Bundesinstitut für Berufsbildung BIBB

Forschen
Beraten
Zukunft gestalten

Polarisierung von Tätigkeiten in der Wirtschaft 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Fachkräftebedarf in der digitalisierten Arbeit von morgen

Kurzexpertise im Auftrag des BMBF

Arbeitspaket 1

Datenstand:

BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2011/12

Stand: 22. März 2016

Autor: Dr. Michael Tiemann

Inhalt

1 Einleitung ... 4
2 Polarisierungsthese Frey / Osborne ... 5
3 Stand der Forschung ... 6
4 Bisherige Studien ... 8
5 Das Spektrum ersetzbarer Tätigkeiten ... 11
6 Übertragung auf Deutschland ... 12
7 Datengrundlage ... 14
8 Operationalisierung ... 15
8.1 Dreidimensionales Modell beruflicher Inhalte ... 15
8.1.1 Wissensanforderungen / Komplexität: ... 15
8.1.2 Routine: ... 15
8.1.3 Objektbezug: ... 16
8.2 Ersetzungspotentiale / Computerisierbarkeit ... 16
9 Ergebnisse ... 17
10 Zusammenfassung und Ausblick ... 23
11 Literatur ... 25

1 EINLEITUNG

Die vorliegende Kurzexpertise ist das erste Ergebnis eines Projektes, das das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) für das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) durchführt. Unter dem Titel „Polarisierung von Tätigkeiten in der Wirtschaft 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Fachkräftebedarf in der digitalisierten Arbeit von morgen“ wird untersucht, wie mögliche Auswirkungen des technologischen Fortschritts auf den deutschen Arbeitsmarkt und speziell die berufliche Ausbildung in Deutschland einzuschätzen sind.

In der aktuellen Forschung wird derzeit von einer Polarisierung beziehungsweise einem polarisierten Upgrading als Folgen der Einführung neuer Technologien ausgegangen: Schlecht programmierbare Arbeitstätigkeiten, besonders solche mit hohen analytischen oder interaktiven Inhalten, erfahren auf der einen Seite mehr Nachfrage – auch nach höher qualifizierten Erwerbstätigen. Schlecht programmierbare Tätigkeiten, die von manueller Arbeit geprägt sind, erfahren ebenfalls eine höhere Nachfrage, aber weniger stark. Auf der anderen Seite werden Tätigkeiten, die programmierbar sind, egal ob sie eher manuellen, analytischen oder interaktiven Charakter haben, zunehmend ersetzt durch neue Technologien. Das Projekt will herausfinden, ob das so für Deutschland zutrifft. Die Einführung neuer Technologien hat auch Folgen für die Anforderungen an Erwerbstätige, an ihre Qualifikationen und die Aufgaben an ihren Arbeitsplätzen. Damit berufliche Qualifikationen zukunftsfähig bleiben können, werden diese Veränderungen untersucht.

2 POLARISIERUNGSTHESE FREY / OSBORNE

Die Beeinflussung von Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen durch technologischen Wandel als nicht-linear haben in der Vergangenheit Kern / Schumann (1970) beschrieben. Aktuell wird sie vor allem im Rahmen des „Tätigkeitenansatzes“ (Autor et al. 2003, Goos, Manning 2007) untersucht. Die Überlegung ist, dass programmierbare oder Routinetätigkeiten[1] durch Maschinen ersetzt werden – das können (Personal-) Computer sein oder auch programmierbare Maschinen bis hin zu Robotern. Durch diese Ersetzung ergeben sich für Tätigkeiten mit unterschiedlichen Qualifikationsanforderungen unterschiedliche Konsequenzen. Bei Tätigkeiten im mittleren Anforderungsbereich (Schreiben, Rechnen, Buchhaltung, Recherche) fallen die ersetzbaren Anteile weg und damit oftmals der die Tätigkeiten definierende Kern. Berufe, die durch solche Tätigkeiten bestimmt werden, erfahren Beschäftigungsrückgänge und kaum steigende oder sogar sinkende Lohnentwicklungen. Bei Tätigkeiten im niedrigeren und höheren Anforderungsniveau jedoch führt das Wegfallen dieser Inhalte dazu, dass andere berufliche Inhalte mehr in den Vordergrund treten: Ingenieure können einfacher und schneller Tests durchführen, weil Computer diese simulieren; Lagerarbeiter müssen weniger schwer heben, weil Roboter ihnen diese Arbeit abnehmen.

Problematisch ist diese Entwicklung vor allem, weil – gerade in Deutschland – viele Tätigkeiten im mittleren Qualifikationsbereich solche sind, die nach Absolvieren einer Ausbildung in einem geordneten Ausbildungsberuf ausgeübt werden. Entfallen diese Tätigkeiten und mit ihnen nach und nach entsprechende Berufe, ergibt sich hieraus ein Gefährdungspotential für das System der beruflichen Bildung. Ein solches Gefährdungspotential für die Tätigkeit in bestimmten Berufen bauen auch Frey / Osborne (2013) in ihrer Studie zur Computerisierbarkeit von Berufen auf. Diese Ergebnisse will die vorliegende Kurzexpertise für Deutschland überprüfen und das theoretische Potenzial an Computerisierbarkeit von Berufen feststellen. Inwiefern ein solches Ersetzungspotential überhaupt als Gefährdungspotential für die Existenz von beruflichen Tätigkeiten und Berufen gesehen werden kann, wird ebenfalls untersucht.

Replikationen der Polarisierungsthese entsprechend Frey / Osborne für Deutschland haben bereits einige Forschergruppen durchgeführt (Bonin et al. 2015, Dengler / Matthes 2015). Eine echte Replikation würde allerdings voraussetzen, auch die von Frey / Osborne genutzten Methoden zu verwenden. Diese haben Logarithmen des maschinellen Lernens genutzt, um die Wahrscheinlichkeit der Ersetzung von Tätigkeiten unter anderem durch Logarithmen des maschinellen Lernens zu bestimmen. Problematisch ist das, weil solche Logarithmen zunächst angelernt werden müssen – nach von den Forscherinnen und Forschern bestimmten Beispielen und Vorgaben. Letztlich ist also die Berechnung der Wahrscheinlichkeit der Computerisierbarkeit bei Frey / Osborne eine skalierte und maschinell durchgeführte Zuordnung, die sich mehr oder weniger stark an den durch die Forscher vorgegebenen Klassifizierungsalgorithmen anlehnt. Durch die von ihnen genutzten Daten sind sie zudem nicht in der Lage, ausschließlich die Perspektive von tatsächlich in den Berufen Erwerbstätigen oder von diese Berufe nutzenden Betrieben abzubilden, weil die Daten Angaben von Erwerbstätigen und

[1] Der Begriff “Routine” ist in diesem Zusammenhang tendenziell irreführend. Während alltagssprachlich und auch sozialwissenschaftlich wie pädagogisch damit ein Konzept angesprochen ist, das Erfahrungen einschließt, die ein Mensch gemacht hat und die ihn befähigen, bestimmte Handlungen in bestimmten Situationen routiniert zu vollziehen (siehe auch Handlungsrekonstruktion in der Wissenshermeneutik, Oevermann (1973), Maasen (2009)), ist damit in dieser Diskussion, weil aus dem Englischen entlehnt, eher eine Programmroutine gemeint.

Berufsexperten vermengen. Ebenso wenig können sie auf die Ebene von Einzeltätigkeiten am Arbeitsplatz gehen, obwohl gerade dort die Ersetzungspotentiale erst eindeutig bestimmbar werden.

3 Stand der Forschung

Bonin et al. (2015) weisen auf einen wichtigen Umstand hin: Berufe, wie sie auch von Frey / Osborne betrachtet werden, bündeln immer unterschiedliche Tätigkeiten. Daraus ergibt sich das Problem, dass einzelne Tätigkeiten in einem Beruf unterschiedliche Ersetzungspotentiale haben: „Tätigkeiten, die zu einer geringeren Automatisierungswahrscheinlichkeit führen, werden von vielen Beschäftigten anscheinend auch in Berufen ausgeübt, die Frey und Osborne als Risikoberufe einstufen. […] Solche Tätigkeiten sind über die Berufe hinweg verbreitet.“ (Bonin et al. 2015: 14) Aufgrund der Tatsache, dass individuelle Heterogenitäten neben den Berufe dominierenden Tätigkeitsarten starke Einflüsse haben – wie auch schon Autor / Handel (2013) feststellen –, sollte eine Analyse der Ersetzungspotentiale nach Möglichkeit stattfinden auf der Ebene von einzelnen Tätigkeiten individueller Erwerbstätiger, also auf der Ebene von Arbeitsplätzen.

