thomas N./Scheuren, Fristz J./Winkler, William E. *Data Quality and Record Linkage Techniques*. New York 2007.

Karmel, Rosemary. *Data linkage protocols using a statistical linkage key*. Australian Institute of Health and Welfare. Canberra 2005.

Kristensen, Thomas G./Nielsen, Jesper/Pedersen, Christian NS. *A tree-based method for the rapid screening of chemical fingerprints*. In: Algorithms for Molecular Biology Jahrgang 5. Artikel 9 (2010). DOI: 10.1186/1748-7188-5-9

LITERATURVERZEICHNIS

Kvalsvig, Amanda/Gibb, Sheree/Teng, Andrea. *Linkage error and linkage bias: A guide for IDI users*. Wellington 2019.

Li, Jinjing/O'Donoghue, Cathal. *A survey of dynamic microsimulation models: Uses, model structure and methodology*. In: International Journal of Microsimulation. Jahrgang 6. Ausgabe 2/2013, Seite 3 ff. DOI: 10.34196/ijm.00082

Peterson, James L. *A Note on Undetected Typing Errors*. In: Communications of the ACM. Jahrgang 29. Ausgabe 7/1986, Seite 633 ff. DOI: 10.1145/6138.6146

Randall, Sean/Brown, Adrian P./Ferrante, Anna M./Boyd, James H. *Privacy preserving linkage using multiple dynamic match keys*. In: International Journal of Population Data Science. Jahrgang 4. Ausgabe 1/2019. DOI: 10.23889/ijpds.v4i1.1094

RatSWD (Rat für Sozial- und WirtschaftsDaten). *Aufbau eines Bildungsverlaufsregisters: Datenschutzkonform und forschungsfreundlich.* RatSWD Positionspapier. [Zugriff am 17. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.konsortswd.de

Schnell, Rainer. *Eignung von Personenmerkmalen als Datengrundlage zur Verknüpfung von Registerinformationen im Integrierten Registerzensus*. No. WP-GRLC-2019-01. German Record Linkage Center Working Paper Series Band 1/2019. DOI: 10.17185/DUEPUBLICO/49551

Schnell, Rainer. *Verknüpfung von Bildungsdaten in einem Bildungsregister mittels Record-Linkage auf Basis von Personenmerkmalen*. German Record Linkage Center Working Paper Series Band 3/2022. DOI: 10.17185/duepublico/76331

Schnell, Rainer/Bachteler, Tobias/Reiher, Jörg. *Privacy-preserving record linkage using Bloom filters*. In: BMC Medical Informatics and Decision Making. Jahrgang 9. Artikel 41/2009. DOI: 10.1186/1472-6947-9-41

Schnell, Rainer/Bachteler, Tobias/Reiher, Jörg. *A Novel Error-Tolerant Anonymous Linking Code*. German Record Linkage Center Working Paper Series Band 2/2011. DOI: 10.2139/ssrn.3549247

Schnell, Rainer/Weiand, Severin V. *Microsimulation of an educational attainment register to predict future record linkage quality*. In: International Journal of Population Data Science. Jahrgang 8. Ausgabe 1/2023. DOI: 10.23889/ijpds.v8i1.2122

Statistische Ämter des Bundes und der Länder. *Qualitätshandbuch der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (Version 1.21)*. Wiesbaden 2021.

Weiand, Severin V. *Vergleich von Record-Linkage Methoden anhand der Mikrosimulation eines bundesweiten Schülerregisters*. German Record Linkage Center Working Paper Series Band 4/2022. DOI: 10.17185/DUEPUBLICO/76361

Weiand, Severin V. *Analyse der Fehler in Quasi-Identifikatoren in einem deutschen Schülerregister durch probabilistische Längsschnittverknüpfung*. German Record Linkage Center Working Paper Series Band 2/2024. DOI: 10.17185/DUEPUBLICO/81929

Dr. Elisa Rottner

ist Volkswirtin und arbeitet am ZEW – Leibniz-Zentrum für Wirtschaftsforschung in Mannheim. Sie wurde für ihre an der Universität Basel mit dem Titel „Electricity Prices, Emissions, and Firm Performance – The Case of German Manufacturing" entstandene Dissertation mit dem Wissenschaftlichen Nachwuchspreis „Statistical Science for the Society" 2024 ausgezeichnet.

ZWISCHEN INTERNATIONALEM WETTBEWERB UND KLIMASCHUTZ – DIE DEUTSCHE INDUSTRIE

Elisa Rottner

↘ **Schlüsselwörter:** Klimapolitik – Verarbeitendes Gewerbe – CO_2-Emissionen – Unternehmensperformance – Energiepreise

ZUSAMMENFASSUNG

Um die deutschen Klimaziele zu erreichen, müssen CO_2-Emissionen drastisch sinken – auch in der Industrie. Gleichzeitig soll Produktion in Deutschland gehalten werden. Die deutschen industriellen CO_2-Emissionen sind zwischen 2003 und 2017 gestiegen. Woran liegt das? Funktioniert die deutsche Klimapolitik nicht? Die hier zusammengefasste Dissertation zeigt, dass striktere Klimapolitik Industriebetriebe dazu bringen kann, ihre CO_2-Emissionen zu senken – ohne negative Auswirkungen auf Wettbewerbsfähigkeit oder eine Verlagerung der Produktion ins Ausland. Die Emissionen sind gestiegen, weil die deutsche Industrie gewachsen ist und die deutsche Klimapolitik im Vergleich zum Rest der Europäischen Union in den letzten Jahren eher weniger konsequent geworden ist. Dies verlangt Anpassungen in der Klimapolitik.

↘ ***Keywords:*** *climate policy – manufacturing – carbon emissions – business performance – energy prices*

ABSTRACT

To achieve Germany's climate goals, carbon emissions must be cut drastically – also in industry. At the same time, production should remain in Germany. German industrial carbon emissions rose between 2003 and 2017. Why is that? Are Germany's climate policies not working? The dissertation summarised here shows that stricter climate policy can indeed encourage industrial establishments to reduce their carbon emissions – without negatively impacting competitiveness and without moving production abroad. Emissions have increased because Germany's industry has grown and German climate policy has become less stringent in recent years compared to the rest of the European Union. This requires adjustments to climate policy.

1

Einleitung

Das Klima ändert sich. Jedes Jahr gibt es neue Temperaturrekorde; Nachrichten zu Dürren und Waldbränden, Hitzetoten und Überschwemmungen mehren sich. Der Klimawandel und seine Folgen sind in der Mitte der Gesellschaft angelangt. Aktivistengruppen wie „Fridays for Future“ und „Last Generation“ tragen dazu bei, dass Klimapolitik auf der politischen Agenda immer weiter nach oben rückt. Die Gesetzgebung reflektiert diese neue hohe Priorisierung: Mit dem Klimaschutzgesetz hat sich Deutschland verpflichtet, bis 2045 klimaneutral zu werden. Ähnliche Gesetze existieren auf Ebene der Europäischen Union (EU), in Kalifornien oder der Republik Korea.

Obwohl sich weltweit Politik und Unternehmen zum Klimaschutz bekennen, bleiben die Umsetzung konkreter klimapolitischer Maßnahmen und die tatsächlichen Emissionsreduktionen hinter den Ansprüchen zurück. Eine Ursache dafür ist die globale Dimension des Problems (Barrett, 2007). Treibhausgase wie Kohlendioxid (CO_2) sind Schadstoffe, die in der Atmosphäre verbleiben. Für den Klimawandel spielt es keine Rolle, wo Treibhausgase ausgestoßen werden, sondern nur wie viele. Die Bekämpfung des Klimawandels erfordert deshalb koordinierte globale Anstrengungen. Und sich global zu koordinieren ist schwer, unter anderem weil die ärgsten Folgen des Klimawandels voraussichtlich erst in ferner Zukunft auftreten, die Bekämpfung Geld kostet und die daraus entstehenden Folgen nicht alle Länder gleich stark treffen. Es gibt auch keine „Weltregierung“, die die Umsetzung von Klimapolitik global erzwingen könnte. Das Klimaabkommen von Paris aus dem Jahr 2015 kommt einer weltweit koordinierten Aktion noch am nächsten – aber auch dieses Abkommen enthält keine bindenden durchsetzbaren Verpflichtungen.

Da eine globale Klimapolitik in naher Zukunft nicht absehbar ist, bleibt ambitionierten Ländern wie Deutschland nur, einseitig klimapolitische Maßnahmen einzuführen. In einer globalisierten Welt geht das mit neuen Herausforderungen einher. „Jeden Tag lesen wir von Industriezweigen, die Europa verlassen, um in Ländern zu investieren, in denen die Energiekosten günstiger sind“, stellte EU-Industriekommissar Antonio Tajani schon 2013 fest (Europäische Kommission, 2013). Bedenken, dass eine einseitige Klimapolitik zu Wettbewerbsverlusten führen könnte, sind seither nicht schwächer geworden. Zusätzlich zu den potenziellen negativen Wettbewerbseffekten muss eine rein deutsche Klimapolitik nicht einmal zwangsläufig zu globalen Emissionseinsparungen führen: Sie könnte auch einfach nur dazu führen, dass die Produktion (und die damit einhergehenden Emissionen) schlichtweg aus Deutschland in Länder ohne Klimapolitik abwandert (sogenanntes CO_2-Leakage).

Im Zentrum dieser Debatten steht die Industrie. Das liegt zum einen daran, dass die Industrie – insbesondere in Deutschland – einen wichtigen Wirtschaftszweig darstellt, der 2023 für rund 20 % der deutschen Bruttowertschöpfung verantwortlich war (Eurostat, 2024). Da Kohlendioxid bei der Verbrennung von Energieträgern entsteht, ist die Industrie als großer Energienutzer zum anderen für einen großen Teil an CO_2-Emissionen verantwortlich: Weltweit (und auch in Deutschland) beträgt der Anteil der Industrie an den gesamten Treibhausgasemissionen etwa 25 % (Climate Watch, 2022). Überdies ist die Gefahr, dass Klimapolitik zu einer reinen Verlagerung von CO_2-Emissionen führt, ohne deren Reduktion in der Industrie besonders stark. Industrieprodukte sind leicht international handelbar. Eine Abwanderung von Industrieunternehmen als Reaktion auf Klimapolitik ist eine reelle Möglichkeit, im Gegensatz zu einer Abwanderung des Energiesektors (Strom ist schwer zu transportieren) oder von Haushalten (diese müssten auswandern, um zum Beispiel der heimischen Klimapolitik zu entgehen).

Um Treibhausgasemissionen zu verringern und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie zu bewahren und unbeabsichtigte Nebeneffekte zu vermeiden, ist es deshalb von entscheidender Bedeutung, genau zu verstehen, welche klimapolitischen Instrumente funktionieren und welche nicht. Wie reagieren Unternehmen auf unterschiedlich gestaltete Maßnahmen? Werden eventuell Fehlanreize gesetzt? Wie können künftige Maßnahmen besser gestaltet werden? Sind wir auf einem guten Weg für die Dekarbonisierung der Industrie oder muss nachgesteuert werden? Da weltweit umfassende klimapolitische Maßnahmen geplant werden oder sich in der Umsetzung befinden (wie der CO_2-Grenzausgleichsmechanismus in der EU, der Emissionshandel in China, der „Inflation reduction act“ in den Vereinigten Staaten) und Deutschland sowie die EU ambitionierte Emissionsminderungsziele haben, sind diese Punkte relevanter

als je zuvor. In der diesem Beitrag zugrunde liegenden kumulativen Dissertation wurden diese Fragestellungen unter Nutzung amtlicher Mikrodaten, der sogenannten Amtlichen Firmendaten für Deutschland (AFiD), untersucht.[1]

Kapitel 2 befasst sich wie das erste Papier der Dissertation mit den Treibern der CO_2-Emissionen in Industrieunternehmen. Wie Klimapolitik zu diesen Entwicklungen beigetragen hat, untersucht Kapitel 3. Ob Klimapolitik das Outsourcing begünstigen kann, wird in Kapitel 4 behandelt. Den vierten Beitrag der Dissertation greift Kapitel 5 auf: die regulatorischen Unterschiede zwischen Deutschland im Vergleich zum Ausland. Das abschließende Fazit zeigt die drei wesentlichen politikrelevanten Ergebnisse der Dissertation auf.

2

Entwicklung und Entwicklungskanäle der deutschen industriellen CO_2-Emissionen

Die AFiD-Daten enthalten seit 2003 Informationen zum Brennstoffverbrauch aller deutschen Industriebetriebe mit mindestens 20 Beschäftigten. Dabei handelt es sich um etwa 40 000 Betriebe jährlich. Dieser Brennstoffverbrauch kann mit Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes (2008, 2020a, 2020b) kombiniert werden. Emissionsfaktoren geben an, wie viel Kohlendioxid durch das Verbrennen eines gewissen Brennstoffes entsteht. Aus der Kombination von Brennstoffverbrauch und Emissionsfaktoren können also CO_2-Emissionen einzelner Industriebetriebe berechnet und ihre Entwicklung dargestellt werden. ↘ Grafik 1 zeigt, dass die aggregierten CO_2-Emissionen der Industriebetriebe nach den AFiD-Daten zwischen 2003 und 2017 eine steigende Tendenz aufwiesen. Woran liegt das?

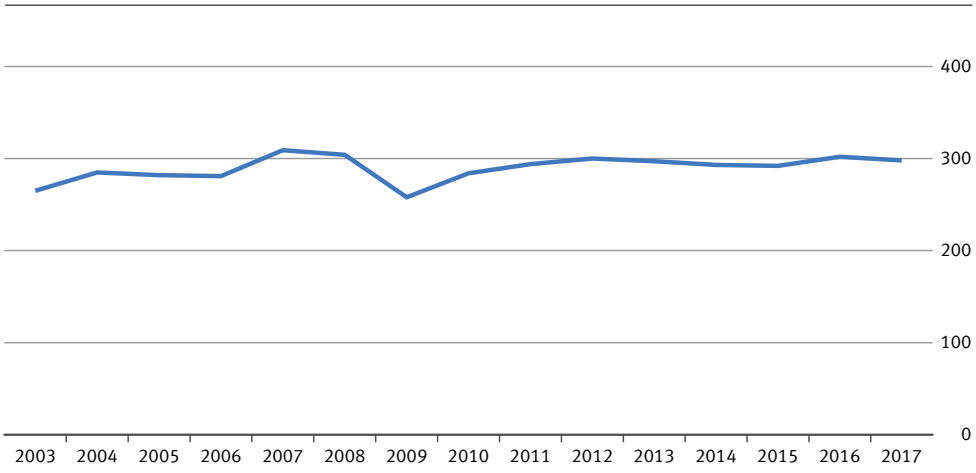
Emissionen verändern sich durch drei Kanäle:

1. Die Produktionsmenge verändert sich: Mehr Produktion bedeutet mehr Emissionen.
2. Die Produktionskomposition verändert sich: Eine Tonne Stahl zu produzieren benötigt mehr Emissionen als eine Tonne Bücher zu drucken.
3. Die Produktionstechnik ändert sich, das heißt es werden mehr oder weniger Emissionen benötigt, um eine Einheit eines gewissen Gutes herzustellen.

Welches Produkt in welcher Menge mit welcher Emissionsintensität hergestellt wird, kann mit den AFiD-Daten (Module Energieverwendung, Produkte und Industriebetriebe) gemessen werden. Mit Dekompositionstechniken äquivalent zu Levinson (2009, 2015) sowie Foster und andere (2008) kann dann berechnet werden, welcher Teil des Emissionsanstiegs in der deutschen Indus-

1 Die Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder bieten AFiD-Daten in verschiedenen Modulen an: forschungsdatenzentrum.de

Grafik 1
Entwicklung der CO_2-Emissionen in der deutschen Industrie
Mill. t CO_2



trie jeweils Veränderungen in Produktionsmenge, -komposition und -technik zuzuordnen ist.