Ein weiterer bedenkenswerter Punkt ist die (institutionelle) Ausgestaltung der beruflichen Qualifizierung in Deutschland. Es gibt eine enge Verzahnung zwischen den Systemen, die berufliche Bildung generieren (duales System, Fachschulen, Weiterbildungen) und dem Arbeitsmarkt, der augenfällig darin wird, dass Vakanzen für Stellen nur in Ausnahmefällen nicht unter Bezug auf eine berufliche Qualifizierung ausgeschrieben werden. Dies gilt besonders im Bereich sogenannter mittlerer Qualifikationen, zu denen die Abschlüsse in anerkannten Ausbildungsberufen nach Berufsbildungsgesetz (BBiG) oder Handwerksordnung (HwO) gehören. Auch durchdringen diese Qualifikationen die Gesellschaft sehr.

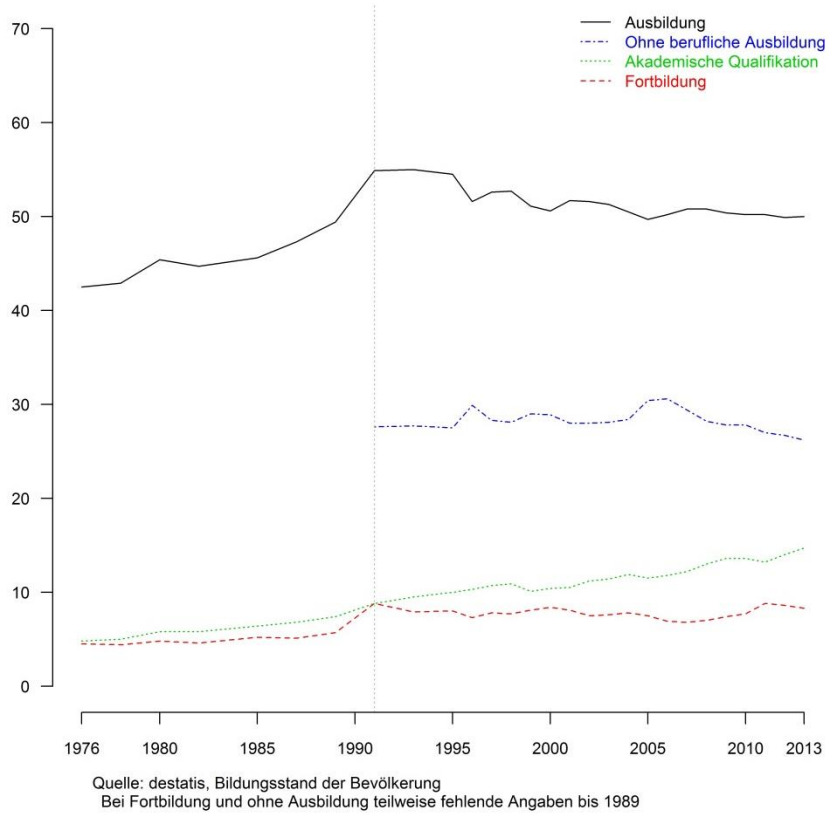


Abbildung 1: Anteile der Qualifikationen an der Bevölkerung

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Anteile der Qualifikationen an der Bevölkerung. Noch 2011 lag der Anteil derjenigen mit einer beruflichen Ausbildung bei über 50%, der Anteil derjenigen mit akademischer Ausbildung ist angestiegen auf über 10%. Wenn tatsächlich gerade Erwerbstätigkeiten auf mittlerem Qualifikationsniveau von Ersetzungen betroffen sein könnten, dann wäre dies ein Phänomen, das eine große Zahl an Personen betrifft.

Tabelle 1: Verteilung der Qualifikationen (höchster beruflicher Abschluss) über die Erwerbstätigen

Qualifikation	Absolut (Tsd.)	Prozent
Keine berufliche Ausbildung	3.171	9,0
Duale oder schulische Berufsausbildung	20.954	59,3
Fortbildung (Meister, Techniker)	2.706	7,7
Akademische Ausbildung	8.516	24,1
Summe	35.347	100,1

Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2012, gewichtete Daten, eigene Berechnungen

Aus der Erwerbstätigenbefragung (Hall et al. 2014) können die Anteile der beruflichen Qualifikationen im Jahr 2011/12 für Kernerwerbstätige[2] ermittelt werden. Tabelle 1 zeigt die gewichteten Anteile und die absoluten Zahlen von Erwerbstätigen mit entsprechenden Qualifikationen. Vergleichbar zu den Anteilen in der Gesamtbevölkerung haben knapp 60 Prozent von ihnen eine duale oder schulische Berufsausbildung als höchsten beruflichen Abschluss. In der Tat hätten also direkte Auswirkungen auf Tätigkeiten für Personen mit diesen Ausbildungen weitreichende Folgen.

Neben der individuellen Qualifikation ist wichtig, welche Anforderungen an Qualifikationen üblicherweise an Erwerbstätige auf ihren Arbeitsplätzen gestellt werden. Darüber gibt eine Frage der Erwerbstätigenbefragung Auskunft, in der die üblicherweise geforderte Qualifikation zur Ausübung der eigenen Tätigkeit erhoben wird. Dieses Anforderungsniveau erfasst genauer als die Qualifikationen den tatsächlichen (realisierten) Bedarf an Qualifikationen am Arbeitsmarkt. Es ist zudem nutzbar, um die formale Passung von individueller Qualifikation und Anforderungsniveau am Arbeitsplatz einander gegenüber zu stellen.

Tabelle 2: Verteilung der Anforderungsniveaus über die Erwerbstätigen

Anforderungsniveau	Absolut (Tsd.)	Prozent
Keine berufliche Ausbildung	6.587	18,6
Duale oder schulische Berufsausbildung	18.687	52,9
Fortbildung (Meister, Techniker)	2.359	6,7
Akademische Ausbildung	7.713	21,8
Summe	35.346	100,0

Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2012, gewichtete Daten, eigene Berechnungen

Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass tatsächlich von fast 53 Prozent der Erwerbstätigen Qualifikationen auf dem Niveau schulischer oder dualer Berufsausbildungen verlangt werden. Zudem arbeiten beinahe 19 Prozent auf Arbeitsplätzen, für die keine Qualifikation verlangt wird. Diese beiden Gruppen könnten durch die hier in Betracht gezogenen technologischen Entwicklungen besonders betroffen sein.

[2] Kernerwerbstätige sind Erwerbstätige, die mindestens 15 Jahre alt sind und mindestens zehn Stunden in der Woche arbeiten. Nicht enthalten sind hier beispielsweise Auszubildende oder ehrenamtlich Tätige.

Tabelle 3: Formale Passung zwischen Qualifikation und Anforderung

Qualifikation	Anforderungsniveau				Summe
	Keine berufliche Ausbildung	Duale oder schulische Berufsausbildung	Fortbildung (Meister, Techniker)	Akademische Ausbildung	
Keine berufliche Ausbildung	61,1	31,2	2,1	5,7	100,1
Duale oder schulische Berufsausbildung	19,4	72,6	4,4	3,6	100,0
Fortbildung (Meister, Techniker)	4,9	47,0	39,7	8,4	100,0
Akademische Ausbildung	5,3	14,3	3,5	76,9	100,0

Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2012, gewichtete Daten, eigene Berechnungen

Über die Passung von formaler Qualifikation und Anforderung gibt Tabelle 3 Auskunft. Demnach arbeiten 72,6 % der Erwerbstätigen mit mittlerer Qualifikation auch auf entsprechenden Arbeitsplätzen, so dass die möglichen Auswirkungen des Einsatzes neuer Technologien auf beinahe drei Viertel der benannten 21,0 Millionen Erwerbstätigen Auswirkungen haben könnten. Diese Annahme setzt allerdings voraus, dass die Einführung neuer Technologien wirklich tiefgreifende Auswirkungen hat und nicht nur Teilbereiche beruflicher Tätigkeiten betrifft – eine Annahme, die noch genauer zu prüfen ist.

4 Bisherige Studien

Zuletzt hat sich eine Reihe von Studien mit dem Einfluss von technologischem Wandel auf Arbeit auseinandergesetzt, meist mit der Fragestellung, welche Auswirkungen die Ersetzung von Tätigkeiten durch programmierbare computergestützte Arbeitsmittel hat. Zunächst (Autor et al. 2003) wurden Ersetzungspotentiale dabei ad hoc definiert: Forscherinnen und Forscher haben bestimmten Tätigkeiten Ersetzbarkeit oder Nicht-Ersetzbarkeit unterstellt. Als die einflussreichste Studie in diesem Zusammenhang ist wahrscheinlich die von Frey / Osborne (2013) zu nennen, die eben diese Setzung genauer untersucht. Sie baut auf wichtige Vorarbeiten von Autor et al. (2003) und Goos / Manning (2007) wie auch Blinder (2009) auf. All diesen Studien ist dabei gemeinsam, dass sie die Situation im amerikanischen oder anglo-amerikanischen Raum betrachten. Dort gibt es kein dem deutschen vergleichbares und ebenso stark ausgebildetes System beruflicher Bildung; entsprechend sind die Anteile von Personen mit „mittleren“ – also berufsbildenden – Qualifikationen an der Bevölkerung, und zum Teil auch die Tätigkeiten, die sie ausüben (Bonin et al. 2015: 11f.), andere. Wenn Frey / Osborne davon sprechen, dass 47% der Berufe durch Computerisierung vom Verschwinden bedroht sind, dann liegt diesen Berufen keine vergleichbare institutionalisierte Ausbildung wie in Deutschland zugrunde.

Was genau sie unter „Computerisierung“ verstehen, lehnen Frey / Osborne (2013) ebenfalls an Autor et al. (2003) an: Es ist eine Automatisierung durch den Einsatz von computergesteuerten Maschinen gemeint (Frey / Osborne 2013: 2). Ihre Perspektive ist eher die eines Ingenieurs; denn sie wollen die Grenzen der Überführung von Tätigkeiten in automatisierbare Abläufe ausloten und nutzen dazu (Experten-)Wissen über die zu erwartenden Einsatzmöglichkeiten von Computern und computergesteuerten Maschinen.[3] Dementsprechend gehen sie beispielsweise davon aus, dass Kassiererinnen und Kassierer bald vollständig entfallen könnten, da diese Tätigkeiten in Selbstbedienungsterminals automatisierbar zur Verfügung stehen.

Konkret gehen Frey / Osborne (2013) dabei über die Annahmen von Autor et al. (2003) hinaus, weil sie explizit auch die Ersetzung von Nichtroutine-Aufgaben zulassen:

> „Hence, in short, while the task model predicts that computers for labour substitution will be confined to routine tasks, our model predicts that computerization can be extended to any non-routine task that is not subject to any engineering bottlenecks to computerization. These bottlenecks thus set the boundaries for the computerization of non-routine tasks.” (Frey / Osborne 2013: 24)

Dabei übergehen sie, dass bei vielen beruflichen Tätigkeiten eine nicht-technische oder nicht-technologische Dimension eine wichtige Rolle spielt: menschliche Interaktion in einem sie ordnenden und strukturierenden Geflecht von rechtlichen und sozialen Rahmenbedingungen, also Gesetzen und Normen. Genauso wenig wie das Bezahlen im Supermarkt einfach auf Maschinen übertragbar ist, können Tätigkeiten wie das Pflegen, Betreuen und Gespräche führen in Pflegeberufen ersetzt werden, da dem Kunden oder Patienten nicht zugemutet wird, statt eines menschlichen Gegenübers mit einer Maschine zu interagieren. Bonin et al. (2015) weisen mehrfach darauf hin, dass bei solchen Ersetzungsprozessen ethische, rechtliche wie auch zeitliche Aspekte eine bedeutende Rolle spielen können, die die tatsächliche Ersetzung von Tätigkeiten verzögern, erschweren oder gar unmöglich machen.

Auch bei Frey / Osborne bleibt prinzipiell die Überführung von Arbeitsaufgaben in „Routinen“ die Grundlage für Computerisierung. Der Begriff der Routine ist an dieser Stelle etwas irreführend. Während unser Alltagsverständnis damit eingeübte Handlungsabfolgen meint, die ohne größere Überlegungen abgerufen werden können, ist hier vielmehr etwas anderes gemeint, nämlich die Übersetzung einer Handlung in programmierbare Abläufe. Damit ist „Routine“ im Sinne von Programmierbarkeit eigentlich etwas, das im deutschsprachigen Diskurs eher als Monotonie von Arbeitsaufgaben bezeichnet würde –eine detailgenau festgelegte, sich wiederholende Abfolge von Arbeitsabläufen, in denen sich die einzelnen Arbeitsgänge immer wiederholen. Die angesprochenen Flaschenhälse erweitern zwar die Einsatzmöglichkeiten von Maschinen, aber sie beziehen sich in der Hauptsache auf Lern- und lernende Algorithmen, die effizientere Verknüpfung und Verarbeitung von Wissen und einen Schritt von sequentiellen Algorithmen hin zu inkrementellen und gleichzeitigen Bearbeitungen von Rechenanforderungen. Damit können auch Tätigkeiten ersetzbar werden, deren Arbeitsabläufe weniger klar geregelt sind oder die Entscheidungen zwischen (bekannten) Alternativen umfassen. Das Konzept von „programmierbaren Routinen“ wird so technisch ausgeweitet.

[3] „Rather we aim, from a technological capabilities point of view, to determine which problems engineers need to solve for specific occupations to be automated.“ (Frey/Osborne 2013: 4)

Ben-Ner / Urtasun (2013) machen darauf aufmerksam, dass durch die Einführung von computergestützten Arbeitsmitteln die Aufgabenspektren von Berufstätigkeiten verändert werden: Waren sie vor der Einführung der neuen Technologien im unteren Anforderungsbereich und weniger komplex, dann droht ein „deskilling“, also eine Abnahme an Anforderungen und Komplexität, oder es lässt sich keine Veränderung feststellen; waren sie geprägt durch hohe Anforderungen oder hohe Komplexität, so erfolgt eine Ausweitung der Aufgaben und damit der Komplexität[4]. Dies sind die Prozesse, die sich auch im „task-approach“ finden und entsprechend auch von Pfeiffer / Suphan (2015: 10) als Substituierung und Komplementarität beschrieben werden – als „Substitutionseffekt (Routinearbeiten werden ersetzt) und Komplementaritätseffekt (Unterstützung von Kreativität, Flexibilität und komplexer Kommunikation und damit von Nicht-Routine-Tätigkeiten).“

Genauer sehen Ben-Ner / Urtasun (2013) die Gründe für die Einführung von computergestützten Technologien in eben dieser zeitlich davor liegenden Komplexität und Anforderung. In wenig komplexen Berufen / Tätigkeiten werden, wenn überhaupt, nur solche Technologien eingesetzt, die tatsächlich zu einem „deskilling“ führen. In komplexen Berufen / Tätigkeiten werden solche Technologien eingesetzt, die zu einer Ausweitung der Aufgabenspektren führen. Damit beschreiben Autor et al. (2003), dass in routine-bestimmten Tätigkeiten computergestützte Technologien eingeführt werden, und Ben-Ner / Urtasun (2013) stellen dar, welche Technologien unter welchen Bedingungen eingeführt werden. Der eigentliche Grund wird jeweils (implizit) darin gesehen, dass sich Produktivitätsvorteile durch die Nutzung dieser Technologien ergeben.

Pfeiffer / Suphan (2015) beschreiben, dass die aktuellen Studien im Bereich der Technologisierung und ihrer Auswirkungen auf Berufstätigkeiten sämtlich einen eher defizitorientierten Blick haben. Es gehe darum, solche Tätigkeiten, die mit neuen Technologien besser bearbeitet werden können (sprich: schneller, effizienter, ohne Pausen aufgrund von Ermüdungserscheinungen und so fort), zu identifizieren. Also frage man nicht nach spezifischen Fähigkeiten oder Vermögen der Erwerbstätigen, obwohl gerade damit Potentiale im Umgang mit neuen Technologien sichtbar gemacht werden könnten. Solche Potentiale würden die Erwerbstätigen dazu befähigen, das Gesamtbündel ihrer Tätigkeiten nicht ersetzen zu lassen, sondern bei ihrer Arbeit durch Maschinen unterstützt zu werden. Das Arbeitsvermögen, das die beiden Autorinnen vorschlagen, lehnt sich dabei eng an berufliches Erfahrungswissen an, das auch situativ und intuitiv sein kann. Immer geht es dabei jedoch um Menschen, die in einer beruflichen Situation Entscheidungen treffen. Nun kommen solche Entscheidungssituationen auf jeder Art von Arbeitsplatz vor, also sowohl beim angelernten Maschinenbediener, der eingreifen muss, um die Produktion aufrecht zu erhalten, als auch bei der Technikerin oder Ingenieurin oder dem Techniker oder Ingenieur, die oder der bei einem Störfall die Maschinen wieder in Ordnung bringen muss. So kommen sie, unter Nutzung der Daten der Erwerbstätigenbefragung 2012, zu dem Ergebnis, dass „71 % der Erwerbstätigen in Deutschland befähigt sind, häufig mit Komplexität umzugehen“ (Pfeiffer / Suphan 2015: 27).