In der Forschung von Rottner/von Graevenitz (2024) wird gezeigt, dass Emissionen zum Teil deshalb gestiegen sind, weil die Industrie zwischen 2005 und 2017 gewachsen ist und mehr produziert hat. Wären Produktionskomposition und Produktionstechnik geblieben wie im Jahr 2005 und nur die Produktionsmenge wäre ihrem tatsächlichen Entwicklungspfad gefolgt, wären die Emissionen zwischen 2005 und 2017 sogar noch stärker gestiegen als sie tatsächlich gestiegen sind (nämlich um 16 % anstelle von 7 %). Dass die Emissionen „nur“ um 7 % gestiegen sind und nicht so stark wie der Produktionswert, liegt daran, dass in diesem Zeitraum in Deutschland immer weniger CO_2-intensive Produkte hergestellt wurden (das heißt an der veränderten Produktionskomposition). Diese Verschiebung im deutschen Produktionsportfolio (verantwortlich für einen Rückgang der aggregierten Emissionen um 13 %) könnte auf eine Verlagerung der Produktion emissionsintensiver Produkte ins Ausland und CO_2-Leakage hinweisen. Gleichzeitig zeigt die Studie einen Anstieg in den Emissionsintensitäten der Produktion, also durch die Produktionstechnik (verantwortlich für einen Emissionsanstieg um 4 %). Die Produktion weist höhere umweltschädigende Emissionen aus, insbesondere in ohnehin schon emissionsintensiven Industriesektoren wie Chemie und Mineralölverarbeitung.

Deutschland hat das Ziel, durch die Senkung der Emissionen Vorreiter der Klimapolitik zu werden, nicht erreicht. Das gilt umso mehr als Deutschland oft als Vorreiter in der Klimapolitik gesehen wird, als Land, das anderen weniger entwickelten Ländern aufzeigen soll, wie Dekarbonisierung ohne Deindustrialisierung funktionieren kann.

3

Kausale Wirkung von Klimapolitik

Wie hat Klimapolitik zu diesen Entwicklungen beigetragen? Um das zu verstehen, haben von Graevenitz/Rottner (2024) die kausale Auswirkung von Strompreisänderungen auf Industriebetriebe analysiert. Strompreise sind ein aussagekräftiges Maß für die Entwicklung von Klimapolitik, da die meisten klimapolitischen Maßnahmen Strompreise erhöhen. Das geschieht zum Beispiel durch direkte Aufschläge auf Strompreise wie bei der EEG-Umlage, mit deren Hilfe der Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland finanziert wurde. Forschungen haben aber auch gezeigt, dass Strompreise durch das „Aushängeschild“ europäischer Klimapolitik – das Europäische Emissionshandelssystem – steigen: Stromproduzenten geben die CO_2-Kosten, die sie unter dem Europäischen Emissionshandelssystem zu zahlen haben, direkt an ihre Kunden weiter (Fabra/Reguant, 2014; Hintermann, 2016). Alle Stromnutzenden sind also durch steigende Strompreise indirekt von klimapolitischen Maßnahmen betroffen.

Die kausalen Effekte von Strompreisveränderungen mithilfe von Betriebsdaten zu schätzen, stellt allerdings eine Herausforderung dar. Zum einen enthalten nicht einmal die sehr detaillierten AFiD-Daten Informationen zu den Strompreisen einzelner Industriebetriebe. Selbst wenn diese Daten verfügbar wären, bliebe zum anderen die Schwierigkeit, dass Strompreise nicht zufällig sind. Strompreise sind endogen: Industriebetriebe können ihren Stromanbieter frei wählen, Verträge verhandeln und Mengenrabatte erhalten. Wenn wachsende Betriebe von sinkenden Strompreisen profitieren, weil sie zunehmend Mengenrabatte erhalten, wäre in Daten ein negativer Zusammenhang zwischen Strompreisen und Wachstum sichtbar (das heißt steigende Strompreise gehen einher mit geringerem Wachstum), ohne dass geringe Strompreise kausal zu Wachstum führen. In einem solchen Fall würden Betriebe nicht stärker wachsen wegen sinkender Strompreise, sondern umgekehrt würden Strompreise sinken wegen des Wachstums.

Um kausale Effekte zu schätzen, nutzte die Studie daher die Variation in einer Strompreiskomponente, die ein einzelner Betrieb nicht beeinflussen kann; für den einzelnen Betrieb ist es fast wie zufällig, wie sich diese Strompreiskomponente entwickelt. Bei dieser Preiskomponente handelt es sich um Strom-Netzentgelte. Strom-Netzentgelte werden von allen Stromkunden für die Nutzung des Stromnetzes gezahlt. Weil es teuer ist, Stromnetze aufzubauen, gibt es in jeder Region in Deutschland nur ein Stromnetz und einen Netzbetreiber. Stromnetze stellen ein sogenanntes natürliches Monopol dar. Infolge dieser Eigenheit können sich Industriebetriebe ihren Netzbetreiber nicht aussuchen. Netzbetreiber wiederum dürfen ihre Preise für die Netznutzung aufgrund ihrer Monopolstellung nicht frei set-

zen, sondern sind von der Bundesnetzagentur reguliert. Preisverhandlungen zwischen Industriebetrieben und Netzbetreiber sind also ausgeschlossen. Industriebetriebe können die Höhe der Netzentgelte, die sie bezahlen müssen, nicht beeinflussen.

Netzentgelte ändern sich nicht nur über die Zeit, sondern variieren auch räumlich über die Netzgebiete hinweg. In Deutschland gibt es etwa 800 unterschiedliche Verteilnetzbetreiber. Ein identischer Industriebetrieb ist somit unterschiedlichen Strompreisentwicklungen ausgesetzt, je nachdem, in welchem Netzgebiet er angesiedelt ist.

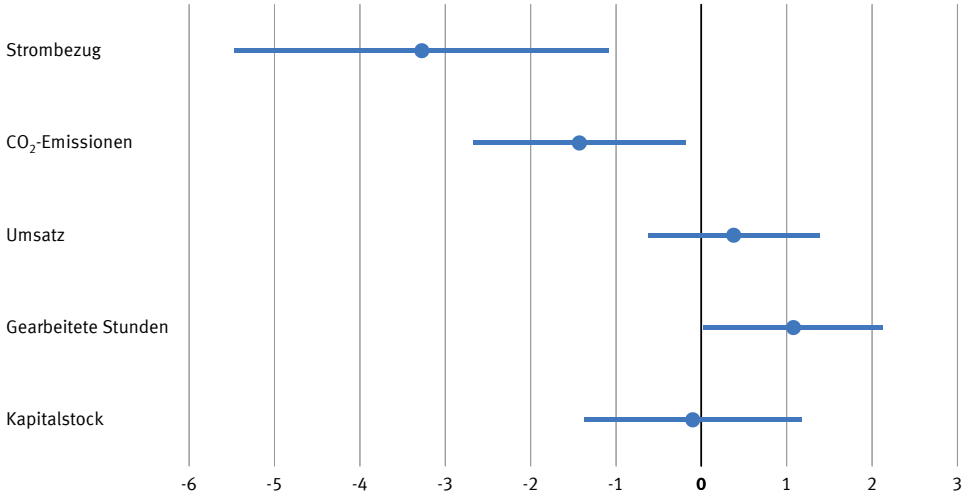
In der vorgenannten Studie (von Graevenitz/Rottner, 2024) sind für den Zeitraum von 2009 bis 2017 mittels räumlicher Identifikatoren die AFiD-Daten (Module Energieverwendung, Verdienststrukturanalyse, Material- und Wareneingangserhebung, Industriebetriebe) mit Daten zu Stromnetzentgelten von der ene't GmbH verknüpft worden. In einer statistischen Schätzung wurde – vereinfacht ausgedrückt – verglichen, wie sich in diesem Zeitraum Industriebetriebe entwickelt haben, die aufgrund von Netzentgelten unterschiedlichen Entwicklungen in ihren Strompreisen ausgesetzt waren.

Im Ergebnis führen Strompreisveränderungen zu einer Anpassung im Verbrauchsverhalten: Wenn Strompreise (wegen der Netzentgelte) um einen Cent steigen, reduzieren Industriebetriebe ihren Strombezug um etwa 3 %. Damit reduzieren sie auch die CO_2-Emissionen, für die sie verantwortlich sind. Klimapolitik funktioniert also: Alle klimapolitischen Maßnahmen, die zu steigenden Strompreisen führen, tragen zu einer Verringerung des Energieverbrauchs und der damit verbundenen CO_2-Emissionen der Industrie bei. Dagegen reagieren Umsätze, Beschäftigung und Kapitalstöcke nicht statistisch signifikant auf veränderte Strompreise. Die geschätzten Werte samt Konfidenzintervalle sind in ↘ Grafik 2 abgebildet.

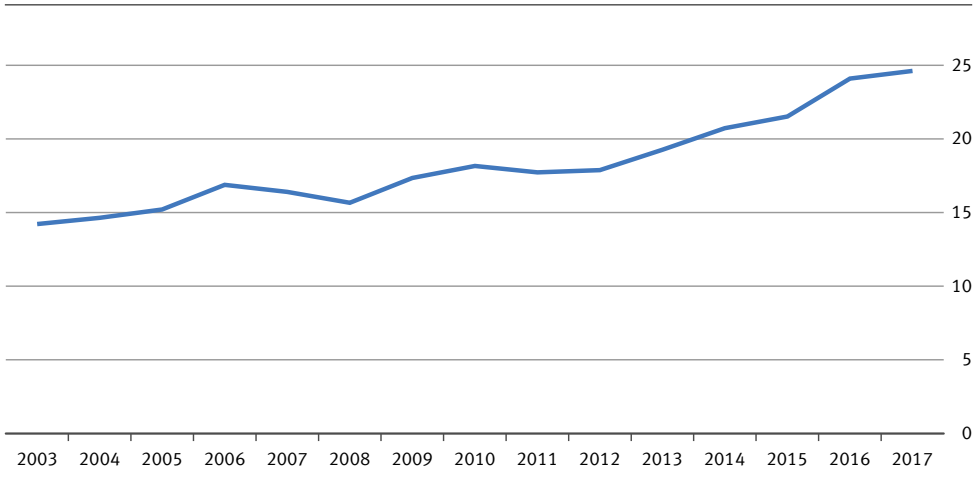
Die steigenden Preise für Strombezug vom Netz haben deutsche Industriebetriebe zwischen 2009 und 2017 allerdings zunehmend dazu veranlasst, ihren Strom selbst zu erzeugen. ↘ Grafik 3 zeigt die Entwicklung des Anteils des eigenerzeugten Stroms am gesamten Stromverbrauch in der Industrie. Steigende Strompreise haben kausal zum beobachtbaren positiven Trend beigetragen. Zur Strom-Eigenerzeugung setzte die Industrie hauptsächlich auf Erdgas. Damit hatten hohe Strombezugspreise in der Vergangenheit (unter anderem aufgrund von Klimapolitik) direkte Auswirkungen auf das Ausmaß, zu dem die deutsche Industrie von den steigenden Gaspreisen aufgrund des Ukraine-Krieges betroffen war.

Zumindest ein Teil der wachsenden industriellen Selbsterzeugung ist außerdem nicht unter dem Hauptinstrument der europäischen Klimapolitik, dem Europäischen Emissionshandelssystem, reguliert. Es zeigt sich also

Grafik 2
Schätzwerte und Konfidenzintervalle für einen Anstieg in den Netzentgelten um 1 Cent
in %



Grafik 3
Anteil des eigenerzeugten Stroms am Stromverbrauch in der Industrie
in %



ein „Leakage"-Effekt: Emissionen verschieben sich zunehmend von regulierten Stromerzeugern zu unregulierten Industriebetrieben. Dies kann, auf EU-Ebene, zu einem Anstieg an CO_2-Emissionen führen. Nur bei den Betrieben, die zu keinem Zeitpunkt Strom selbst erzeugt haben, haben steigende Strompreise eindeutig zu sinkendem Stromverbrauch und sinkenden CO_2-Emissionen geführt.

4

Klimapolitik und Outsourcing

Wie genau haben diese Industriebetriebe ihren Strombezug reduziert, wenn dies weder durch eine Reduktion der Produktion (gemessen durch Umsätze und Beschäftigung) noch durch eine Erhöhung der Investitionen erfolgte? Im dritten Teil der Dissertation wird ein potenzieller Wirkungsmechanismus untersucht: das Outsourcing (Rottner, 2023). Steigende Strompreise könnten dazu führen, dass Unternehmen zunehmend energieintensive Produktionsprozesse (im Ausland) einkaufen statt sie selbst durchzuführen. Und damit könnte Klimapolitik tatsächlich die deutsche Wettbewerbsfähigkeit und die deutsche Produktion schwächen sowie zu einer reinen Verlagerung von CO_2-Emissionen führen. Die Verschiebung der deutschen Produktionszusammensetzung, die eingangs dokumentiert ist, zeigt, dass diese Bedenken nicht aus der Luft gegriffen sind. Dieses Ergebnis stellte allerdings nur einen Trend dar, keinen kausalen Zusammenhang: Ob die Verschiebung hin zu weniger emissionsintensiven Produkten auf Klimapolitik und Energiepreise oder auf andere Faktoren zurückzuführen ist, blieb unklar.

Um zu analysieren, ob deutsche Industrieunternehmen in der Tat aufgrund von Klimapolitik einzelne Produktionsschritte ins Ausland verlagern und durch Importe ersetzen, wurde der AFiD-Datensatz (Module Kostenstrukturerhebung, Material- und Wareneingangserhebung, Industriebetriebe und Energieverwendung) mit Daten zu Unternehmensimporten aus dem Micro-Data-Linking-Panel (MDL) kombiniert. Importdaten sind im MDL für den Zeitraum 2009 bis 2013 verfügbar. Es zeigt sich, dass Importe und Energiepreise auf Unternehmensebene positiv korrelieren: Wenn Energiepreise steigen, erhöhen Industrieunternehmen im Durchschnitt auch ihre Importe – was auf Outsourcing aufgrund steigender Energiepreise hindeutet. Auch hierbei handelt es sich nicht um einen Kausalzusammenhang, sondern eine reine Korrelation.

Um einen Kausalzusammenhang aufzudecken, erfolgt ein Vergleich der Entwicklung von Unternehmen, die 2013 erstmals von einer vollständigen Zahlung der EEG-Umlage befreit wurden, mit derjenigen von strukturell ähnlichen Unternehmen, die durchgängig die volle EEG-Umlage zu entrichten hatten. Das empirische Design ist vergleichbar zu Gerster/Lamp (2024). Die EEG-Umlage machte 2013 etwa ein Drittel der Strompreise aus. Informationen zur (teilweisen) Befreiung von der EEG-Umlage stammen vom Bundesamt für Wirtschaft

und Ausfuhrkontrolle. Die Kausalanalyse zeigt nicht, dass Strompreisveränderungen zu Outsourcing führen. Unternehmen, deren Strompreise 2013 aufgrund der EEG-Befreiung drastisch sanken, haben daraufhin weder ihre Importe reduziert noch ihre Wertschöpfung erhöht – relativ zu ähnlichen nicht befreiten Unternehmen.

5

Stringenz von Klimapolitik in Deutschland im Vergleich zum Ausland

Für die Wirkung von Klimapolitik und Energiepreisen auf die Produktion und Emissionen der deutschen Industrie sind letztlich ohnehin nur relative Unterschiede im internationalen Umfeld wichtig. Anders gesagt: Eine Steigerung bei den deutschen Strompreisen und eine strengere Klimapolitik in Deutschland haben keine Auswirkung auf die deutsche Wettbewerbsfähigkeit, wenn die Strompreise der Wettbewerber ebenfalls steigen und deren Klimapolitik im gleichen Maße strikter wird.