Hieraus ergeben sich eine Reihe von denkbaren Folgen durch die Einführung von computergestützten Arbeitsmitteln: Routinetätigkeiten und durch diese dominierte Berufe werden ersetzt und entfallen, außerdem erfolgt hier ein „deskilling“, und es drohen stagnierende oder sinkende Lohnentwicklungen. Komplementär werden Nicht-Routinetätigkeiten durch den Einsatz solcher Technologien

[4] Komplexität wird hier verstanden als die Anzahl unterschiedlicher Arbeitsaufgaben (in unterschiedlichen Bereichen). Dies ist mit den in dieser Arbeit genutzten Daten prinzipiell abbildbar, bleibt aber eine von den Indizes des genutzten dreidimensionalen Modells zu unterscheidende Operationalisierung.

insofern befördert, als dass die Nachfrage nach ihnen steigt (steigende Beschäftigung), die Lohnentwicklung positiv ist und die Aufgabenspektren breiter werden. Für die Analyse von Ersetzungspotentialen ergibt sich zusammenfassend, dass sie auf der Ebene von Arbeitsplätzen ansetzen sollte und neben der reinen Programmierbarkeit von Tätigkeiten auch Aspekte wie das Anforderungsniveau oder die Komplexität beachten sollte, ferner die Mehrdimensionalität beruflicher Tätigkeiten.

5 Das Spektrum ersetzbarer Tätigkeiten

Warum ist es sinnvoll, die Definition von ersetzbaren Tätigkeiten von Autor et al. (2003) auszuweiten? Die Arbeiten, die sich mit Fragen von Computerisierung und der Ersetzung von Tätigkeiten beschäftigen, nehmen als Ausgangspunkt die Definition von Computerisierung, die Autor et al. (2003) vorschlagen. In dieser ursprünglichen Beschreibung ist noch kein Platz für den Einsatz von Technologien, die zum damaligen Zeitpunkt deutlich fortschrittliche Komponenten nutzen, etwa Algorithmen maschinellen Lernens (einschließlich dem Umgang mit „Big Data“) oder ausgereifter Sensorik. Folgerichtig bezeichnen Autor et al. (2003) beispielsweise das Fahren eines LKW als nicht ersetzbar.

In den vergangenen zehn Jahren aber hat es einige Entwicklungen gegeben, die zu der Vermutung Anlass geben, dass auch solche Tätigkeiten ersetzbar geworden sind oder es in naher Zukunft sein werden. Sogenannte „autonome Fahrzeuge“ könnten insoweit Veränderungen bedingen, als dass mit ihnen Servicedienstleistungen wie der Transport von Waren, Gütern und Personen ohne die Arbeitsleistungen von Fahrzeugführerinnen und -führern und verwandten Berufen durchführbar sind. Mit den existierenden Technologien – von Lagerhausrobotern[5] bis hin zu Drohnen[6] und selbstfahrenden Fahrzeugen[7] – ist ein mehr oder weniger vollständig automatisierter Paketzusteller vorstellbar.

Eine andere Technologie, auf die häufig Bezug genommen wird, sind sogenannte 3D-Drucker. Hier geht die technische Entwicklung mittlerweile so weit, dass Größe, Form und Material des zu „druckenden“ Produktes frei wählbar scheinen.[8] Zusammen mit den im Artikel in Fußnote 4 genannten „selbst nistenden“ und „autonom lebenden“ Flugrobotern, die sich in Gebäude einnisten und diese instand halten können, wird hier deutlich, wie wenig begrenzt der Einsatz solcher Technologien vorstellbar ist. Mit den derzeit diskutierten Möglichkeiten könnten beispielsweise Haushaltsgeräte in Zukunft ohne die Vorhaltung von Ersatzteilen und Servicetechnik-Kräften selbstständig von den Kunden gewartet und instand gehalten werden. Ist ein Modul einer Waschmaschine fehlerhaft, kann die Maschine eine Fehlermeldung an den Kunden ausgeben und gleichzeitig über Internetverbindungen

[5] Golem.de, „Amazon kauft Kiva Systems. Roboter statt Menschen im Lagerhaus“, 20.03.2012, URL: http://www.golem.de/news/amazon-kauft-kiva-systems-roboter-statt-menschen-im-lagerhaus-1203-90622.html Zugriff: 01.10.2015

[6] The Guardian, „Battle of the drones: the little guys taking on the tech giants”, 07.02.2015, URL: http://www.theguardian.com/technology/2015/feb/07/battle-of-drones-amateurs-taking-on-tech-giants Zugriff: 01.10.2015

[7] Tagesschau.de, „Selbstfahrende Autos. Kein Fahrer, kein Lenkrad – viele Fragen“, 10.02.2015, URL: http://www.tagesschau.de/wirtschaft/autonomes-auto-103.html Zugriff: 01.10.2015; WirtschaftsWoche, „Mercedes setzt auf selbstfahrende Autos. Autos werden bald nicht mehr verunglücken“, 16.10.2013, URL: http://www.wiwo.de/technologie/auto/mercedes-setzt-auf-selbstfahrende-autos-autos-werden-bald-nicht-mehr-verungluecken/8918490.html Zugriff: 01.10.2015; heise online, „Selbstfahrende Autos: Google baut ein eigenes Auto“, URL: http://www.heise.de/newsticker/meldung/Selbstfahrende-Autos-Google-baut-ein-eigenes-Auto-2199035.html Zugriff: 01.10.2015

[8] Die Welt, „Werden Häuser bald von 3-D-Druckern gebaut? Hierzulande stößt die Technologie an bürokratische Grenzen“, 25.09.2015, URL: http://www.welt.de/146832522 Zugriff: 29.09.2015

die Herstellung eines entsprechenden Austauschmoduls in Auftrag geben, das mit einem 3D-Drucker gefertigt wird. Sobald dieses Modul beim Kunden ist, kann er es selbstständig austauschen.

Speziell die Entwicklungen im Bereich der Datenverarbeitung und Sensorik, die Technologien wie die benannten autonomen Fahrzeuge ebenso ermöglichen wie Fabrikroboter, die neben menschlichen Arbeitern eingesetzt werden können, ohne um sie Schutzzonen errichten zu müssen, sind erst in den vergangenen Jahren vorangeschritten. Wegen solcher Entwicklungsfortschritte gehen Frey / Osborne (2013: 24) davon aus, dass die ursprüngliche Definition von ersetzbaren Routinetätigkeiten erweitert werden muss, so dass „non-susceptible labor inputs can be described as […] inputs into perception and manipulation tasks, creative intelligence tasks, and […] social intelligence tasks."

Stellt man sich die Ersetzbarkeit von Tätigkeiten als Kontinuum vor, so stehen damit auf der einen Seite als „leicht" ersetzbare Tätigkeiten solche, die – der ursprünglichen Definition von Autor et al. folgend – programmierbar sind im Sinne von festgelegten, routinisierbaren, also programmierbaren Arbeitsgängen und -abläufen. Auf der anderen Seite stehen als (derzeit noch) „schwer" ersetzbare Tätigkeiten solche, die sich als Wahrnehmungs- und Manipulationsaufgaben, Kreativitätsanforderungen und soziale Intelligenz erfordernde Tätigkeiten beschreiben lassen. Damit ist auch eine Kritik von Pfeiffer / Suphan (2015: 12) angesprochen, die Routine „fast immer mit repetitiver, monotoner Arbeit" gleichgesetzt sehen und fordern, „die Grenzen dieses Vorgehens prominenter zu reflektieren" (ibid.). Es geht also nicht darum, eine dichotome Zuordnung von „ersetzbar" vs. „nicht-ersetzbar" durchzuführen, sondern ein Kontinuum von Ersetzungspotentialen zu beschreiben. Dieses Kontinuum sollte mehr Dimensionen oder Inhalte umfassen als die reine Programmierbarkeit, wie oben dargestellt wurde.