Zudem sind Strompreise nicht der einzige Faktor, der eine Rolle dabei spielt, wie teuer es für Unternehmen ist, Kohlendioxid auszustoßen. Die Entwicklung der CO_2-Preise im Europäischen Emissionshandelssystem, die Preisentwicklung anderer Energieträger oder die Regulierung von lokalen Luftschadstoffen können dafür ebenfalls Bedeutung haben: Kohlendioxid und lokale Luftschadstoffe entstehen oft bei den gleichen Prozessen; wird einer dieser Schadstoffe reguliert, wird indirekt auch der andere reguliert. Von Graevenitz und andere (2024) untersuchten, wie sich die aggregierte klimapolitische Stringenz in unterschiedlichen Regionen der Welt entwickelt hat. Dazu wurde die Auswirkung einer unterschiedlichen Entwicklung der klimapolitischen Stringenz zwischen Deutschland und anderen Regionen für die Entwicklung der deutschen Produktion und Emissionen analysiert.

Um die Entwicklung der aggregierten klimapolitischen Stringenz in unterschiedlichen Regionen zu messen, wurde ein Handelsmodell quantifiziert (Melitz, 2003). Dazu wurde die Modellerweiterung des sogenannten Melitz-Modells um Emissionen und Emissionspreise von Shapiro/Walker (2018) genutzt. Das Modell bildet die Interaktionen zwischen unterschiedlichen ökonomischen Akteuren vereinfacht ab. Die Kombination der Modellstruktur mit tatsächlich beobachtbaren Daten erlaubt es abzuleiten, wie sich der nicht direkt beobachtete Faktor – die klimapolitische Stringenz – entwickelt haben muss, damit das Modell rationalisieren kann, was tatsächlich passiert ist. Es wird somit analysiert, wie sich die Stringenz der Klimapolitik in unterschiedlichen Weltregionen seit 2005 entwickelt haben muss, damit das Modell die tatsächlich erfolgten Handelsströme, CO_2-Emissionen und Produktionsmuster rationalisieren kann. Dazu werden Daten zur weltweiten industriellen Produktion der United Nations Industrial Development Organization (UNIDO, 2022), zu weltweiten industriellen CO_2-Emissionen von der Internationalen Energieagentur (IEA, 2022) und zu weltweiten Handelsströmen vom Statistischen Amt der Europäischen Union (Eurostat, 2023) genutzt. Die Schätzung umfasst zentrale Modell-Parameter zur Produktivitätsverteilung von Unternehmen, Substitutionselastizitäten der Nachfrage sowie der Produktionselastizität der Emissionen aus den AFiD-Daten (Module Kostenstrukturerhebung, Industriebetriebe und Energieverwendung).

Ergebnis ist, dass seit 2005 die Kosten auf CO_2-Emissionen für deutsche Unternehmen tendenziell gesunken sind. Dies gilt sowohl bei energieintensiven Industriesektoren, die unter dem Europäischen Emissionshandelssystem reguliert sind, als auch für weniger energieintensive Sektoren. Dass es für Unternehmen laut der Analyse nicht teurer geworden ist, CO_2 auszustoßen, mag erklären, warum die deutschen industriellen CO_2-Emissionen bis 2017 nicht gesunken sind.

Die Entwicklung der klimapolitischen Stringenz in der EU ohne Deutschland ist ähnlich. Diese Entwicklungen spiegeln die Entwicklung der CO_2-Preise im Europäischen Emissionshandelssystem wider. Der Rückgang in der klimapolitischen Stringenz war in Deutschland allerdings stärker ausgeprägt als in der EU ohne Deutschland. Deutschland ist, verglichen zur übrigen EU, weniger strikt geworden in Bezug auf Klimapolitik. In der übrigen Welt hingegen hat sich die klimapolitische Stringenz seit 2005 kaum verändert.

Um die Bedeutung dieses Unterschieds in der Entwicklung der klimapolitischen Stringenz der EU ohne Deutschland für die deutsche Produktion und Emissionen zu bemessen, wird das Modell für kontrafaktische Analysen genutzt. Dieses zeigt, dass die deutschen

industriellen CO_2-Emissionen stärker gesunken wären als in der Realität, hätten alle Unternehmen in der EU (in Deutschland und in der übrigen EU) die gleiche Entwicklung in der klimapolitischen Stringenz erlebt. Dafür wären in diesem Szenario die Emissionen in der EU ohne Deutschland weniger stark gesunken. Die Ergebnisse implizieren, dass Deutschland in den vergangenen Jahren Produktion und damit auch Emissionen angezogen hat, die andernfalls in anderen EU-Ländern stattgefunden hätten, indem die klimapolitische Stringenz stärker gesenkt wurde als in der übrigen EU.

6

Fazit und Schlussfolgerungen

Die vorgestellte Dissertation bietet drei wesentliche politikrelevante Erkenntnisse:

1. Die Industrie konnte ihre CO_2-Emissionen in den vergangenen Jahren nicht wesentlich senken. Ausnahmeregelungen von unterschiedlichen klimapolitischen Maßnahmen für Großverbraucher von Energie könnten dazu beigetragen haben, dass insbesondere in energieintensiven Industriesektoren keine substanziellen Emissionsreduktionen erreicht wurden. Zur Dekarbonisierung der Industrie und zum Erreichen der Klimaziele liegt also noch ein weiter Weg vor Deutschland. Zudem zeigt die Dissertation auf, dass die Stringenz der Klimapolitik in der deutschen Industrie seit 2005 eher ab- als zugenommen hat. Dies gilt zwar auch für die Datenlage der EU ohne Deutschland, aber in geringerem Ausmaß. Die räumliche Nähe und starke Integration innerhalb der EU sorgen dafür, dass sogar relativ kleine Regulierungsunterschiede bedeutende Auswirkungen auf die Produktion und die Emissionen eines einzelnen EU-Staates haben können. Während aber Regulierungsunterschieden zwischen EU- und Nicht-EU-Staaten ein großes Maß an öffentlicher Diskussion gewidmet wird (gerade im Hinblick auf den CO_2-Grenzausgleichsmechanismus), wird der (weiteren) Harmonisierung solcher Regulierungsunterschiede innerhalb der EU weniger Aufmerksamkeit geschenkt. Generell scheint eine striktere Klimapolitik als in dem Beobachtungszeitraum bis 2019 unabdingbar, sowohl in Deutschland wie auch in der übrigen EU, wenn die deutschen und europäischen Klimaziele eingehalten werden sollen.
2. Die Dissertation zeigt auf, dass (relative) Energie- und CO_2-Preise den Energiekonsum und die CO_2-Emissionen in der deutschen Industrie beeinflussen und ein geeignetes klimapolitisches Werkzeug sind. Hingegen kann in der Dissertation nicht nachgewiesen werden, dass Klimapolitik starke negative Wettbewerbseffekte mit sich bringt. Dies stellt infrage, wie notwendig die großzügigen Ausnahmen für energieintensive Industrien von klimapolitischen Instrumenten sind. Die Politik sollte die Anreize bedenken, die durch ihre Entscheidungen generiert werden – zum Beispiel durch die Subventionierung industrieller Strompreise.
3. Die Dissertation zeigt, dass die deutsche Industrie in der Vergangenheit sehr rational auf ökonomische Anreize reagiert hat. Vergleichsweise geringe Preise konventioneller Brennstoffe in Kombination mit (aufgrund von Regulierung) hohen Strompreisen haben deutsche Industriebetriebe in den letzten Jahren dazu gebracht, ihre Strom-Eigenerzeugung deutlich auszubauen. Nicht zuletzt dadurch war die deutsche Industrie den hohen Gaspreisen aufgrund des Ukraine-Krieges relativ stark ausgesetzt. Um die Elektrifizierung voranzutreiben, müssen fossile Kraftstoffe relativ zu Strom teurer sein und bleiben.

LITERATURVERZEICHNIS

Barrett, Scott. *Why Cooperate? The Incentive to Supply Global Public Goods*. Oxford 2007.

Climate Watch. *Historical GHG Emissions*. Washington, D.C.: World Resources Institute. 2022. [Zugriff am 17. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.climatewatchdata.org

Europäische Kommission. *Speech – Presentation of the reports on industrial competitiveness*. 2013. [Zugriff am 17. Juni 2025]. Verfügbar unter: ec.europa.eu

Eurostat (Statistisches Amt der Europäischen Union). *EU trade 1988-2022 by CPA 2008 (DS-057009)*. 2023. [Zugriff am 17. Juni 2025]. Verfügbar unter: ec.europa.eu

Eurostat. *Gliederung des Bruttoinlandsprodukts und Einkommens nach A*10 Wirtschaftsbereichen*. 2024. [Zugriff am 18. Juni 2025]. Verfügbar unter: ec.europa.eu

Fabra, Natalia/Reguant, Mar. *Pass-through of emissions costs in electricity markets*. In: American Economic Review. Jahrgang 104. Ausgabe 9/2014, Seite 2872 ff.

Foster, Lucia/Haltiwanger, John/Syverson, Chad. *Reallocation, firm turnover, and efficiency: Selection on productivity or profitability?* In: The American Economic Review. Jahrgang 98. Ausgabe 1/2008, Seite 394 ff.

Gerster, Andreas/Lamp, Stefan. *Energy Tax Exemptions and Industrial Production*. In: Economic Journal. Jahrgang 134. Ausgabe 663/2024, Seite 2803 ff. DOI: 10.1093/ej/ueae048

von Graevenitz, Kathrine/Rottner, Elisa. *Climate Policies and Electricity Prices: To Abate or to Generate?* In: Discussion Paper Series – CRC TR 224. Ausgabe 504/2024. [Zugriff am 17. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.wiwi.uni-bonn.de

von Graevenitz, Kathrine/Rottner, Elisa/Richter, Philipp. *Is Germany becoming the European Pollution Haven?* ZEW Discussion Paper. Ausgabe 23-069, 2024.

Hintermann, Beat. *Pass-Through of CO_2 Emission Costs to Hourly Electricity Prices in Germany*. In: Journal of the Association of Environmental and Resource Economists. Jahrgang 3. Ausgabe 4/2016, Seite 857 .

IEA (Internationale Energieagentur). *Greenhouse Gas Emissions from Energy*. 2022. [Zugriff am 18. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.iea.org

Levinson, Arik. *Technology, International Trade, and Pollution from US Manufacturing*. In: American Economic Review. Jahrgang 99. Ausgabe 5/2009, Seite 2177.

Levinson, Arik. *A Direct Estimate of the Technique Effect: Changes in the Pollution Intensity of US Manufacturing, 1900–2008*. In: Journal of the Association of Environmental and Resource Economists. Jahrgang 2. Ausgabe 1/2015, Seite 43 ff. DOI: 10.1086/680039

Melitz, Marc J. *The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity*. In: Econometrica. Jahrgang 71. Ausgabe 6/2003, Seite 1695 ff.

LITERATURVERZEICHNIS

Rottner, Elisa/von Graevenitz, Kathrine. *What Drives Carbon Emissions in German Manufacturing: Scale, Technique or Composition?* In: Environmental and Resource Economics. Jahrgang 87. Ausgabe 9/2024, Seite 2521 ff.

Rottner, Elisa. *Do Climate Policies Lead to Outsourcing? Evidence from Firm-Level Imports*. ZEW Discussion Paper. Nr. 23-070/2023.

Shapiro, Joseph S./Walker, Reed. *Why Is Pollution from US Manufacturing Declining? The Roles of Environmental Regulation, Productivity, and Trade*. In: American Economic Review. Jahrgang 108. Ausgabe 12/2018, Seite 3814 ff.

Umweltbundesamt. *Bestimmung spezifischer Treibhausgas-Emissionsfaktoren für Fernwärme*. Climate Change, Ausgabe 8/2008. [Zugriff am 25. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.umweltbundesamt.de

Umweltbundesamt. *Carbon Dioxide Emissions for the German Atmospheric Emission Reporting 1900–2018*. 2020a.

Umweltbundesamt. *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2019*. Climate Change, Ausgabe 13/2020. 2020b. [Zugriff am 25. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.umweltbundesamt.de

UNIDO (United Nations Industrial Development Organization). *INDSTAT 2 – Industrial Statistics Database at 2-digit level of ISIC Revision 3*. 2022. [Zugriff am 18. Juni 2025]. Verfügbar unter: stat.unido.org

RECHTSGRUNDLAGEN

Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I Seite 2513), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. Juli 2024 (BGBl. I Nr. 235) geändert worden ist.

Dr. Sonja Leischner

ist seit 2017 im Statistischen Bundesamt tätig; sie war zuvor im Statistischen Landesamt Rheinland-Pfalz Referatsleiterin für Rechts- und Europaangelegenheiten sowie behördliche Datenschutzbeauftragte. Seit 2022 leitet sie die Gruppe „Recht, Compliance“ im Statistischen Bundesamt sowie den Bund-Länder-Arbeitskreis „Rechtsfragen der Statistik“.

Dorothea Klumpen

ist Volljuristin und arbeitet seit 1996 im Statistischen Bundesamt. Im Referat „Europäische und internationale Koordinierung“ ist sie als Referentin tätig.

Alicia Knapp

ist Volljuristin und seit 2024 im Statistischen Bundesamt als Referentin im Referat „Statistikrecht“ tätig.

AUSWIRKUNGEN DER REVIDIERTEN EUROPÄISCHEN STATISTIK-VERORDNUNG AUF DIE AMTLICHE STATISTIK IN DEUTSCHLAND

Sonja Leischner, Dorothea Klumpen, Alicia Knapp

↘ **Schlüsselwörter:** EU-Statistikverordnung (EG) 223/2009 – Europäisches Statistisches System – privat gehaltene Daten – Krisenstatistiken – Bundesstatistikgesetz

ZUSAMMENFASSUNG

Die aktualisierte EU-Statistikverordnung schlägt ein neues Kapitel für die amtliche Statistik auf. Sie soll dem Europäischen Statistischen System ermöglichen, das Potenzial digitaler Datenquellen und Technologien auszuschöpfen, um die steigende Nachfrage nach neuen, detaillierteren und aktuelleren Statistiken zu decken und speziell in Krisenzeiten reaktionsfähiger zu sein. Datenaustausch und Wiederverwendung von Daten sollen durch den nachhaltigen Zugang zu privat gehaltenen Daten sowie Daten von öffentlichen Verwaltungen für statistische Zwecke vorangetrieben werden. Ziel ist zudem, Innovationen und neue Technologien im Europäischen Statistischen System gemeinsam zu nutzen und in den regulären, nationalen Statistikproduktionsprozess zu integrieren.

↘ ***Keywords:*** *Regulation (EC) 223/2009 on European statistics – European Statistical System – privately held data – crisis statistics – Federal Statistics Act*

ABSTRACT

The amended Regulation on European statistics opens a new chapter for official statistics. It is designed to enable the European Statistical System to tap the full potential of digital data sources and technologies in order to meet growing demands for new, more detailed and timelier statistics and, in particular, to respond more effectively in times of crisis. The aim is to foster data sharing and data reuse for statistical purposes by ensuring reliable access to privately held data and data of public administrations. An additional objective is to share innovations and new technologies within the European Statistical System and to incorporate them into the usual process of national statistics production.

1

Einleitung

Mit Datum vom 6. Dezember 2024 wurde die Neufassung der EU-Statistikverordnung als Verordnung (EU) 2024/3018 des Parlaments und des Rates zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 223/2009 über europäische Statistiken im Amtsblatt der Europäischen Union (EU) veröffentlicht.