6 Übertragung auf Deutschland

Die bisherige Diskussion fokussiert nicht nur auf eine defizitorientierte Sicht (vgl. Pfeiffer / Suphan 2015), sie folgt forschungslogisch einer behaviouristischen Perspektive, in der menschliches Handeln durch Reiz-Reaktions-Schemata gefasst wird. Es wird angenommen, dass berufliche Tätigkeiten in ihrer Gänze als Bündel von zusammengefassten Einzeltätigkeiten beschrieben werden können. Berufliches Handeln wird als Handeln am Arbeitsplatz gesehen, das auf (unvorhergesehene) Ereignisse reagiert. Alternative Handlungsoptionen, die jenseits von programmierbaren oder nicht-programmierbaren Tätigkeiten oder jenseits dieser Arbeitsplatzsituation liegen, gibt es nicht. Weiter wird davon ausgegangen, dass die Arbeitsplätze vollständig beschrieben sind und in dieser Umwelt bestimmte, mehr oder weniger gut definierbare Stimuli bestehen, die die Handlungsoptionen der Erwerbstätigen bestimmen. Das ist sicherlich zum Teil bedingt durch die ökonomische Herangehensweise, in der berufliche Tätigkeiten als in einem abgeschlossenen Handlungsraum – überspitzt gesagt: jenseits von komplexer und umfassender Sozialität – wahrgenommen werden. Aber berufliches Handeln ist eben immer menschliches Handeln in Handlungssituationen, die die Handelnden (re)konstruieren (Berger / Luckmann 1998 [1977]). Eine solche Rekonstruktion wird von Tiemann (2015) mit Blick auf Lernen im beruflichen Handeln vorgenommen, was aber nur ein Sonderfall der allgemeinen Handlungsrekonstruktion ist.

Erst durch eine Ausweitung der Perspektive auf eine soziologische Rekonstruktion beruflicher Handlungssituationen als solche, die a) von den Handelnden konstruiert werden, b) auch unbekannte, nicht definierbare Handlungsalternativen, die von der jeweiligen Rekonstruktion der Situation ab-

hängen und c) neben intendierten auch nicht intendierte Folgen umfassen, kann eine sinnvolle Erweiterung der Perspektiven der Diskussion, wie sie beispielsweise Pfeiffer / Suphan (2015) fordern, geleistet werden. Durch eine wissenshermeneutische Sicht auf berufliche Handlungssituationen können a) Handlungssituationen ganzheitlich verstanden werden, b) neben „Kreativität“ als nicht-programmierbarer Handlungsalternative auch Lernen beachtet werden und c) auch Hinweise darauf gefunden werden, warum manche Situationen, die beispielsweise ethische Entscheidungen fordern, größere Hemmnisse bei der Ersetzung durch computergestützte Systeme erfahren. Ein Beispiel hierfür zeigt die derzeitigen Entwicklungen im Bereich des Verlagswesens. Hier werden mehr und mehr Einzeltätigkeiten ins Ausland verlagert („offshoring“), was zu nicht unerheblichen Komplikationen und Schwierigkeiten auf Seiten der Inhalt generierenden Autorinnen und Autoren führt.[9]

Ein weiterer wichtiger Punkt, der eine einfache Übertragung erschwert, ist die im internationalen Vergleich hohe Komplexität der Produktion in Deutschland. Pfeiffer / Suphan (2015: 10) weisen darauf hin, dass hier nicht nur besonders viele Beschäftigungskategorien in die Herstellung eines Produktes eingehen, sondern auch „70 verschiedene Jobs [innerhalb einer Branche dort] zu 50 % der Beschäftigung beitragen.“ Selbst wenn einzelne Tätigkeiten ersetzt werden, geschieht dies in einem Geflecht von Tätigkeiten und Aufgaben innerhalb der Wertschöpfungskette, in dem weitere Tätigkeiten dieses Wegfallen auffangen.

Pfeiffer / Suphan (2015: 13) stellen „Erfahrung als […] dynamische Schwester statischer Routine“ vor, „die ihre Bedeutung gerade in komplexen und stark automatisierten sowie digitalisierten Arbeitsumgebungen“ (ibid.) zeigt. Um aber diese Erfahrung mit den Daten abzubilden, müssen sie einen umfangreichen, weil viele Items umfassenden, und damit relativ komplexen, weil viele unterschiedliche Fragestellungen und Messkonzepte einschließenden, Index bilden. Jedoch liegt mit der wissenshermeneutischen Soziologie (Maasen 2009) eine Theorie des Lernens und des Umgangs mit Wissen in Handlungssituationen vor, die dies um ein Vielfaches vereinfacht. In der Tat ist es so, dass Routinen als internalisierte Handlungsentscheidungen gesehen werden können. Wer etwas lange geübt hat, kann dies scheinbar im Schlaf, intuitiv werden auch für Ungeübte scheinbar bedeutungslose Ereignisse (beispielsweise ein Summen an einer Maschine) verstanden und direkt in Handlungen überführt (beispielsweise durch die Änderung einer bestimmten Feineinstellung). Wenn eine Entscheidung, die in einer solchen Situation getroffen wird, auf vorhandenem Wissen (egal, ob das nun lexikalisches, systematisches oder Erfahrungswissen ist) aufbaut und wiederholt zu einer intendierten Folge führt, kann man von einer „Routine“[10] sprechen. Neue „Routinen“ entwickeln sich dann aus erfolgreichen Handlungen, die zur Lösung der in den Situationen aufgetretenen Probleme geführt haben. Genau das ist die dem Erfahrungswissen von Pfeiffer / Suphan (2015) zugesprochene „Dynamik“: Wie jedes andere Wissen auch entwickelt es sich durch Handeln und Anwenden. Für die Abbildung dieses Aspektes von Arbeitstätigkeiten genügt der hier genutzte Kognitionsindex (Tiemann 2015).

Es ist ein Trugschluss anzunehmen, dass alleine die Ersetzungspotentiale von beruflichen Tätigkeiten ausreichen würden, um Berufe ihren Inhalten nach sinnvoll zu ordnen. Das unterschätzt die Komplexität beruflicher Handlungssituationen, mit denen Erwerbstätige konfrontiert sind und die sie zu lösen in der Lage sind. Dennoch entwickeln sich berufliche Inhalte – und zwar hin zu größerer Komplexität (Tiemann 2014). Um diese Entwicklungen nachzeichnen zu können und darunter jene auszu-

[9] Vgl. beispielsweise https://netzpolitik.org/2015/was-leisten-wissenschaftsverlage-heute-eigentlich-noch/
[10] Dies ist freilich wieder ein anderes Verständnis von Routine als in den bisher dargestellten Zusammenhängen.

machen, auf die auch mit Anpassungen seitens des dualen Systems reagiert werden sollte, entwickelte das BIBB ein Modell, berufliche Inhalte in einem dreidimensionalen Raum darzustellen,

> „mit dem auf Grundlage von Individualdaten […] ermöglicht [wird], einzelne Berufe, Tätigkeiten und Anforderungen sowohl im Laufe der Zeit in ihrer Entwicklung darzustellen, wie auch zu einem Zeitpunkt im Vergleich zu anderen Berufen/Tätigkeiten/Anforderungen.
>
> Das Modell basiert auf Vorarbeiten von Autor et al. (2003) zum task-approach […]. Die Objektdimension ist angelehnt an die „people vs. things“ Dimension der amerikanischen World-of-Work-Map (Prediger/Swaney 2004). Anforderungen an Wissensarbeit, also die kognitiven Aspekte des Berufes, werden mit Hilfe des Ansatzes zur Typisierung von Wissensarbeitern von Volkholz/Köchling (2001) und Tiemann (2015) dargestellt.
>
> Den Anforderungen der Operationalisierung der Dimensionen entsprechend kann das Modell auch auf die Anforderungen von Betrieben an Bewerberinnen und Bewerber sowie Erwerbstätigen auf berufliche(n) Positionen angewendet werden. So kann die betriebliche Sicht der Erwerbstätigensicht gegenübergestellt werden.“ (Helmrich/Tiemann 2015)

Das ermöglicht die Analyse von Routine, Wissensanforderungen / Komplexität und Objektbezug beruflicher Inhalte. Grundsätzlich ist es nun so, dass für jede Art beruflicher Tätigkeit ein Ersetzungspotential besteht, das aus marktwirtschaftlicher Perspektive spätestens dann realisiert wird, wenn die Investitions- und Produktionskosten durch alternative Herstellungsmethoden (bspw. computerisierte Maschinen) niedriger sind als die kombinierten Lohn- und Produktionskosten für die Herstellung mit menschlicher Arbeitskraft. Wenn davon bestimmte Tätigkeiten besonders betroffen sind, dann sollten diese an einigen Stellen des dreidimensionalen Raumes klumpen. Allerdings ist mit den aktuellen Entwicklungen (die Frey / Osborne 2013 und auch Brynjolfsson / McAfee 2014 beschreiben) in den Bereichen der Datenverarbeitung, Sensorik und Vernetzung davon auszugehen, dass Ersetzungspotentiale sich über den gesamten Raum beruflicher Inhalte verstreut finden.

7 DATENGRUNDLAGE

Eine erste Annäherung an den Ansatz von Frey / Osborne (2013) eröffnet die in Tabelle 6 berichtete Liste von Berufsfeldern mit ihren Computerisierungspotentialen auf der Grundlage der BIBB-BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2011/12 (ETB, Hall et al. 2014). Die ETB ist eine repräsentative Querschnittsbefragung von 20.000 Erwerbstätigen in allen Branchen und Berufen. Die Erhebung wird insbesondere für Auswertungen im Kontext des sogenannten TASK-Ansatzes in Deutschland genutzt, der die theoretische Grundlage von Frey / Osborne (2013) bildet.

Sie wird vom Bundesinstitut für Berufsbildung in Kooperation mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz- und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführt. Die beiden Kernthemen sind Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen einerseits sowie Arbeit und Beruf im Wandel anderseits. Hinzu kommen Themen, die für die Arbeitsschutz- und Gesundheitsberichterstattung seitens der BAuA von Interesse sind. In den durchschnittlich 40 Minuten dauernden computergestützten Telefoninterviews werden dabei Fragen zur Erwerbstätigkeit (welche Tätigkeiten ausgeübt werden, welche Anforderungen gestellt werden, welche Art von Kenntnissen benötigt werden) auf Arbeitsplatzebene gestellt, ebenso zu dem Betrieb, in dem die Befragten arbeiten, zu ihrer jeweiligen Ausbildung (bis zu fünf abgeschlossene Ausbildungen), zur genauen Berufsbezeichnung der Ausbildung(en) und zur derzeiti-

gen Tätigkeit. Außerdem gibt es Fragen zur psychischen und physischen Belastung. Die Daten werden anhand von Referenzstrukturen aus dem Mikrozensus gewichtet und hochgerechnet.[11]

8 OPERATIONALISIERUNG

8.1 DREIDIMENSIONALES MODELL BERUFLICHER INHALTE

Die Operationalisierung in den Daten sieht wie folgt aus: Zunächst werden auf der Ebene der Befragten individuelle Indizes auf Arbeitsplatzebene erstellt, die dann für die Analysen von Tätigkeiten, Berufen oder Branchen im dreidimensionalen Modell auf der entsprechenden Ebene (als Durchschnittswerte) aggregiert werden.

8.1.1 WISSENSANFORDERUNGEN / KOMPLEXITÄT:

Oben wurde beschrieben, dass ein zentraler Aspekt beruflichen Handelns der Umgang mit Wissen ist. Dies umschließt als Kern beruflicher Handlungsfähigkeit auch das Arbeiten mit und Entscheiden aufgrund von Erfahrungen. Diese Dimension bildet ein Index aus einer Kombination der beiden Merkmale „Lernanforderungen“ und „Kreativitätsanforderungen“ ab. Lernanforderungen werden erfragt mit „Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Sie vor neue Aufgaben gestellt werden, in die Sie sich erst mal hineindenken und einarbeiten müssen?“ (F411_04). Für Kreativitätsanforderungen lautet die Frage: „Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Sie bisherige Verfahren verbessern oder etwas Neues ausprobieren?“ (F411_05). Beide Fragen sind geschlossene Fragen, die Antwortkategorien lauten jeweils „häufig“, „manchmal“, „selten“, „oder nie“. Wer manchmal oder häufig Lern- **und** Kreativitätsanforderungen erfüllen muss, an den werden hohe Wissensanforderungen gestellt bzw. dessen oder deren Tätigkeit ist eher komplex. Dies ist eine vereinfachte Darstellung der ursprünglich vier Kategorien von „einfachen und qualifizierten Routinearbeitern“, „Aufgabenflexiblen“ und „Innovateuren“. Der Index hat den Vorteil, dass auch bei Tätigkeiten, die selten mit hohen Wissensbedarfen verbunden sind, gleichwohl Anforderungen an Wissensarbeit (in diesen Fällen das Abrufen systematischen Wissens oder von angelernten und eingeübten Handlungsabfolgen) berücksichtigt und abgebildet werden.

8.1.2 ROUTINE:

Diese Dimension bildet ein Index aus vier Merkmalen ab, die die Programmierbarkeit der Arbeitsdurchführung und der Arbeitsgänge betreffen. „Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Ihnen die Arbeitsdurchführung bis in alle Einzelheiten vorgeschrieben ist?“ (F411_02) und „Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass sich ein und derselbe Arbeitsgang bis in alle Einzelheiten wiederholt?“ (F411_03). Die Antwortkategorien sind „häufig“, „manchmal“, „selten“, „oder nie“. Auf der anderen Seite des Kontinuums von Routinetätigkeiten stehen solche, die eher nicht als monoton oder programmierbar bezeichnet werden können. Sie werden repräsentiert durch die Merkmale „Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Sie auf Probleme reagieren und diese lösen müssen?“ (F327_01) sowie „Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Sie andere überzeugen und Kompromisse aushandeln müssen?“ (F327_05) Die Antwortkategorien sind „häufig“, „manchmal“ und „nie“. Über diese Merkmale wird ein Faktor gebildet, der die Routinehaftigkeit der Tätigkeit ab-

[11] Näheres im Methodenbericht. Siehe: http://www.bibb.de/dokumente/pdf/a22_etb_Methodenbericht_2012.pdf (30.10.2015)

bildet und der von -2,1 bis 4,4 geht. Sein Mittelwert liegt bei 0. Je höher der Indexwert, umso höher die Routine.

8.1.3 Objektbezug:

Der Objektbezug ist ein Index, der sich aus Angaben zu bestimmten Arbeitstätigkeiten errechnet. Die Befragten sollten angeben, mit welcher Frequenz („häufig", „manchmal", „oder nie") sie folgende Tätigkeiten[12] ausüben:

- Herstellen, Produzieren von Waren und Gütern (F303)
- Reparieren, Instandsetzen (F306)
- Transportieren, Lagern, Versenden (F308)
- Reinigen, Abfall beseitigen, Recyclen (F320).

Der Index errechnet sich wie folgt: $I_{Objektbezug} = (w + x + y + z)/12$, wobei w := Herstellen …, x := Reparieren …, y := Transportieren … und z := Reinigen … mit $w, x, y, z \in \{1,2,3\}$. Je häufiger die Bedingungen vorkamen, desto höher der Wert für w, x, y und z.

8.2 Ersetzungspotentiale / Computerisierbarkeit

Um festzustellen, wie hoch die jeweiligen Ersetzungspotentiale in den einzelnen Berufsfeldern sind, ist ein Index zu bilden, der dieses Potential abbildet. Den oben vorgestellten Überlegungen folgend, wurde dabei auf Informationen aus einer Reihe von Merkmalen zurückgegriffen, die ein solches Ersetzungspotential beschreiben. Teilweise sind diese Merkmale schon enthalten in den Indizes, mit denen der dreidimensionale Raum beruflicher Inhalte abgebildet wird. Dadurch entstehen Korrelationen zwischen dem Ersetzungspotential und den Indizes für Routine, Kognition und Objektbezug. Diese Korrelationen werden hier bewusst in Kauf genommen. Zum einen sind sie begründet in den diesen Dimensionen unterliegenden theoretischen Rahmungen, die ihrerseits für die Definition von Ersetzbarkeit herangezogen werden. Zum anderen zeigen sie, dass die bislang genutzten Operationalisierungen sinnvoll um weitere Aspekte beruflicher Inhalte erweitert werden können und müssen.

Die Ersetzungspotentiale berechnen sich als Faktorwerte aus einer Faktorenanalyse[13] über die Merkmale für leicht programmierbare Tätigkeiten für das „leicht" zu ersetzende Ende des Kontinuums. Dieses bilden zwei Merkmale ab, die die Programmierbarkeit der Arbeitsdurchführung und der Arbeitsgänge betreffen. „Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Ihnen die Arbeitsdurchführung bis in alle Einzelheiten vorgeschrieben ist?" (F411_02) und „Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass sich ein und derselbe Arbeitsgang bis in alle Einzelheiten wiederholt?" (F411_03). Die Antwortkategorien waren „häufig", „manchmal", „selten", „oder nie" und aus den beiden Merkmalen wurde ein Index gebildet: $I_{Routine} = (x + y)/8$, wobei x := Arbeitsdurchführung und y := Arbeitsgang mit $x, y \in \{1,2,3,4\}$. Je häufiger Arbeitsdurchführungen oder -gänge vorgeschrieben waren, desto höher wurde der Wert für x oder y. Für das „schwer" zu ersetzende Ende des Kontinuums fließen Informationen der Variablen F316 (Wie häufig kommt die Tätigkeit „Pflegen, Betreuen, Heilen"

[12] Die Auswahl erfolgte aufgrund eines empirischen Abgleichs mit Merkmalen, die einen starken Objektbezug durch Handfertigkeiten und den regelmäßigen Umgang mit schweren Lasten abbildeten. Die vier genannten Merkmale haben alle eine hohe Korrelation zu den vorher genutzten, weiten aber den Objektbezug sinnvoll aus.