Die Überarbeitung der EU-Statistikverordnung hatte zum Ziel, das Europäische Statistische System (ESS) „fit für die Zukunft“ zu machen. Sie soll es ermöglichen, das Potenzial digitaler Datenquellen und Technologien auszuschöpfen, um die steigende Nachfrage nach neuen, detaillierteren und aktuelleren Statistiken zu decken und insbesondere auch auf akute gesellschaftliche Entwicklungen – wie Krisensituationen – und die damit einhergehenden kurzfristigen Datenbedarfe reagieren zu können.

Im Folgenden beleuchtet Kapitel 2 im Detail die einzelnen Änderungen, die dahinter liegende Motivation sowie ihre Auswirkungen auf das nationale statistische System, das mit dem Europäischen Statistischen System eng verwoben ist. Kapitel 3 nimmt auch erste Harmonisierungsansätze zwischen den europäischen und nationalen Rahmengesetzgebungen in den Blick. Ein Ausblick beschließt den Artikel.

2

Die Novellierung der EU-Statistikverordnung

Mit der Novellierung der EU-Statistikverordnung vom 6. Dezember 2024 reagiert der europäische Gesetzgeber auf sich drastisch verändernde Gegebenheiten durch den digitalen Wandel. Aber auch die jüngsten humanitären und politischen Ereignisse wie die COVID-19-Pandemie und die durch den Angriff Russlands auf die Ukraine ausgelöste Energiekrise führten zu entsprechenden Anpassungserfordernissen der Verordnung. Mit diesen Ereignissen einher ging der Bedarf an aktuelleren, häufigeren und detaillierteren europäischen Statistiken, die die Entscheidungsfindung und die bestmögliche Reaktion der EU auf Krisen unterstützen.

Konkret sollten der Zugang und die Nutzung bereits vorhandener Datenquellen verbessert werden, insbesondere bezüglich privat gehaltener Daten. Weiter sollten die Nutzung neuer Technologien, die Möglichkeit der Datenintegration und das Data Sharing vorangetrieben werden. Nach jahrelangen Vorarbeiten hat die EU-Kommission am 10. Juli 2023 die Novellierung der Verordnung (EG) Nr. 223/2009 vorgelegt (Rat der Europäischen Union, 2024). Auch die nationalen statistischen Systeme müssen auf diese Entwicklungen reagieren, um in gleicher Weise zukunftssicher aufgestellt zu sein (Krämer, 2024a).

Die folgenden Abschnitte benennen und erläutern die letztlich beschlossenen Änderungen.

2.1 Resilienz in Krisensituationen

Artikel 16a der novellierten Verordnung ermöglicht die statistische Reaktion auf dringenden politischen Bedarf in Krisensituationen, wobei die Europäische Kommission sogenannte dringende statistische Maßnahmen prüft.

Voraussetzung ist zunächst, dass sich aus der Krisensituation nach der Aktivierung etablierter Notfallmechanismen[1] (Absatz 2 nennt hierfür eine nicht abschließende Liste) ein dringender politischer Bedarf ergibt. Des Weiteren ist es erforderlich, dass dieser nicht schon durch das Europäische Statistische Programm (ESP, Mehrjahresprogramm) gedeckt werden kann. Sofern diese Voraussetzungen vorliegen, kann die Europäische Kommission (das Statistische Amt der Europäischen Union, Eurostat, als Generaldirektion) dringende statistische Maßnahmen ergreifen.

Diese Maßnahmen können sein:

- europäische Statistiken auf der Grundlage neuer Datenquellen oder Datenerhebungen erstellen,
- neue statistische Indikatoren und Erkenntnisse bereitstellen,

1 Genannt wird hier als Beispiel vor allem die Einleitung eines Krisenmechanismus im Rahmen des Durchführungsbeschlusses (EU) 2018/1993 über die integrierte EU-Regelung für die politische Reaktion auf Krisen (Amtsblatt der EU Nr. L 320, Seite 28).

› methodische Leitlinien entwickeln sowie

› weitere koordinierende Maßnahmen auf Unionsebene treffen.

Die Mitgliedstaaten können sich gemäß Artikel 16a Absatz 5 auf freiwilliger Basis an den Maßnahmen der Kommission beteiligen, es besteht aber keine Pflicht. Die Kommission kann sodann im Wege von Durchführungsrechtsakten die dringenden statistischen Maßnahmen und das Verfahren für ihre Durchführung festlegen, beispielsweise Anforderungen an Zeitraum, Häufigkeit und Qualität der Maßnahmen. Jedoch gelten diese Anforderungen nur für die Mitgliedstaaten, die sich freiwillig beteiligen.

Die Einführung des Artikels 16a ist die Reaktion darauf, dass sich sowohl in der COVID-19-Krise als auch mit dem russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine gezeigt hatte, dass das Europäische Statistische System reaktionsschneller, innovativer und agiler werden muss. Es fehlte bisher eine entsprechende Regelung, auch wenn mit Artikel 15 Data Act[2] eine übergreifende Regelung für die Verpflichtung der Datenhalter besteht, in Fällen außergewöhnlicher Notwendigkeit Daten bereitzustellen. Für die dringenden statistischen Maßnahmen gab es aber zuvor kein Vorbild.

Mit dem neu geschaffenen Artikel kann die Kommission (Eurostat) diese nun in eigener Kompetenz erlassen, muss jedoch eng mit den nationalen statistischen Ämtern und den anderen einzelstatistischen Stellen (Other National Authorities – ONAs) zusammenarbeiten. Wichtig war aus Sicht der Mitgliedstaaten, dass im Krisenfall der Ausschuss für das Europäische Statistische System (AESS)[3] unverzüglich zu konsultieren ist und die zu ergreifenden Maßnahmen prüft.

Bei kurzfristig auftretenden Datenbedarfen erlaubt im nationalen Recht bereits bisher § 7 Absatz 1 Bundesstatistikgesetz die Durchführung einer Bundesstatistik auf Anforderung oberster Bundesbehörden. Die Erhebung ist allerdings auf eine freiwillige Befragung beschränkt und darf maximal Angaben von 20 000 Befragten erfassen.

2.2 Verwendung von Verwaltungsdaten

Artikel 17a der novellierten Verordnung fasst den Zugang zu Verwaltungsdaten sowie deren Verwendung und Integration für die Entwicklung, Erstellung und Verbreitung europäischer Statistiken neu. Die Bestimmung des Artikels 17a hat die Novellierung jedoch nicht entscheidend verändert.

Nationale öffentliche und halböffentliche Stellen, die für Verwaltungsdaten zuständig sind, sollen den nationalen statistischen Ämtern und anderen nationalen Datenproduzenten (ONAs) ermöglichen, kostenlos auf diese Verwaltungsdaten zuzugreifen, sie zu verwenden und zu integrieren. Verwaltungsdaten umfassen administrative Datenquellen, Datenbanken, EU-Interoperabilitätssysteme und relevante Metadaten.

Mit der Novellierung wurde aufgenommen, dass der Zugang zeitnah sowie mit hinreichender Häufigkeit und hinreichender Detailgenauigkeit gewährt werden muss. Ergänzt wurde des Weiteren die Bestimmung des Absatzes 5, die die Schaffung der erforderlichen Kooperationsmechanismen zwischen den nationalen statistischen Ämtern und den Verwaltungsstellen vorsieht. Die nationalen statistischen Stellen haben auch die Möglichkeit, Prüfungen der Datenqualität vorzunehmen und statistische Rahmen (vor allem Stichprobenrahmen) zu erstellen.

Hintergrund dafür war die Notwendigkeit eines effizienten Zugangs der amtlichen Statistik zu Verwaltungsdaten von hoher Qualität. Es sollte auch eine Klarstellung der praktischen Vorkehrungen für den Zugang zu und die Nutzung von Administrativdaten sowie Regelungen zum Data Sharing[4] zwischen öffentlichen Stellen für Zwecke der amtlichen Statistik aufgenommen werden.

Ziel war ursprünglich, die nationalen statistischen Ämter von Anfang an in das Design, die Erstellung und Weiterentwicklung der Administrativdaten/-register und der entsprechenden Metadatensysteme einzubinden. Diskutiert wurde dies vor allem dahingehend, dass die nationalen statistischen Ämter grundsätzlich für die statistischen Konzepte und Standards und ihre Anwendung innerhalb der gesamten öffentlichen Verwaltung koordinierend zuständig sind. Übergreifendes Ziel war zudem,

2 Verordnung (EU) 2023/2854 des Europäischen Parlaments und des Rates über harmonisierte Vorschriften für einen fairen Datenzugang und eine faire Datennutzung (Datengesetz).

3 Amtsleitungsgremium des Europäischen Statistischen Systems.

4 Siehe auch Abschnitt 2.4 Datenaustausch.

eine bessere Zusammenarbeit aller öffentlichen Stellen zu erreichen, um dem Bedarf der Nutzenden nach schnell verfügbaren und qualitativ hochwertigen Daten zu entsprechen. Die Konsultationen sollten verstärkt werden, damit die statistischen Ämter ihre Register verbessern können.

Im nationalen Recht ist in § 5a Bundesstatistikgesetz bereits eine inhaltliche Anpassung an die alte Fassung des Artikels 17a der EU-Statistikverordnung erfolgt (Kühling/Schmid in Kühling, 2023, hier: § 5a, Rnr. 55). Gleichwohl ist § 5a Absatz 1 Bundesstatistikgesetz deutlich enger als die jetzt mit Verabschiedung der Verordnung 2024/3018 geltende Fassung des Artikels 17a strukturiert. Er sieht in Absatz 1 zunächst eine Vorprüfung vor, ob Daten vorhanden sind, die für eine Erstellung einschließlich Qualitätssicherung der jeweiligen Bundesstatistiken geeignet sind. Die tatsächliche Verwendung der angeforderten Daten ist sodann gemäß § 5a Absatz 4 Bundesstatistikgesetz in einer Rechtsvorschrift (Einzelstatistikvorschrift) zu regeln.

2.3 Verwendung von privaten Daten

Artikel 17b der novellierten Verordnung ermöglicht den nachhaltigen Zugang zu privat gehaltenen Daten. Die nationalen statistischen Ämter oder Eurostat können von einem privaten Dateninhaber verlangen, dass dieser Daten und die entsprechenden Metadaten kostenlos zur Verfügung stellt. „Dateninhaber“[5] ist in Artikel 3 Nummer 4c der europäischen Statistikverordnung legal definiert. Voraussetzung für einen Zugang der amtlichen Statistik ist, dass

- die angeforderten Daten für die Entwicklung, Erstellung und Verbreitung europäischer Statistiken unbedingt erforderlich sind und
- nicht ohne Weiteres auf anderem Wege beschafft werden können oder
- ihre Weiterverwendung den Beantwortungsaufwand der Dateninhaber und anderer Unternehmen erheblich verringern kann.

Vorgesehen ist in Artikel 17c ein Dialog zwischen den nationalen statistischen Ämtern oder Eurostat und den privaten Dateninhabern. Ziel von Artikel 17b war insbesondere, eine faire Regelung gegenüber den Datenhaltern zu schaffen. Die amtliche Statistik als öffentliches Gut ist auf privat gehaltene Daten angewiesen, um die Datensammlungssysteme und insbesondere die Erhebungen des Europäischen Statistischen Systems zu unterstützen. Gleichzeitig kann eine größere Kohärenz und Vergleichbarkeit der Statistiken der EU erreicht sowie die Qualität (insbesondere Genauigkeit und Aktualität) der europäischen Statistiken gesteigert werden.

Artikel 15 Data Act regelt bereits, ausdrücklich auch für die amtliche Statistik, dass die Datenhalter verpflichtet sind, in Fällen außergewöhnlicher Notwendigkeit Daten bereitzustellen. Voraussetzung ist, dass ein spezifischer Datenbedarf ermittelt wurde, dessen Fehlen die betreffende öffentliche Stelle (also auch die amtliche Statistik) daran hindert, eine bestimmte im öffentlichen Interesse ausgeübte Aufgabe zu erfüllen, die rechtlich ausdrücklich vorgesehen ist (also beispielsweise amtliche Statistiken zu erstellen). Artikel 17b geht jedoch hierüber hinaus , da er nicht nur in Krisensituationen greift. Mögliche Konflikte sollten mit dem in Artikel 17c vorgesehenen Dialogverfahren gelöst sein.

Dieser legt zudem in Absatz 2 fest, dass die Ersuchen an die privaten Datenhalter nur dann personenbezogene Daten betreffen, sofern dies in sektorspezifischen Vorschriften festgelegt ist. Sowohl der Europäische Datenschutzbeauftragte in seiner Stellungnahme zur Revision der EU-Statistikverordnung (European Data Protection Supervisor, 2023) als auch das Europäische Parlament in einer auf diese Stellungnahme bezogene Positionierung hatten gefordert, dass nur nicht personenbezogene (anonymisierte beziehungsweise pseudonymisierte) Daten von den privaten Datenhaltern angefordert werden dürfen.

Eine Herausforderung für die amtliche Statistik wird es sein, die etablierten statistischen Prinzipien und Qualitätsstandards des Europäischen Statistischen Systems auch bei der Nutzung privat gehaltener Daten zu wahren und insbesondere Lösungen für die jeweils betroffenen Unternehmen zu finden. Bei diesen Überlegungen spielen auch finanzielle Aspekte eine Rolle. Der neu gefasste Artikel 17b Absatz 4a sieht die Möglichkeit eines finanziellen Ausgleichs der privaten Datenhalter für die Bereitstellung der Daten für die amtliche Statistik vor. Eine grundsätzliche Anordnung des Zugangs zu privat gehaltenen Daten im Bundesstatistikgesetz könnte

5 Dateninhaber können zum Beispiel Buchungssystembetreiber, Mobilfunkbetreiber und Ähnliches sein.

mit Kosten für die Wirtschaft verbunden sein, die unter Umständen von der amtlichen Statistik kompensiert werden müssten beziehungsweise könnten.

Bisher findet sich im Bundesstatistikgesetz selbst keine Regelung zu privat gehaltenen Daten, jedoch besteht die Möglichkeit, dies in Fachstatistikgesetzen zu regeln.

2.4 Datenaustausch

Artikel 17f der novellierten Verordnung sieht eine gemeinsame Nutzung von nicht vertraulichen Daten zwischen den nationalen statistischen Ämtern sowie zwischen den nationalen statistischen Ämtern und Eurostat für statistische Zwecke und zur Verbesserung der Qualität der europäischen Statistiken vor. Mitglieder des Europäischen Statistischen Systems sowie des Statistischen Systems der Europäischen Zentralbanken (ESZB) können somit mit Inkrafttreten der novellierten Verordnung Daten von der amtlichen Statistik verlangen, wenn diese nicht vertraulich sind. Zwar ist dies auch mit den aktuellen Vorschriften des Bundesstatistikgesetzes vereinbar, da die Verordnung als unmittelbar geltender Rechtsakt ebenfalls unter den Gesetzesvorbehalt des §16 Absatz 1 Bundesstatistikgesetz fällt. Jedoch wäre hier eine Anpassung des Bundesstatistikgesetzes insbesondere in Bezug auf die Abgrenzung von vertraulichen und nicht vertraulichen Daten denkbar.

Der Austausch vertraulicher Daten wird weiterhin in Artikel 21 geregelt, der nur in seinen ersten beiden Absätzen leicht redaktionell überarbeitet wurde. Vertrauliche Daten sind gemäß der Legaldefinition in Artikel 3 Nummer 7 Daten, die eine direkte oder indirekte Identifizierung statistischer Einheiten möglich machen und dadurch Einzelinformationen offenlegen.

Für den Austausch nach Artikel 17f obliegt der Europäischen Kommission die Aufgabe, eine sichere Infrastruktur zu errichten. Die nationalen statistischen Ämter und die anderen einzelstaatlichen Stellen sowie die ESZB-Mitglieder können diese Infrastruktur auf freiwilliger Basis nutzen.