[13] Alle hier berichteten Ergebnisse, Berechnungen und Grafiken wurden mit R erstellt (R Core Team 2013).

bei Ihrer täglichen Arbeit vor?), F327_01 (Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Sie auf Probleme reagieren und diese lösen müssen?), F327_05 (Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Sie andere überzeugen und Kompromisse aushandeln müssen?) und F411_05 (Wie häufig kommt es bei Ihrer Arbeit vor, dass Sie bisherige Verfahren verbessern oder etwas Neues ausprobieren müssen?) ein.[14] Der oben beschriebene Routineindex wird also um die zwei Merkmale zu neuen Verfahren und die Tätigkeit des „Pflegens, Betreuens, Heilens“ erweitert.

Da die Antworten auf diese Fragen nicht als metrische Angaben gewertet werden sollten[15], wurde eine Korrelationsmatrix mit polychorischen Korrelationen erstellt, über die dann die Faktorenanalyse berechnet wurde.[16] Dabei zeigte sich, dass der erste Faktor 33,4% der Varianz in den Ursprungsdaten erklärt. Sein Eigenwert ist 1,669. Eine Parallelanalyse führt zu dem Ergebnis, dass eine Einfaktorlösung für diesen Merkmalsraum zu präferieren ist. Zwar sind die Eigenrestwerte einiger Merkmale recht hoch, doch lässt der theoretisch begründete Zuschnitt des Merkmalsraums keinen Spielraum für die Auslassung von Merkmalen. Die Merkmale eignen sich laut KMO-Kriterium insgesamt mittelmäßig (KMO=0,697), für die einzelnen Merkmale ergibt sich die Zuordnung wie in Tabelle 4. Die Faktorladungen finden sich in der dritten Spalte der Tabelle.

Die Faktorwerte wurden dann – als negative Summe der z-standardisierten Werte multipliziert – mit den Faktorladungen berechnet: $Faktorwert = -1 * \sum_{i=1}^{5} z_i * \lambda_i$, wobei λ_i die Faktorladung und z_i die z-standardisierte Variable bezeichnen. Dieser Index bildet die Ersetzungspotentiale auf Arbeitsplatzebene ab und wird auf Berufsfeldebene aggregiert. Sein Minimum liegt bei -3,02, das Maximum bei 5,62, der Mittelwert bei 0,0 mit einem Median von -0,29. Das untere Quartil liegt unter -1,44, das obere über 1,26. Dieser Index ist nicht als Wahrscheinlichkeit zu interpretieren.

Tabelle 4: KMO-Werte für Faktorenanalyse für Index zum Ersetzungspotential

Merkmal	KMO	Faktorladungen
Routineindex	0,746	-0,234
Pflegen, Betreuen, Heilen (F316)	0,796	0,302
Auf Probleme reagieren und diese lösen (F327_01)	0,659	0,785
Andere überzeugen und Kompromisse aushandeln (F327_05)	0,657	0,797
Verfahren verbessern, Neues ausprobieren (F411_05)	0,804	0,522
Gesamt	0,697	-/-

Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2012, gewichtete Daten, eigene Berechnungen

9 Ergebnisse

Mit dem so gebildeten Index ist zu zeigen, ob und wie sich das Ersetzungspotential für verschiedene Gruppen von Erwerbstätigen voneinander unterscheidet. Das geschieht in der vorliegenden Studie deskriptiv.[17] Zunächst wird der Index über das Ersetzungspotential betrachtet, der über die Messung reiner Routineanteile im Sinne von programmierbaren Tätigkeiten hinausgeht. Wie dieses Erset-

[14] Die hier getroffene Auswahl an Items ist durch die unterschiedlichen KMO-Werte bei der Prüfung der Eignung der Merkmale für eine Faktorenanalyse, ferner inhaltlich begründet.
[15] Es sind drei- und vierstufige Skalen von „häufig“ bis „nie“.
[16] Nach Ausschluss aller nicht vollständigen Fälle ergab sich für die fünf betrachteten Merkmale ein n von 19.924 Fällen.
[17] Weitergehende multivariate und inferenzstatistische Analysen werden im Rahmen der weiteren Arbeitspakete dieses Projektes folgen.

zungspotential auf der Ebene von Berufen sich zu den beruflichen Inhalten (wie sie mit dem dreidimensionalen Modell beruflicher Inhalte beschrieben werden) verhält, beschreibt der dann folgende Teil.

Tabelle 5 gibt hierzu einen Überblick. Ihr ist zu entnehmen, dass Erwerbstätige im Alter von 30 bis 39 Jahren das geringste Ersetzungspotential haben, während Erwerbstätige ab 50 Jahren die höchsten Mittelwerte aufweisen. Zudem arbeiten weibliche Erwerbstätige eher auf Arbeitsplätzen mit höherem Ersetzungspotential. Sowohl bei der höchsten beruflichen Qualifikation (aus individueller Sicht) als auch beim Anforderungsniveau an den Arbeitsplatz zeigt sich, dass mit steigender Qualifikation (Anforderungsniveau) das Ersetzungspotential sinkt, wobei jeweils deutliche Unterschiede zwischen den Extrempunkten „keine berufliche Qualifikation“ (benötigt) und „akademische Qualifikation“ (benötigt) bestehen. Die Unterschiede im Hinblick auf die Betriebsgröße sind zwar signifikant, aber eher gering. Interessant ist, dass der Wirtschaftsbereich des öffentlichen Dienstes im Mittel Arbeitsplätze mit dem geringsten Ersetzungspotential aufweist, während im Wirtschaftsbereich „Handel“ das durchschnittlich höchste Potential zu finden ist. Überqualifizierte Erwerbstätige (Qualifikation ist höher als gefordert) haben eher ein höheres Ersetzungspotential, was sich voraussichtlich durch die von diesen Personen eher als Routineaufgaben wahrgenommenen Inhalte erklären lässt. Analog haben unterforderte Erwerbstätige ebenfalls ein höheres Ersetzungspotential. Insgesamt folgt die Verteilung der Mittelwerte den Annahmen, die man intuitiv an das Ersetzungspotential stellen würde: Erwerbstätige mit höheren Qualifikationen und höheren formalen Anforderungen, die in der als gemeinhin als leistungsfähigste Altersgruppe eingeschätzten sind und ihren Qualifikationen und Fähigkeiten entsprechend oder unterwertig tätig sind, weisen geringere Ersetzungspotentiale auf als diejenigen, die überqualifiziert oder unterfordert sind, im Handel oder dem Handwerk arbeiten, weniger hoch qualifiziert und älter sind. Diese Zusammenhänge werden noch multivariat überprüft.

Tabelle 5: Gewichtete Mittelwerte für das Ersetzungspotential in unterschiedlichen Gruppen

Merkmal	Gew. arithm. Mittel Ersetzungspotential	Gew. Anteile (Prozent)	n
Ersetzungspotential	0,057		18.139
Alter (Unterschiede in den Gruppen[a] signifikant, $\mathcal{H}$=110,071, p≈0)			
15 bis 29	-0,061	16,9	1.750
30 bis 39	-0,146	22,2	3.515
40 bis 49	0,084	31,6	6.023
50 bis 59	0,258	23,7	5.707
60 und älter	0,271	4,6	1.144
Geschlecht (Unterschiede signifikant, $\mathcal{H}$=28,476, p≈0)			
Männlich	0,008	56,5	8.859
weiblich	0,121	43,5	9.280
Höchste berufliche Bildung (Unterschiede signifikant, $\mathcal{H}$=2118,735, p≈0)			
Ohne Berufsabschluss	1,097	8,2	1.122
Betriebliche, schulische Berufsausbildung	0,360	59,2	10.435
Aufstiegsfortbildung	-0,351	7,9	1.565
Fachhochschule, Universität	-0,885	24,7	5.017
Anforderungsniveau (üblicherweise geforderter Abschluss für eigene Tätigkeit) (Unterschiede signifikant, $\mathcal{H}$=2753,745, p≈0)			
Ohne Berufsabschluss	1,158	17,3	2.598
Betriebliche, schulische Berufsausbildung	0,224	53,4	9.599
Aufstiegsfortbildung	-0,564	6,9	1.321