Ziel der Revision war ursprünglich, das Teilen auch vertraulicher Daten (Data Sharing) im Europäischen Statistischen System voranzutreiben. Geregelt ist aber nach wie vor in Artikel 21 ein Datenaustausch auf freiwilliger Basis („may“), dem die Mitgliedstaaten zudem einzelstaatliche Vorschriften zur statistischen Geheimhaltung entgegenhalten können (sofern der Datenaustausch nicht in einer einzelstatistischen Verordnung auf EU-Ebene geregelt wird).

Da keine entscheidenden Änderungen in Artikel 21 hinsichtlich des Austauschs vertraulicher Daten vorgenommen wurden und da vor allem der Gesetzesvorbehalt bei einem Datenaustausch in Artikel 21 nicht aufgehoben wurde, ist der Anwendungsbereich des Artikels 17f sehr beschränkt.

2.5 Innovationen

Mit dem neuen Artikel 17g der novellierten Verordnung wurde eine Regelung aufgenommen für sich in Entwicklung befindliche oder experimentelle Statistiken. Danach bemühen („shall“) sich die nationalen statistischen Ämter, die anderen einzelstaatlichen Stellen sowie die Kommission (Eurostat), Innovationen und neue statistische Produkte und Erkenntnisse auf der Grundlage aller verfügbaren Datenquellen kontinuierlich zu entwickeln. Außerdem fördern sie die Nutzung modernster Technologien, um sie in die regelmäßige Erstellung europäischer Statistiken zu integrieren. Der Begriff der Technologien ist offen formuliert, eine Definition wurde nicht aufgenommen, sodass auch künftige Entwicklungen berücksichtigt werden können. Dies soll ermöglichen, das Europäische Statistische System an die von Digitalisierung und Daten bestimmte Welt anzupassen. Neue Datenquellen, welche für die amtliche Statistik relevant sind, umfassen insbesondere Daten des Internets der Dinge (internet of things – IoT), zum Beispiel Sensor-, Mobilfunk- oder Satellitendaten, aber beispielsweise auch Daten aus traditionellen Unternehmenssystemen, wie Kreditkarten- oder Transaktionsdaten. Neue Technologien wie etwa Maschinelles Lernen, Künstliche Intelligenz und Clouddienstleistungen haben ein großes Potenzial, die Statistikproduktion zu modernisieren; sie sollten deshalb mit der Novellierung stärker in diese integriert werden.

Die COVID-19-Krise hat gezeigt, dass Politik, Medien und Bevölkerung auf mehr experimentelle Statistiken für kurzfristige Einschätzungen und Analysen angewiesen sind. Benötigt werden innovative Ansätze und neue Datenquellen. Diese Ansätze müssen sich strukturiert im Rechtsrahmen des Europäischen Statistischen Sys-

tems wiederfinden. Das bedeutet, dass das in der europäischen Statistikverordnung vorgegebene Konzept für die Entwicklung europäischer Statistiken auf experimentelle Statistiken, kurzfristige Einschätzungen und Analysen sowie Modelltechniken Bezug nehmen muss.

In der Novellierung ging es darum, die schnelle Bereitstellung von Statistiken zu fördern, die Kosten der Statistikerstellung zu reduzieren und Statistiken mit einer höheren Frequenz beziehungsweise mit höherer Qualität zu produzieren. Gemäß Absatz 2 haben sich in Entwicklung befindliche Statistiken nicht alle in Artikel 12 Absatz 1 festgelegte Qualitätskriterien zu erfüllen und können gemäß Absatz 3 mit dem Hinweis, dass sie sich in Entwicklung befinden, verbreitet werden. Es besteht ein großer Druck auf das Europäische Statistische System, experimentelle Statistiken in den regulären Produktionsprozess zu integrieren. Dies ist von hoher strategischer Relevanz. Ein etabliertes Verfahren hierfür gibt es bislang aber noch nicht.

2.6 Data Governance

Mit der Revision der EU-Statistikverordnung wurde Artikel 26a – Beitrag zu den nationalen Daten-Governance Rahmen – aufgenommen. Hier geht es um neue Rollen der nationalen statistischen Ämter (Data Governance) und im weiteren Sinne um eine „Data Stewardship“. Die nationalen statistischen Ämter sollen die Möglichkeit erhalten, die Funktion einer „nationalen Datenverwaltung“ für folgende Zwecke zu übernehmen: Förderung der Datenintegration, Sicherstellung der Interoperabilität der Daten, Bereitstellung von Metadaten, Qualitätssicherung, das Setzen von Standards sowie Datenaustausch und Wiederverwendung von Daten.

Bei der Aufnahme des Artikels ging es darum, dass das ESS neue Funktionen in den neuen Datenökosystemen übernimmt, vorbehaltlich des Subsidiaritätsprinzips. Die neue EU-Statistikverordnung soll es den statistischen Stellen erlauben, aktiver als bisher als Datenproduzenten, als Datennutzer sowie auch als Datenintermediäre zu agieren. Dabei stand in den Diskussionen die mögliche Rolle eines nationalen statistischen Amtes als Datensteward im Vordergrund.

Artikel 26a stellt einen sogenannten „enabler“ für Umsetzungsmöglichkeiten in den Mitgliedstaaten dar. Die Auswirkungen des Artikels 26a hängen von der konkreten Nutzung der nun geschaffenen Möglichkeiten durch die Mitgliedstaaten ab sowie davon, wie die nationalen statistischen Ämter ihre Rolle als Datenproduzenten, Datennutzer und Datenintermediäre interpretieren werden.

2.7 Was blieb noch offen?

Das European Statistical Governance Advisory Board (ESGAB) bemängelte in seiner Stellungnahme zur Revision der EU-Statistikverordnung[6], dass vor allem zwei wichtige Punkte offen blieben: die Stärkung der Unabhängigkeit der Leitungen der nationalen statistischen Ämter und Eurostats, die mit einem ursprünglich geplanten neuen Artikel 5b abgesichert werden sollte, sowie eine Regelung der verstärkten Zusammenarbeit des Europäischen Statistischen Systems mit Wissenschaft und Forschung (ESGAB, 2023).

3 Wege zur Harmonisierung

Das deutsche Statistikrecht muss den Vorgaben des Europäischen Statistischen Systems gerecht werden und das nationale statistische System so befähigen, die durch die EU-Statistikverordnung gestellten Herausforderungen meistern zu können. Hierfür ist es materiell so auszugestalten, dass es auf diese flexibel antworten kann. Nationale Rechtsgrundlagen weichen jedoch in wesentlichen Punkten von der EU-Statistikverordnung ab. Nicht erst die Novellierung der EU-Statistikverordnung im Jahr 2024 stellte die amtliche Statistik in Deutschland im Hinblick auf die Inkongruenz europäischen und deutschen Rechts vor Herausforderungen. Insbesondere mit der für das Jahr 2011 geplanten Revision der Verordnung (EG) 223/2009 wurden die Stimmen, die eine Harmonisierung des deutschen mit dem europäischen statistischen Rechtsrahmen forderten, lauter. Die Konferenz der Amtsleitungen der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder hatte sich daher bereits in ihrer Sitzung am 10./11. November 2009 dafür ausgesprochen, das nationale Statistikrecht

6 Siehe hierzu auch Krämer (2024b) sowie zur ESS-Governance Kröger/Pilniok (2015).

an die europäischen Regelungen anzupassen. In seinem Eckpunktepapier zur Weiterentwicklung der amtlichen Statistik in der 17. Legislaturperiode vom Februar 2010 forderte der Statistische Beirat[7], dass das Bundesstatistikgesetz in seinen wichtigen Passagen (zum Beispiel § 16 Bundesstatistikgesetz, Austausch von Einzelmeldungen) angepasst werden müsse, um Normenklarheit herzustellen (Statistischer Beirat, 2010). Der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) schloss sich dieser Auffassung an. Das deutsche Statistikrecht sei nicht mehr mit den europäischen Standards und Anforderungen kompatibel (BDI/BDA, 2011). Auch die Statistischen Ämter der Länder setzten sich im Beschluss ihrer Leitungen vom 8. November 2010 intensiv mit den Auswirkungen der EU-Statistikverordnung auf die amtliche Statistik in Deutschland auseinander. Sie regten ausdrücklich an, den Geheimhaltungsmaßstab im Bundesstatistikgesetz an die entsprechenden Vorschriften in der EU-Statistikverordnung anzupassen (einschließlich einer Übernahme des Grundsatzes der passiven Geheimhaltung) sowie den Adressatenkreis von Datenübermittlungen – insbesondere der Wissenschaft – zu erweitern.

3.1 Geheimhaltung

Die in § 16 Bundesstatistikgesetz definierte statistische Geheimhaltung ist ein „Herzstück" der gesetzlichen Rahmenbedingungen für bundesstatistische Erhebungen (Leischner/Kolbe, 2024, hier: Seite 26). Die Grundstrukturen der Geheimhaltungsvorschriften der Artikel 20 bis 25 der EU-Statistikverordnung (diese blieben in der jetzigen Novellierung im Wesentlichen unverändert) sind damit in weiten Bereichen deckungsgleich: Vergleichbar zu § 16 Absatz 1 Satz 1 Bundesstatistikgesetz[8] verbieten die Absätze 1 und 2 von Artikel 20 der EU-Statistikverordnung die Offenlegung vertraulicher Daten, sofern diese nicht durch eine besondere Rechtsvorschrift zugelassen wird. So normiert die novellierte EU-Statistikverordnung einen mit § 16 Absatz 2 bis 6, Absatz 8 und 9 Bundesstatistikgesetz vergleichbaren Zweckbindungsgrundsatz. Nach Artikel 3 Absatz 7 der europäischen Statistikverordnung sind vertrauliche Daten, die der europäischen statistischen Geheimhaltung entsprechen, solche, die eine direkte oder indirekte Identifizierung statistischer Einheiten ermöglichen. Bei der Entscheidung, ob eine statistische Einheit identifizierbar ist, sind alle Mittel zu berücksichtigen, die nach vernünftigem Ermessen von einer dritten Stelle angewendet werden könnten, um die statistische Einheit zu identifizieren. Dies entspricht im deutschen Recht dem Anonymisierungsgrad der sogenannten faktischen Anonymisierung. Allerdings ist § 16 Absatz 1 Satz 1 Bundesstatistikgesetz hinsichtlich seiner Geheimhaltungsanforderungen strenger. Die Vorschrift verlangt zwar keine „absolute Anonymisierung" in dem Sinne, dass jegliche Möglichkeit der Re-Identifikation ausgeschlossen ist.[9] Sie muss jedoch so unwahrscheinlich sein, dass vernünftigerweise nicht damit gerechnet werden kann, dass sie durchgeführt wird. Die Anforderungen an die Anonymisierung sind dabei umso höher, je wertvoller eine Re-Identifikation für den Angreifer sein kann. Im Vergleich zum Maßstab der faktischen Anonymisierung sind die Anonymisierungsanforderungen mithin gesteigert.[10] Die Regelung in § 16 Bundesstatistikgesetz ist auch restriktiver was die Geheimhaltungspflicht von öffentlich zugänglichen Daten betrifft, indem diese Vorschrift – anders als die Vorschriften der Verordnung (EG) Nr. 223/2009 – nur Daten aus öffentlich zugänglichen Daten öffentlicher Stellen von der statistischen Geheimhaltung ausnimmt.

3.2 Verhältnis des europäischen und nationalen Statistikrechts

Soweit die den EU-Statistiken zugrunde liegenden Unionsrechtsakte keine abweichenden Regelungen treffen, ordnet § 18 Absatz 1 Bundesstatistikgesetz die Geltung der Vorschriften des Bundesstatistikgesetzes über Bundesstatistiken auch für EU-Statistiken an. Das Bundesstatistikgesetz erfüllt damit primär eine lückenfüllende Funktion beim mitgliedstaatlichen Vollzug des Unionsrechts.[11]

Artikel 338 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) verpflichtet den europäischen

7 Der Statistische Beirat ist das nach § 4 Bundesstatistikgesetz berufene Gremium der Nutzerinnen und Nutzer der Bundesstatistik. Er berät das Statistische Bundesamt in Grundsatzfragen und spricht regelmäßig Empfehlungen zur Weiterentwicklung der amtlichen Statistik aus.

8 Siehe Drechsler in: Kühling (2023), § 18, Rn. 17; siehe dazu auch Thiel in: Grabitz und andere (2025), Art. 338 AEUV, Rn. 30.

9 Kühling/Sauerborn in: Kühling (2023), § 16, Rn. 32.

10 Kühling/Sauerborn in: Kühling (2023), § 16, Rn. 33.

11 Drechsler in: Kühling (2023), § 18, Rn. 12.

Gesetzgeber, Maßnahmen für die Erstellung amtlicher Statistiken zu erlassen, wenn dies für die Politik der EU erforderlich ist.[12] Hiervon hat der europäische Gesetzgeber in vielfältiger Weise Gebrauch gemacht. Denn es ist unbestritten, dass zeitnahe, zuverlässige, detaillierte und vergleichbare europäische Statistiken benötigt werden, um politische Strategien und Maßnahmen zum Nutzen der EU in den Bereichen zu entwickeln und umzusetzen, in denen die EU gemäß den Artikeln 2 und 3 AEUV zuständig ist. Verlässliche und vergleichbare Daten sind wichtige Hilfsmittel im Erweiterungs- und Integrationsprozess. Auch die einzelnen Mitgliedstaaten benötigen zuverlässiges Zahlenmaterial für die eigene Standortbestimmung.[13]

Der europäische Gesetzgeber hat vor diesem Hintergrund nicht nur eine Vielzahl von statistischen Verordnungen erlassen, sondern auch die EU-Statistikverordnung, die den Rahmen für die Erstellung europäischer Gemeinschaftsstatistiken vorgibt. Diese Verordnungen entfalten in den Mitgliedstaaten unmittelbare Wirkung.[14] Dennoch besteht vereinzelt durchaus ein Umsetzungsbedarf durch allgemeine statistikrechtliche Regelungen im mitgliedstaatlichen und so auch im deutschen Recht. Aufgrund des Grundsatzes der Freiwilligkeit der Auskunft bei EU-Statistiken muss der deutsche Gesetzgeber beispielsweise die abweichende Notwendigkeit einer Auskunftspflicht im Einzelfall beurteilen und dann im nationalen Recht regeln (siehe auch Drechsler, in Kühling, 2023, § 18, Rnr. 1).

3.3 Nationale Aktivitäten zur Änderung des Bundesstatistikgesetzes

Zu den Stimmen, die sich bereits seit Langem für eine Harmonisierung von deutschem und europäischem Statistikrecht aussprechen, hat sich sehr aktiv die Kommission Zukunft Statistik (KomZS) eingebracht. Sie wurde vom Statistischen Bundesamt eingerichtet und mit der Erarbeitung von Empfehlungen für eine vorausschauende Programmplanung und eines Zielbilds der amtlichen Statistik für das Jahr 2030 beauftragt. In ihrem Abschlussbericht vom 14. Januar 2024 untermauert die KomZS eine ihrer dringlichsten Forderungen, nämlich eine Reform der Orientierung des Bundesstatistikgesetzes weg von Regelungen der Datenerhebung (Inputseite) hin zur Regelung der Ergebnisse der Statistik (Outputseite). Da sich die europäische Gesetzgebung vornehmlich auf die Ergebnisseite orientiere, könnte die deutsche Statistik nur durch einen Gleichklang in dieser Orientierung genügend Spielraum erhalten, um neue Methoden zu entwickeln, prozessorientierte Daten zu nutzen und Modernisierungen umzusetzen, durch die sich Kosten und Belastungen reduzieren lassen. Diese Flexibilität benötige die amtliche Statistik in Deutschland vor allem deswegen, um die von der europäischen Statistik geforderten Datenbedarfe erfüllen zu können (KomZS, 2024).

4 Ausblick

Eurostat wird die Mitgliedstaaten des Europäischen Statistischen Systems in der Implementierungsphase der novellierten EU-Statistikverordnung harmonisierend unterstützen. Die Mitgliedstaaten werden hierzu fortlaufend beraten, ebenfalls zusammen mit Eurostat. Angestrebt wird auf europäischer Ebene ein harmonisierter und koordinierter Ansatz innerhalb des Europäischen Statistischen Systems.

Zu einer möglichen Reform des Bundesstatistikgesetzes fanden im Jahr 2024 zwei hochrangige Symposien statt, und zwar am 25. Januar 2024 in Erfurt[15] und am 28. Oktober 2024 in Berlin[16]. Sie widmeten sich dem Spektrum rechtlicher Rahmenbedingungen amtlicher statistischer Daten, den Herausforderungen der amtlichen Statistik, Zukunftsperspektiven und Gestaltungsmöglichkeiten.

12 Drechsler in: Kühling (2023), § 18, Rn. 12.

13 Bundesrats-Drucksache 24/23, 20.01.23, Seite 2; siehe auch Hahlen (2005), hier: Seite 666.

14 Siehe Artikel 228 AEUV; Europäischer Gerichtshof, Urteil vom 5. Februar 1963, NV Algemene Transport- en Expeditie Onderneming van Gend & Loos gegen Niederländische Finanzverwaltung, C26-62, ECLI:EU:C:1963:1.

15 Siehe dazu Thüringer Landesamt für Statistik/Bayerisches Landesamt für Statistik (2024).

16 Siehe dazu die Informationen auf der Webseite des Statistischen Bundesamtes zum Symposium zum Bundesstatistikgesetz: www.destatis.de

LITERATURVERZEICHNIS

BDI/BDA (Bundesverband der Deutschen Industrie e.V./Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände). *Für eine moderne Bundesstatistik. Eckpunkte für eine Reform des statistischen Rechtsrahmens*. In: Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 6/2011, Seite 584 ff.

Bundesrats-Drucksache 24/23. *Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über europäische Bevölkerungs- und Wohnungsstatistiken, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 862/2007 und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 763/2008 und (EU) Nr. 1260/2013*. [Zugriff am 9. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.bundesrat.de Permanenter Link: www.bundesrat.de

ESGAB. *Opinion of the European Statistical Governance Advisory Board (ESGAB) on the Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulation (EC) No 223/2009 on European statistics*. 2023. [Zugriff am 25. Juni 2025]. Verfügbar unter: ec.europa.eu

European Data Protection Supervisor. *Stellungnahme 40/2023 zum Vorschlag für eine Verordnung über europäische Statistiken*. 6. September 2023. [Zugriff am 30. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.edps.europa.eu

Grabitz, Eberhard/Hilf, Meinhard/Nettesheim, Martin. *Das Recht der Europäischen Union: EUV/AEUV*. Kommentar. München 2025.

Hahlen, Johann. *Zur Lage der deutschen und europäischen Statistik*. In: Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 7/2005, Seite 665 ff.

KomZS (Kommission Zukunft Statistik). *Bericht und Empfehlungen der Kommission Zukunft Statistik. 15.01.2024*. 2024.

Krämer, Walter. *Georg Thiel. Vom Technischen Hilfswerk zum Statistischen Bundesamt*. 2024a. In: Krämer, Walter. Statistik hautnah. Berlin, Heidelberg 2024, Seite 29 ff. DOI: 10.1007/978-3-662-69596-8_4

Krämer, Walter. *Walter Radermacher. Kein spannenderer Arbeitsplatz als die Amtsstatistik*. 2024b. In: Krämer, Walter. Statistik hautnah. Berlin, Heidelberg 2024, Seite 19 ff. DOI: 10.1007/978-3-662-69596-8_3

Kröger, Malte/Pilniok, Arne. *Verwaltungsorganisation unter Europäisierungsdruck – Zur fachlichen Unabhängigkeit der mitgliedstaatlichen Statistikämter als unionsrechtlichem Prinzip*. In: Die öffentliche Verwaltung (DÖV). Ausgabe 21/2015, Seite 917 ff. [Zugriff am 25. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.doev.de

Kühling, Jürgen. *Bundesstatistikgesetz: BStatG. Kommentar*. München 2023.

Leischner, Sonja/Kolbe, Angela. *Zum Einfluss des Grundrechts auf informationelle Selbstbestimmung auf die Bundesstatistik*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 3/2024, Seite 17 ff.

LITERATURVERZEICHNIS

Rat der Europäischen Union. *Statistiken: Rat nimmt überarbeitete Verordnung an und billigt Schlussfolgerungen zu europäischen Statistiken*. Pressemitteilung vom 5. November 2024. [Zugriff am 26. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.consilium.europa.eu

Statistischer Beirat. *Eckpunkte zur Weiterentwicklung der amtlichen Statistik in der 17. Legislaturperiode.* Februar 2010. [Zugriff am 26. Juni 2025]. Verfügbar unter: bdi.eu

Thüringer Landesamt für Statistik/Bayerisches Landesamt für Statistik. *Symposium zum Bundesstatistikgesetz am 25. Januar 2024 in Erfurt*. In: Bayern in Zahlen. Ausgabe 3/2024, Seite 19 ff. [Zugriff am 30. Juni 2025]. Verfügbar unter: www.statistik.bayern.de

RECHTSGRUNDLAGEN

Gesetz über die Statistik für Bundeszwecke (Bundesstatistikgesetz – BStatG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Oktober 2016 (BGBl. I Seite 2394), das zuletzt durch Artikel 14 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. I Nr. 152) geändert worden ist.

Verordnung (EG) Nr. 223/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. März 2009 über europäische Statistiken und zur Aufhebung der Verordnung (EG, Euratom) Nr. 1101/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Übermittlung von unter die Geheimhaltungspflicht fallenden Informationen an das Statistische Amt der Europäischen Gemeinschaften, der Verordnung (EG) Nr. 322/97 des Rates über die Gemeinschaftsstatistiken und des Beschlusses 89/382/EWG, Euratom des Rates zur Einsetzung eines Ausschusses für das Statistische Programm der Europäischen Gemeinschaften (Amtsblatt der EU Nr. L 87, Seite 164).

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) (Amtsblatt der EU Reihe L vom 22. Dezember 2023).

Verordnung (EU) 2024/3018 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. November 2024 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 223/2009 über europäische Statistiken (Amtsblatt der EU Reihe L vom 6. Dezember 2024).

Dr. Sonja Leischner

ist seit 2017 im Statistischen Bundesamt tätig; sie war zuvor im Statistischen Landesamt Rheinland-Pfalz Referatsleiterin für Rechts- und Europaangelegenheiten sowie behördliche Datenschutzbeauftragte. Seit 2022 leitet sie die Gruppe „Recht, Compliance“ im Statistischen Bundesamt sowie den Bund-Länder-Arbeitskreis „Rechtsfragen der Statistik“.

Dr. Aiman Khalil

ist Rechtsreferent und arbeitet im Justiziariat des Statistischen Bundesamtes.

INFORMATIONELLE INFRASTRUKTUR IN DER AMTLICHEN STATISTIK – DER ZUGANG KOMMUNALER STATISTIKSTELLEN ZU BUNDESSTATISTISCHEN EINZELANGABEN

Sonja Leischner, Aiman Khalil

↘ **Schlüsselwörter:** Statistische Geheimhaltung – Abschottung – kommunale Selbstverwaltung – Informationshoheit – Informationsinfrastruktur – Kommunalstatistiken

ZUSAMMENFASSUNG

Statistische Informationen sind Grundlagen staatlichen Handelns auf allen Verwaltungsebenen. Die amtliche Statistik stellt diese Informationen auf vielfältige Art und verschiedenen Wegen qualitativ hochwertig und nutzergerecht bereit. Kommunen benötigen zur Steuerung ihrer gemeindlichen Aufgaben dabei häufig kleinräumige Daten, um auf unterschiedliche regionale Entwicklungen reagieren zu können. Der Aufsatz untersucht die rechtlichen Möglichkeiten, aber auch die Grenzen des Zugangs kommunaler Statistikstellen insbesondere zu bundesstatistischen Einzelangaben und erörtert Lösungsmöglichkeiten, den Zugang zu optimieren.

↘ ***Keywords:*** *statistical confidentiality – isolation of statistical units – municipal self-government – information sovereignty – information infrastructures – municipal statistics*

ABSTRACT

Statistical information forms the basis for government action at all administrative levels. Official statistics institutions make this information available in different formats and through various channels, ensuring it is of high quality and tailored to users' needs. In performing their local duties and responsibilities, municipalities often require small-area data in order to respond to different regional developments. The article examines both the legal possibilities and limitations regarding municipal statistical units' access to individual data from federal statistics, in particular, and explores possible solutions to optimise access.

1

Einleitung

Kommunale Statistikstellen haben die Aufgabe, zur Unterstützung kommunaler Planungen und politischer Entscheidungen kleinräumige Daten statistisch aufzubereiten und zu analysieren. Neben eigenen Erhebungen ist dabei die Nutzung von Sekundärdaten für die kommunalen Statistikstellen von großer Bedeutung.

Die Autorin und der Autor setzen sich mit der Bedeutung der amtlichen Statistik im Allgemeinen und der Bedeutung der amtlichen Statistik in der gemeindlichen Steuerung im Besonderen auseinander. Sie schildern die rechtlichen Rahmenbedingungen des Zugangs kommunaler Statistikstellen zu bundesstatistischen Daten und untersuchen dabei auch die Möglichkeiten, bundesstatistische Einzelangaben zu nutzen. Dabei spielt die Abschottung der kommunalen Statistikstellen eine besondere Rolle. Schließlich werden zum einen die damit verbundenen Chancen und Hürden thematisiert; zum anderen Lösungsansätze aufgezeigt, um die Informationsinfrastruktur für kommunale Statistikstellen zu optimieren.

2

Amtliche Statistik als Grundlage gemeindlicher Steuerung

2.1 Statistische Informationen als Grundlage sozialstaatlichen Handelns

Das in Artikel 20 Absatz 1 Grundgesetz und Artikel 28 Absatz 1 Satz 1 Grundgesetz normierte Sozialstaatsprinzip legt das Ziel staatlichen Handelns fest, soziale Gerechtigkeit und soziale Sicherheit im Rahmen der rechtsstaatlichen Ordnung herzustellen (Schmidt-Bleibtreu/Klein, 1991, hier: Artikel 20 Randnummer 20). Das Bundesverfassungsgericht hat wiederholt untermauert, dass erst die Kenntnis der relevanten Daten und die Möglichkeit, diese zu Informationszwecken zu nutzen, die „unentbehrliche“ Voraussetzung schaffen, solches – am Sozialstaatsziel orientiertes – staatliches Handeln zu gewährleisten.[1] Eine qualitativ hochwertige amtliche Statistik als Entscheidungsgrundlage für eine faktenbasierte und damit gerechte Politik ist insofern ein Gut von Verfassungsrang.[2] Im Zentrum dieser verfassungsrechtlichen Forderung steht die Notwendigkeit einer leistungsfähigen Verwaltung[3], aber auch das Ziel einer leistungsfähigen Gesellschaft.[4] Daher ist es notwendig, amtliche statistische Informationen allen gesellschaftlichen Gruppierungen und damit auch jedweden, an der politischen Willensbildung beteiligten Institutionen sowie der Wirtschaft und Wissenschaft auf Grundlage einer informationellen Infrastruktur bereitzustellen (Deutscher Bundestag, 1986, hier: Seite 13 f.).

2.2 Statistische Informationen als Grundlage kommunaler Selbstverwaltung

Artikel 28 Absatz 1 Satz 1 Grundgesetz fordert von den Kommunen, durch ihr Handeln die sozialstaatlichen Ziele auf gemeindlicher Ebene sicherzustellen, sodass die Kommunen in gleicher Weise in die informationelle Infrastruktur eingebunden sein müssen.[5] Um vorausschauend planen und die begrenzten Finanzmittel effizient einsetzen zu können, benötigen die Kommunen verlässliche Grundlagendaten (Haußmann, 2012). Ohne die von der amtlichen Statistik zur Verfügung gestellten Datengrundlagen ist eine den Rationalitätskriterien verpflichtete planende Gestaltung durch kommunale Stellen nicht möglich (Ziekow, 2013, hier: Seite 96). In der Literatur wird aus der Systematik des Artikels 28 Absatz 2 Satz 1 Grundgesetz vor diesem Hintergrund inzwischen vereinzelt auch eine „kommunale Informationsfreiheit“ abgeleitet (Ziekow, 2013, hier: Seite 30).

1 BVerfG 65, 1 [36].
2 Kühling (2023), Einleitung, Rnr. 68 und 70.
3 Kühling (2023), Einleitung, Rnr. 68.
4 Kühling (2023), § 1, Rnr. 9.
5 So schon die Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts seit dem ersten Band: BVerfGE 1, 178; 7, 359, 364; 11, 274.

3

Zugang kommunaler Statistikstellen zu statistischen Informationen

Beim Wahrnehmen ihrer Aufgaben stoßen kommunale Statistikstellen jedoch auf rechtliche Rahmenbedingungen, die hinter den Anforderungen der Kommunen an einer effizienten Teilhabe an der informationellen Infrastruktur zurückbleiben.

Zwar lässt es die kommunale Informationsfreiheit zu, dass Gemeinden selbst amtliche Erhebungen in Form von Kommunalstatistiken durchführen, um Informationen zu gewinnen. Das Recht der Gemeinde auf eigene statistische Erhebungen unterliegt dabei allerdings der Ausgestaltung durch Gesetze. Hiervon haben die Landesgesetzgeber in der Weise Gebrauch gemacht, dass die Gemeinden zur Wahrnehmung ihrer öffentlichen Aufgaben Statistiken durchführen können, soweit die benötigten Daten nicht dem jeweiligen Statistischen Landesamt vorliegen oder dort zwar vorliegen, aber nicht zur Verfügung gestellt werden können (Ziekow, 2013, hier: Seite 16). Insofern unterliegen eigene Datenerhebungen einer Sperrwirkung gegenüber Landesstatistiken mit dem Ziel, Doppelbefragungen der Bürgerinnen und Bürger auszuschließen (Abele, 2014, hier: Seite 92). Eine solche Sperrwirkung besteht gegenüber der Bundesgesetzgebung nicht. Die Gemeinden können statistische Erhebungen auf die kommunale Selbstverwaltungsgarantie des Artikels 28 Grundgesetz stützen, auch wenn diese bundesgesetzliche Bereiche berühren (Ziekow, 2013, hier: Seite 13). Dies bedeutet auch, dass Daten gleichzeitig durch Bundes- und Kommunalstatistiken erhoben werden können. Um Doppelerhebungen zu vermeiden, sollen kommunale Statistikstellen in der Regel auf statistische Informationen zurückzugreifen, die auf Grundlage bundesstatistischer oder landesgesetzlicher Regelungen bereits erhoben wurden. Der Zugang zu solchen Sekundärdaten ist allerdings gesetzlich beschränkt.

3.1 Die Rolle der Kommunalstatistik in der amtlichen Statistik

Hintergrund für diese gesetzliche Beschränkung ist die Gliederung der amtlichen Statistik in ein föderatives System bestehend aus Bundes-, Landes- und Kommunalstatistiken (Deutscher Bundestag, 1986, hier: Seite 13). Für die Bundesstatistiken sind die Länder zuständig und subsidiär aufgrund gesetzlicher Regelungen der Bund (Artikel 83, 84 Grundgesetz). Für die Durchführung von Landesstatistiken sind ebenfalls die Länder zuständig und für die Durchführung der Kommunalstatistiken die Kommunen (Artikel 28 Grundgesetz). Hierdurch gelten die kommunalen Statistikstellen im System der Bundes- und Landesstatistiken als Dritte beziehungsweise Nutzende. Beim Zugang zu Einzelangaben unterliegen sie entsprechend gesetzlichen Rahmenbedingungen und Restriktionen, die mithin die kommunale Selbstverwaltung beschränken.

3.2 Beschränkung der kommunalen Selbstverwaltung durch Gesetze

Ausgangspunkt für bundes- und landesgesetzliche Restriktionen beim Datenzugang durch Dritte ist das Recht auf informationelle Selbstbestimmung. Das Bundesverfassungsgericht hat im sogenannten Volkszählungsurteil vom 15. Dezember 1983 entschieden, dass als Ausprägung des aus Artikel 2 Absatz 1 Grundgesetz in Verbindung mit Artikel 1 Absatz 1 Grundgesetz abgeleiteten Rechts auf informationelle Selbstbestimmung jede einzelne Person grundsätzlich selbst entscheiden darf, wann und innerhalb welcher Grenzen ihre persönlichen Sachverhalte offenbart werden.[6] In das Bundesstatistikgesetz hat das Recht auf informationelle Selbstbestimmung in Form der statistischen Geheimhaltung in § 16 Eingang gefunden. Danach sind Einzelangaben über persönliche und sachliche Verhältnisse, die für eine Bundesstatistik gemacht werden, grundsätzlich geheim zu halten. Allerdings gilt das Recht auf informationelle Selbstbestimmung und damit die statistische Geheimhaltung nicht uneingeschränkt. Die zu statistischen Zwecken erhobenen Einzelangaben dürfen weitergeleitet werden, sofern dies zur statistischen Aufbereitung durch andere Behörden erfolgt und dabei die zum Schutz des

6 BVerfGE 65, 1 (32).

Persönlichkeitsrechts gebotenen Vorkehrungen, insbesondere das Statistikgeheimnis und das Gebot der Anonymisierung, zuverlässig sichergestellt sind.[7] Da im kommunalen Bereich die Grenzen statistischer Nutzung fließend sind, fordert das Bundesverfassungsgericht, dass der Gesetzgeber für organisatorische Vorkehrungen zu sorgen hat, welche eine zweckgebundene Bereitstellung von Einzelangaben an kommunale Statistikstellen garantieren. Hierzu sieht das Bundesverfassungsgericht eine „informationelle Gewaltenteilung" als unerlässlich an, nämlich die Trennung der Kommunalstatistik von anderen Aufgabenbereichen der kommunalen Verwaltung.[8] Basierend auf diesen verfassungsrechtlichen Vorgaben haben Bundes- und Landesgesetzgeber den Zugang kommunaler Statistikstellen zu bundes- und landesstatistischen Einzelangaben geregelt.

3.3 Bundesgesetze

Der Zugang kommunaler Statistikstellen zu Einzelangaben aus Bundesstatistiken ist in § 16 Absatz 5 Bundesstatistikgesetz geregelt. Danach dürfen die Statistischen Ämter des Bundes und der Länder den zuständigen Stellen der Gemeinden und Gemeindeverbände Einzelangaben übermitteln, wenn dies ein die Bundesstatistik anordnendes Gesetz vorsieht und Art sowie Umfang der zu übermittelnden Daten bestimmt. Nach dem Regel-Ausnahme-Verhältnis dieser Vorschrift dürfen dem Prinzip der statistischen Geheimhaltung folgend den kommunalen Statistikstellen bundesstatistische Einzelangaben grundsätzlich nicht übermittelt werden, sofern nicht ausnahmsweise einzelstatistikgesetzliche Regelungen eine solche Übermittlung zulassen. Dabei unterliegt die Datenübermittlung einer strengen Zweckbindung. Die Einzelangaben dürfen ausschließlich für statistische Zwecke weitergeleitet werden.[9] Damit kommunale Statistikstellen Zugang zu bundesstatistischen Einzelangaben erhalten dürfen, fordert § 16 Absatz 5 Bundesstatistikgesetz, dass durch das Landesgesetz eine Trennung kommunaler Statistikstellen von anderen kommunalen Verwaltungsstellen sichergestellt wird. Eine Übermittlung bundesstatistischer Einzelangaben an diese eingerichteten, abgeschotteten kommunalen Statistikstellen auf Grundlage entsprechender einzelstatistischer Übermittlungsregelungen setzt weiterhin voraus, dass das Statistikgeheimnis durch Organisation und Verfahren gewährleistet ist (§ 16 Absatz 5 Bundesstatistikgesetz).

3.4 Landesgesetze

Die Landesgesetzgeber sind dieser Forderung des § 16 Absatz 5 Bundesstatistikgesetz, die Abschottung kommunaler Statistikstellen zu regeln, in den entsprechenden Landesgesetzen nachgekommen.[10]

Auf diesen landesgesetzlichen Grundlagen wurden bundesweit inzwischen 183 abgeschottete kommunale Statistikstellen eingerichtet, die für eine Bevölkerung von 37,5 Millionen Bürgerinnen und Bürgern insbesondere in Ballungsräumen statistische Informationen bereitstellen.[11] ↘ Tabelle 1

Tabelle 1
Abgeschottete Statistikstellen nach Gebietstyp und Größenklasse

	Bevölkerung in Kommunen mit Kommunalstatistikstelle	Abgeschottete Kommunalstatistikstellen
	Anzahl	
Stadt	32 367 963	163
dicht besiedelt	29 512 346	109
Großstadt	27 215 226	80
Mittelstadt	2 297 120	29
mittlere Besiedlungsdichte	2 855 617	54
Großstadt	105 039	1
Mittelstadt	2 700 724	50
Kleinstadt	49 854	3
Kreis	4 459 040	13
Region	629 490	1
Gemeinde	92 735	6
Insgesamt	37 549 228	183

Schließlich sind die kommunalen Statistikstellen auch hinsichtlich des Zugangs zu landesstatistischen Einzelangaben reglementiert. Die Übermittlung von Einzeldaten aus Landesstatistiken an kommunale Statistikstellen

7 BVerfGE 65, 1 (45).

8 BVerfGE 65, 1 (45).

9 Kühling (2023), § 16, Rnr. 15.

10 Ein umfassender Überblick über die einschlägigen landesgesetzlichen Regelungen zur Einrichtung kommunaler Statistikstellen findet sich bei Abele (2014), Seite 90, Abbildung 2.

11 Diese Angaben basieren unter anderem auf einer Abfrage Städtetag/Verband deutscher Städtestatistik vom April 2025; Bevölkerungsstand: 31. Dezember 2023, Basis: Zensus 2011.

gleicht inhaltlich im Wesentlichen der Übermittlungsregelung des § 16 Absatz 5 Bundesstatistikgesetz: Eine landesrechtliche Vorschrift muss die zweckgebundene Übermittlung von konkreten Einzeldaten aus Landesstatistiken ausdrücklich zulassen und die kommunalen Statistikstellen müssen die Vorgaben zur Abschottung und statistischen Geheimhaltung erfüllen.

Die Regelungen zu den Anforderungen an die Abschottung und an die Sicherstellung der statistischen Geheimhaltung sind in den Landesgesetzen und landesrechtlichen Regelungen sehr unterschiedlich geregelt. Sie reichen von lediglich allgemeinen technischen und organisatorischen Abschottungsvorgaben (zum Beispiel das Erfordernis einer Dienstanweisung), die den kommunalen Statistikstellen Umsetzungsspielraum lassen, bis hin zu detaillierten Verwaltungsvorschriften über den Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen.[12]

4

Herausforderungen für die kommunale Selbstverwaltung

Die rechtliche Begrenzung des Zugangs kommunaler Statistikstellen zu bundesstatistischen Einzelangaben stellt nicht nur diese, sondern auch die Kommunen vor Herausforderungen bei der sachgerechten Wahrnehmung der kommunalen Planungshoheit. Aktuell sehen nur wenige[13] von über 60 bundesstatistischen Einzelgesetzen die Möglichkeit vor, Einzeldaten an kommunale Statistikstellen zu liefern. Wichtige Datenpotenziale bleiben für kommunale Statistikstellen damit ungenutzt, wodurch die kommunalen Statistiken auf redundante Erhebungen angewiesen sind. Aus finanziellen Erwägungen und vor dem Hintergrund des Bürokratiekostenabbaus weist der Statistische Beirat[14] darauf hin, dass Doppelerhebungen seitens des Bundes und der Länder sowie der Kommunen untragbar sind (Statistischer Beirat, 2025). Selbst wenn einzelstatistische Rechtsvorschriften ausnahmsweise eine Übermittlung von Einzelangaben zu kommunalstatistischen Zwecken zulassen, stehen die kommunalen Statistikstellen vor unterschiedlichen Anforderungen: Diese betreffen zum einen den Nachweis, wie die Abschottung sicherzustellen ist, und zum anderen die statistische Geheimhaltung. Zwar darf der Gesetzgeber bei der Vorgabe der gesetzlichen Pflicht zur statistischen Geheimhaltung grundsätzlich von einem rechtskonformen Verhalten von öffentlich-rechtlichen Normadressaten ausgehen. Dennoch impliziert diese ausdrückliche Regelung in § 16 Absatz 5 Satz 2 Halbsatz 2 Bundesstatistikgesetz eine Nachweispflicht der kommunalen Statistikstelle gegenüber dem Daten übermittelnden statistischen Amt. Dessen Kontrollmaßnahmen können unterschiedlich ausfallen: Einige Ämter nehmen zur Sicherstellung der Abschottung und statistischen Geheimhaltung keine gesonderte Prüfung vor, sondern vertrauen auf ein gesetzes- beziehungsweise regelungskonformes Verhalten der kommunalen Statistikstellen oder belehren hierüber nochmals vor der Datenübermittlung. Andere statistische Ämter wiederum prüfen intensiv, indem sie beispielsweise in Lagepläne zur Verifizierung der räumlichen Abschottung Einsicht nehmen.[15] Die abgeschotteten kommunalen Statistikstellen sind hinsichtlich der von ihnen zu erfüllenden Nachweispflichten damit auch abhängig davon, in welchem Umfang die statistischen Ämter den Nachweis der gesetzlichen Voraussetzungen wahrnehmen. Dies stellt für die abgeschotteten kommunalen Statistikstellen in praxi nicht nur zusätzliche Hürden beim Zugang zu bundesstatistischen Einzelangaben dar, sondern führt auch zu einer föderal bedingten Ungleichbehandlung kommunaler Statistikstellen beim Datenzugang.

12 Dazu siehe beispielsweise § 7 Landesstatistikgesetz Schleswig-Holstein und § 9 Landesstatistikgesetz Baden-Württemberg.

13 Finanz- und Personalstatistikgesetz, Statistikregistergesetz, Zensusgesetz 2022, Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz, Hochbaustatistikgesetz, Sozialgesetzbuch XII (Sozialhilfestatistik), Sozialgesetzbuch VIII (Kinder- und Jugendhilfestatistik), Überschuldungsstatistikgesetz.

14 Der Statistische Beirat ist das nach § 4 Bundesstatistikgesetz berufene Gremium der Nutzerinnen und Nutzer der Bundesstatistik. Der Statistische Beirat berät das Statistische Bundesamt in Grundsatzfragen und vertritt die Belange der Nutzerinnen und Nutzer sowie Befragten und Produzenten der Bundesstatistik.

15 Erkenntnisse aus einer Abfrage bei den Statistischen Ämtern der Länder, Stand: 6. Juni 2025.

5

Lösungsansätze

Zwar erschweren die gesetzlichen Beschränkungen den Informationszugang kommunaler Statistikstellen zu Einzelangaben aus Bundesstatistiken, jedoch verletzt dies nicht den Kernbereich der in Artikel 28 Grundgesetz garantierten kommunalen Selbstverwaltung. Dies wäre nur der Fall, wenn die Planungshoheit aller Kommunen fundamental beeinträchtigt würde. Das ist durch die grundsätzliche Möglichkeit, gesetzliche Grundlagen für zweckgebundene Zugänge der kommunalen Statistikstellen zu bundesstatistischen Einzelangaben zu schaffen, nicht gegeben (Ziekow, 2013, hier: Seite 45).

Dennoch besteht Handlungsbedarf: Als kleinste regionale staatliche Einheiten in Deutschland leisten die Kommunen fundamentale Basisarbeit, damit der deutsche Staat seinem verfassungsgemäßen Auftrag nach Artikel 20 Grundgesetz – Sicherstellung der Daseinsfürsorge – nachkommen kann. Die hierfür erforderliche Informationsinfrastruktur muss bottom-up, also bereits auf kleinster staatlicher Ebene, gewährleistet sein. Dies bedeutet, dass nach Lösungen zu einer verbesserten Informationsinfrastruktur für die Kommunen gesucht werden muss. Der bessere Zugang zur Dateninfrastruktur der amtlichen Statistik des Bundes und der Länder ist für die abgeschotteten kommunalen Statistikstellen von großer Relevanz und wird vom Statistischen Beirat für die 21. Legislaturperiode des Deutschen Bundestages empfohlen (Statistischer Beirat, 2025, hier: Seite 4). Der Statistische Beirat hat betont, dass die Herausforderungen der Zeit in der Praxis vielfach auf kommunaler Ebene zu lösen sind und die Kommunen im Rahmen ihrer Planungshoheit folglich eine gute Dateninfrastruktur benötigen. Die Amtsleitungskonferenz der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder richtete im Sommer 2024 eine Projektgruppe „Zusammenarbeit mit kommunalen Statistikstellen“ ein. Diese soll praktische Empfehlungen für eine bessere Zusammenarbeit mit den abgeschotteten kommunalen Statistikstellen erarbeiten, um den Daten- und Informationsbedarf der Kommunen zum Vorteil aller Akteure kurz- bis mittelfristig besser zu bedienen.[16]

5.1 Umkehrung des Regel-Ausnahme-Verhältnisses in § 16 Bundesstatistikgesetz

Zutreffend weist Kühling (2024, hier: Seite 57) darauf hin, dass Daten und ihre Verwendung alles andere als binär sind. Daher verhindern weder die verfassungsrechtliche Verteilung der Gesetzgebungskompetenzen noch der Verwaltungskompetenzen Gesetze auf Bundesebene, einen Datenaustausch zwischen den Behörden zu schaffen.

Der Verband Deutscher Städtestatistik (VDSt) hat vor diesem Hintergrund anlässlich der 71. Tagung des Statistischen Beirats am 27. Juni 2024 eine Initiative zur Änderung des Bundesstatistikgesetzes empfohlen. Diese hat das Ziel, den kommunalen Statistikstellen gleichberechtigte Zugriffsrechte analog zu den Regelungen für das Statistische Bundesamt und die Statistischen Ämter der Länder zu gewähren.[17] Um das Zugriffsrecht auf bundesstatistische Einzelangaben nicht in Spezialgesetzen einzeln festlegen zu müssen, schlug der VDSt eine Neuregelung des § 16 Absatz 5 Bundesstatistikgesetz wie folgt vor: „Für ausschließlich statistische Zwecke werden vom Statistischen Bundesamt und den statistischen Ämtern der Länder Einzelangaben an die zur Durchführung statistischer Aufgaben zuständigen Stellen der Gemeinden und Gemeindeverbände übermittelt, soweit dies nicht in einem eine Bundesstatistik anordnenden Gesetz ausgeschlossen ist oder dieses Gesetz eine ausdrückliche Zweckbindung vorsieht oder zwingende Gründe im Einzelfall einer Übermittlung entgegenstehen sowie Art und Umfang der zu übermittelnden Einzelangaben bestimmt sind. Die Übermittlung ist nur zulässig, wenn durch Landesgesetz eine Trennung dieser Stellen von anderen kommunalen Verwaltungsstellen sichergestellt und das Statistikgeheimnis durch Organisation und Verfahren gewährleistet ist.“ Der Vorschlag enthält letztendlich eine Umkehr des bisherigen Regel-Ausnahme-Verhältnisses in der Form, dass den kommunalen Statistikstellen grundsätzlich Zugang zu bundesstatistischen Einzelangaben gewährt wird, sofern in einem einzelstatistischen Gesetz keine Ausnahme geregelt ist. Der Vorschlag stützt sich auf die Rechtsauffassung, dass

16 Die Autorin und der Autor sind Mitglieder der Projektgruppe. In diesem Aufsatz dargestellte praktische Lösungsansätze sind in erheblichem Umfang auf die Arbeit der Projektgruppe zurückzuführen.

17 Antrag des Verbands Deutscher Städtestatistik (VDSt) zu Änderungsbedarfen des Bundesstatistikgesetzes vom 27. Juni 2024; siehe www.lobbyregister.bundestag.de

es verfassungsrechtlich nicht zwingend sei, bundesstatistische Einzelangaben nur dann an abgeschottete kommunale Statistikstellen zu übermitteln, wenn dies in dem die jeweilige Statistik anordnenden Gesetz ausdrücklich bestimmt sei (Ziekow, 2013, hier: Seite 102). Für die Frage eines erleichterten Zugangs durch das allgemeine Statistikrecht sei zwar das Verhältnis zwischen allgemeinem und besonderem Statistikrecht mit Blick auf die Zweckbindung relevant. In Anwendung der Regel „lex specialis derogat legi generali“[18] könnte aber auch eine generelle Gestattung der Übermittlung von Einzelangaben an abgeschottete kommunale Statistikstellen nichts daran ändern, dass ein konkretes statistikanordnendes Gesetz die Zweckbindung enger oder weiter fassen oder eine Übermittlung an kommunale Stellen ausschließen könne (Ziekow, 2013, hier: Seite 83).

Auch wenn man zugunsten einer Umkehrung des Regel-Ausnahme-Verhältnisses in § 16 Absatz 5 Bundesstatistikgesetz annimmt, dass verfassungsrechtliche Gründe nicht entgegenstehen mögen, würde sie die bisherige Systematik der bundesstatistischen Rahmengesetzgebung durchbrechen. Der Schutz des Grundrechts auf informationelle Selbstbestimmung umfasst nicht nur die Erhebung persönlicher Daten, sondern auch deren Weiterleitung. Er ist im Bundesstatistikgesetz als Grundsatz statuiert und seine Beschränkung in Form „anderweitiger besonderer Rechtsvorschriften“ als Ausnahme (§ 16 Absatz 1 Satz 1 Bundesstatistikgesetz) festgesetzt. Das Bekenntnis des Gesetzgebers zur grundsätzlichen Systematik der statistischen Geheimhaltung, die nur durch besondere Rechtsvorschriften durchbrochen werden darf, ist wesentlich dem Ziel geschuldet, das Vertrauensverhältnis zwischen den Befragten und den statistischen Ämtern zu erhalten (Deutscher Bundestag, 1986, hier: Seite 20). Das Bundesverfassungsgericht hat betont, dass das Ziel einer funktionsfähigen amtlichen Statistik nur erreicht werden könne, wenn bei den Auskunftspflichtigen das notwendige Vertrauen in den Schutz ihrer für statistische Zwecke erhobenen Daten geschaffen wird. Eine Staatspraxis, die sich nicht um die Bildung eines solchen Vertrauens bemühe, würde auf längere Sicht zu schwindender Kooperationsbereitschaft führen und damit die Qualität der statistischen Erhebung gefährden.[19] Der Gesetzgeber hat diese Systematik im Bundesstatistikgesetz entsprechend konsequent umgesetzt. So dürfen gemäß § 16 Absatz 3 Bundesstatistikgesetz Einzelangaben aus zentralen, in ausschließlicher Zuständigkeit des Statistischen Bundesamtes erhobenen Bundesstatistiken nur für Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen oder für vergleichbare Gesamtrechensysteme an Statistische Landesämter weitergeleitet werden. Eine weitere Ausnahme stellen Sonderaufbereitungen für regionale Zwecke dar, die dann auch wiederum kommunale Bedarfe abdecken. Das Bundesstatistikgesetz fordert diese grundsätzliche Systematik des bundesstatistischen Rechtsrahmens für kommunale Statistikstellen aufgrund ihrer besonderen Nähe zu Stellen des kommunalen Verwaltungsvollzuges. Dies zu durchbrechen, steht dem Ziel, eine konsequente Vertrauensbildung zu den Auskunftgebenden zu schaffen, somit entgegen.

Unabhängig davon würde eine Umkehrung des Regel-Ausnahme-Verhältnisses in § 16 Absatz 5 Bundesstatistikgesetz in der Praxis die Datenbedarfslage der kommunalen Statistikstellen zumindest zeitnah nicht befriedigend verbessern. Der Lösungsansatz der Umkehrung wurde entwickelt, weil die Regelung konkreter Datenbedarfe kommunaler Statistikstellen in bestimmten bundesstatistischen Einzelgesetzen zu aufwendig ist, um insbesondere kurzfristig auftretende Datenbedarfe zu decken. Ein solcher Aufwand wäre allerdings auch bei Umkehrung des Regel-Ausnahme-Verhältnisses nicht minder gering, sondern möglicherweise noch höher. Bei einer Anpassung von § 16 Absatz 5 Bundesstatistikgesetz wären nämlich alle eine Bundesstatistik anordnenden Rechtsvorschriften daraufhin zu überprüfen, ob und in welchem Umfang eine Übermittlung von Einzelangaben an kommunale Statistikstellen erforderlich und mit Blick auf den Schutz des informationellen Selbstbestimmungsrechts der Auskunftgebenden gerechtfertigt ist.

18 Der Rechtsgrundsatz besagt, dass ein spezielles Gesetz (lex specialis) einem allgemeinen Gesetz (lex generalis) vorrangig gilt und das allgemeine Gesetz in diesem Fall verdrängt. Wenn ein spezielles Gesetz auf einen bestimmten Sachverhalt anwendbar ist, wird also das allgemeine Gesetz nicht angewendet, auch wenn es ebenfalls anwendbar wäre.

19 BVerfGE, 65, 1 (37/38).

5.2 Beteiligung im Gesetzgebungsverfahren

Wenn es – wie dargelegt – bei der bisherigen Regelung bleiben soll und die Einzeldatenübermittlung an kommunale Statistikstellen als Ausnahme in einem bundesstatistischen Einzelgesetz zu regeln ist, ist eine optimierte Beteiligung der Kommunen an entsprechenden Gesetzgebungsverfahren umso wichtiger. Am Entwurf von Gesetzesvorlagen sind die Länder, kommunalen Spitzenverbände, Fachkreise und Verbände nach § 47 der gemeinsamen Geschäftsordnung der Bundesministerien frühzeitig zu beteiligen. Daraus erwachsen ihnen zwar keine eigenen Verfahrens- oder Vetorechte, sie können jedoch beim jeweils federführenden Ressort für ihre Positionen werben und versuchen, fachliche Argumente einzubringen. Der Hauptausschuss des Deutschen Städtetages hat in seinem Beschluss vom 26. November 2020[20] allerdings beanstandet, dass zu kurze Fristen zur Stellungnahme die Beteiligungsrechte der Städte aushöhlen würden. Er hat gefordert, dass Kommunen bereits in den Entstehungsprozess einbezogen werden sollen. Um politische Kontroversen und Angriffsflächen zu vermeiden, dürfen Gesetzesentwürfe an Länder, Kommunen, Verbände und andere durch das federführende Ressort nur erfolgen, wenn dies einvernehmlich mit den Ministerien geschieht, von denen abweichende Meinungen zu erwarten sind (§ 47 Absatz 1 Grundgesetz). Zielführender ist es, die formellen und informellen Arbeitsbeziehungen zu nutzen und dort frühzeitig Datenbedarfsregelungen in Einzelstatistikgesetzen zu adressieren, noch bevor diese in ein Gesetzgebungsverfahren einfließen. Dies setzt voraus, dass „verbundweite Datenbedarfe“ in einer intensiveren Zusammenarbeit zwischen den Statistischen Ämtern des Bundes und der Länder sowie den kommunalstatistischen Verbänden abgestimmt und frühzeitig mit dem Ziel entsprechender Gesetzesanpassungen an das zuständige Ressort übermittelt werden.[21]

5.3 Prozesse der Datenbereitstellung standardisieren und Kooperation verstärken

Rechtliche oder gesetzgeberische Lösungsansätze führen zumindest nicht kurz- beziehungsweise mittelfristig dazu, die statistische Informationsinfrastruktur der kommunalen Statistikstellen zu verbessern. Daher ist es dringend geboten, praktische Lösungswege zu beschreiten, wozu die von der Amtsleitungskonferenz der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder eingerichtete Projektgruppe praktische Empfehlungen erarbeitet hat und diese priorisieren sollte.

Ein wichtiger Schritt ist, dass die Statistischen Ämter des Bundes und der Länder mit kommunalen Statistikstellen zusammenarbeiten, um den Prozess der Datenbereitstellung von Einzel- beziehungsweise kleinräumigen Daten, für deren Übermittlung bereits Rechtsvorschriften bestehen, bundesweit zu standardisieren. Dies trägt zu einem gemeinsamen Verständnis der rechtlichen Rahmenbedingungen, der unterschiedlichen Bedarfe und Kommunikationserfordernisse bei und bietet die Möglichkeit, hieraus Handlungsmaßnahmen zu entwickeln, um die Informationsstruktur für kommunale Statistikstellen zu optimieren. Ein wesentliches Element der Prozessstandardisierung sollte dabei auch sein, den bürokratischen Aufwand der kommunalen Statistikstellen auf ein notwendiges, möglichst harmonisiertes Maß zu beschränken. Harmonisierte landesrechtliche Anforderungen dürften aufgrund der föderalen Grundlagen kurz- beziehungsweise mittelfristig kaum realisierbar sein. Umso wichtiger erscheint es, den bürokratischen Aufwand für den Nachweis der Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben zur Abschottung und statistischen Geheimhaltung auf ein notwendiges und harmonisiertes Maß zu beschränken. Denn auch wenn aus verfassungsrechtlicher Sicht kein selbstständiges Recht auf Zugang zu staatlich erhobenen Daten nötig ist, gebietet es die verfassungsrechtliche Garantie der kommunalen Selbstverwaltung, bei allen Maßnahmen auf die Selbstverwaltungsbelange der Kommunen Rücksicht zu nehmen (Ziekow, 2013, hier: Seite 45 f.; Kühling, 2024, hier: Seite 58). Um unterschiedliche ämterspezifische Prüfmaßnahmen, welche zu einer Ungleichbehandlung kommunaler Statistikstellen beim Informationszugang führen, zu vermeiden, könnte die Prüfung auf das Vorhandensein einer standardisierten Dienstanweisung

20 Verfügbar unter: www.staedtetag.de [Zugriff am 22. Juli 2025].

21 Das ist auch ein Ergebnis der Diskussionen in der Projektgruppe „Zusammenarbeit mit kommunalen Statistikstellen“.

zur Abschottung und statistischen Geheimhaltung beschränkt werden. Eine darüber hinausgehende faktische Überprüfung durch statistische Ämter ist aus kompetenzrechtlicher Sicht fraglich und widerspricht dem grundsätzlichen Vertrauen in gesetzeskonformes Verhalten staatlicher Stellen. Die Inanspruchnahme der Beratungsfunktion der Landesdatenschutzbeauftragten für öffentliche Stellen durch die kommunalen Statistikstellen könnte dazu beitragen, dieses Vertrauen zu untermauern.

6

Fazit

Eine zielführende Zusammenarbeit zwischen den Statistischen Ämtern des Bundes und der Länder sowie den kommunalstatistischen Stellen und Verbänden ist die Basis, um bundes- und auch landesstatistische Daten effizienter zu erschließen. Hierzu bedarf es einer kommunikativen Zusammenarbeit auf Augenhöhe und einer transparenten Darstellung der Bedarfe. Ziel ist, dass bestehende gesetzliche Übermittlungsmöglichkeiten ohne weitere bürokratische Hindernisse in Datenbereitstellungen münden und darüber hinausgehende Übermittlungsbedarfe frühzeitig in Gesetzesinitiativen eingesteuert werden.

LITERATURVERZEICHNIS

Abele, Franz. *Rechtsgrundlagen der Kommunalstatistik*. In: Statistik und Informationsmanagement Monatshefte. Ausgabe 3/2014, Seite 88 ff. [Zugriff am 9. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.domino1.stuttgart.de

Deutscher Bundestag. *Entwurf eines Gesetzes über die Statistik für Bundeszwecke (Bundesstatistikgesetz – BStatG)*. 1986. Drucksache 10/5345.

Haußmann, Michael. *Probleme und Lösungen auf dem Weg zu kleinräumigen innerstädtischen Statistiken*. In: IÖR Schriften. Band 60, 2012, Seite 169 ff. [Zugriff am 8. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.ioer-monitor.de

Kühling, Jürgen. *Bundesstatistikgesetz: BStatG*. Kommentar. München 2023.

Kühling, Jürgen. *Die Reform des Statistikrechts – Rahmenbedingungen, Herausforderungen und Gestaltungsmöglichkeiten*. In: Statistisches Monatsheft Thüringen. Ausgabe März 2024, Seite 56 ff. [Zugriff am 14. Juli 2025]. Verfügbar unter: statistik.thueringen.de

Schmidt-Bleibtreu, Bruno/Klein, Franz. *GG – Kommentar zum Grundgesetz*. 7. Auflage. Neuwied 1991.

Statistischer Beirat. *Fortentwicklung der amtlichen Statistik – Empfehlungen des Statistischen Beirats für die 21. Legislaturperiode*. 2025. [Zugriff am 9. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.destatis.de

Ziekow, Jan. *Rechtsgutachten zur Stellung der Städtestatistik bei der Weiterentwicklung der rechtlichen Grundlagen der amtlichen staatlichen Statistik in Deutschland im Spannungsfeld grundgesetzlich verbriefter kommunaler Planungshoheit, einer tiefgreifend gewandelten Informationsgesellschaft, den Auswirkungen der Föderalismusreform und den Anforderungen der Europäischen Union.* Erstellt für den KOSIS-Verbund. 2013. [Zugriff am 10. Juli 2025]. Verfügbar unter: www.staedtestatistik.de

RECHTSGRUNDLAGEN

Bundesverfassungsgericht, Urteil des Ersten Senats vom 15. Dezember 1983 (Volkszählungsurteil) – 1 BvR 209/ 83, 1 BvR 484/83, 1 BvR 440/83, 1 BvR 420/83, 1 BvR 362/83, 1 BvR 269/83 - Rn. (1–215).

Gesetz über die Statistik für Bundeszwecke (Bundesstatistikgesetz – BStatG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Oktober 2016 (BGBl. I Seite 2394), das zuletzt durch Artikel 14 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. I Nr. 152) geändert worden ist.

Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. März 2025 (BGBl. I Nr. 94) geändert worden ist.

Herausgeber
Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden

Schriftleitung
Dr. Daniel Vorgrimler
Redaktion: Ellen Römer

Ihr Kontakt zu uns
www.destatis.de/kontakt

Erscheinungsfolge
zweimonatlich, erschienen im August 2025, Seite 132 korrigiert am 19.08.2025
Ältere Ausgaben finden Sie unter www.destatis.de sowie in der Statistischen Bibliothek.

Artikelnummer: 1010200-25004-4, ISSN 1619-2907

© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2025
Vervielfältigung und Verbreitung, auch auszugsweise, mit Quellenangabe gestattet.