Fachhochschule, Universität	-0,993	22,5	4.621
Betriebsgröße (Zahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter) (Unterschiede signifikant, $\mathcal{H}$=47,972, p≈0)			
1 bis 9	-0,022	20,3	3.629
10 bis 49	0,169	25,4	4.526
50 bis 249	0,090	23,8	4.389
250 bis 499	0,193	8,4	1.603
500 und mehr	-0,085	22,2	3.992
Wirtschaftsbereiche (Unterschiede signifikant, $\mathcal{H}$=679,168, p≈0)			
Öffentlicher Dienst	-0,325	24,3	5.334
Industrie	0,270	23,6	3.576
Handwerk	0,395	12,7	1.856
Handel	0,604	11,2	1.989
Sonstige Dienstleistungen	-0,129	20,6	4.035
Andere Bereiche	-0,244	7,7	1.349
Formales (qualifikatorisches) Matching (Unterschiede signifikant, $\mathcal{H}$=265,849, p≈0)			
Qualifikation ist gleich Anforderungsniveau	-0,034	70,9	12.929
Qualifikation ist höher	0,485	20,4	3.587
Qualifikation ist niedriger	-0,198	8,8	1.623
Fähigkeitsmatching (Mit Blick auf fachliche Kenntnisse und Fertigkeiten …) (Unterschiede signifikant, $\mathcal{H}$=229,470, p≈0)			
Den Anforderungen gewachsen	-0,013	83,7	15.413
Eher überfordert	-0,120	4,1	662
Eher unterfordert	0,595	12,2	2.065

Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2012, gewichtete Daten, eigene Berechnungen
[a] Unterschiede überprüft mit Kruskal-Wallis-Test ($\mathcal{H}$, χ^2-verteilt).

Viele der vorgestellten Autorinnen und Autoren beziehen das Ersetzungspotential auf Berufe. Dem folgt Tabelle 6, in der durchschnittliche, gewichtete Ersetzungspotentiale für die BIBB-Berufsfelder (Tiemann et al. 2008) angegeben sind. Die hier ausgewiesenen Ersetzungspotentiale in den 54 Berufsfeldern zeigen, dass tatsächlich vor allem in Produktions- und Logistikberufen die Ersetzungspotentiale am höchsten sind, während sie bei sozialen und Gesundheitsberufen die geringsten Werte aufweisen. Und es weisen auch gerade die Berufsfelder hohe Routineanteile auf, die einen Schwerpunkt des dualen Systems bilden. Dabei wird mit den Daten die BIBB-BAuA Erwerbstätigenbefragung 2012 ausschließlich die Perspektive von Erwerbstätigen in den entsprechenden Berufen dargestellt.

Tabelle 6: Ersetzungspotentiale von Berufen aus Sicht der Erwerbstätigen (2012)

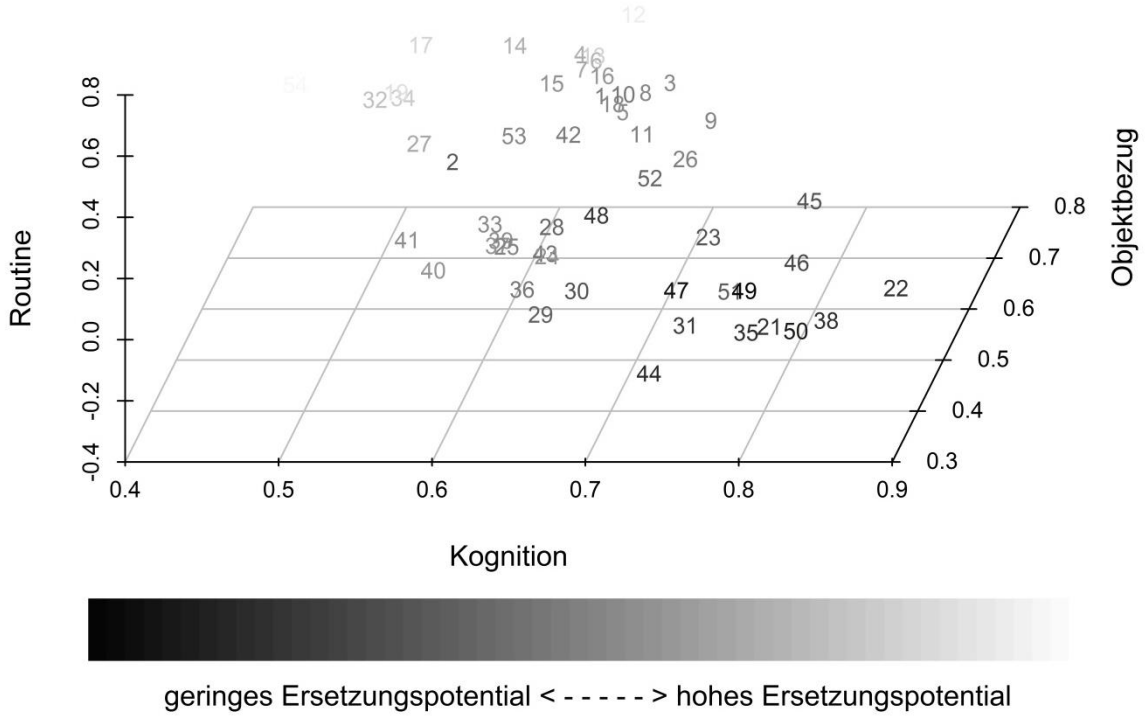
Berufsfeld	Ersetzungspotential
20 Hilfsarbeiter/-innen o.n.T.	2,256279497
54 Reinigungs-, Entsorgungsberufe	2,154911345
12 Spinnberufe, Textilhersteller/innen, Textilveredler/innen	1,997347541
19 Warenprüfer/-innen, Versandfertigmacher/-innen	1,789159103
17 Getränke, Genussmittelherstellung, übrige Ernährungsberufe	1,623029233
13 Textilverarbeitung, Lederherstellung	1,568172581
34 Packer/-innen, Lager-, Transportarbeiter/-innen	1,485295524
32 Verkehrsberufe	1,306166008
6 Metallerzeugung, -bearbeitung	1,091397252
14 Back- Konditor-, Süßwarenherstellung	1,081557171
4 Chemie-, Kunststoffberufe	0,999270204
27 Verkaufsberufe (Einzelhandel)	0,944964772
7 Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer/-innen	0,920680618

16 Köchen und Köchinnen(e/innen)	0,648133121
40 Bürohilfsberufe, Telefonisten und Telefonistin-nen(en/innen)	0,647382356
24 Technische Zeichner/-innen, verwandte Berufe	0,628823106
37 Finanz-, Rechnungswesen, Buchhaltung	0,626008446
15 Fleischer/-innen	0,595658485
5 Papierherstellung, -verarbeitung, Druck	0,549656608
39 Kaufmännische Büroberufe	0,539691836
41 Personenschutz-, Wachberufe	0,524670772
33 Luft-, Schifffahrtsberufe	0,470431331
18 Bauberufe, Holz-, Kunststoffbe- und -verarbeitung	0,460312244
3 Steinbearbeitung, Baustoffherstellung, Keramik-, Glas-berufe	0,434111856
53 Hotel-, Gaststättenberufe, Hauswirtschaft	0,425224052
8 Industrie-, Werkzeugmechaniker/-innen	0,418473303
25 Vermessungswesen	0,379777753
9 Fahr-, Flugzeugbau, Wartungsberufe	0,371257345
1 Land-, Tier-, Forstwirtschaft, Gartenbau	0,318278574
11 Elektroberufe	0,317773446
26 Technische Sonderkräfte	0,3155415
42 Hausmeister/-innen	0,249354071
10 Feinwerktechnische, verwandte Berufe	0,181041682
36 Verwaltungsberufe im ÖD	0,175602406
43 Sicherheitsberufe	0,061114534
52 Berufe in der Körperpflege	-0,058692255
28 Groß-, Einzelhandelskaufleute	-0,059262769
29 Bank-, Versicherungsfachleute	-0,136420625
51 Publ., Bibliotheks-, Übersetzungs-, verw. Wissenschaftsberufe	-0,217110965
2 Bergleute, Mineralgewinner	-0,299053912
23 Techniker/-innen	-0,334918355
45 Künstler/-innen, Musiker/innen	-0,349884272
30 Sonstige kaufmänn. Berufe (ohne Groß-, Einzelh., Kreditgewerbe)	-0,381750607
46 Designer/-innen, Fotografen und Fotografinnen(en/innen), Reklameher-steller/-innen	-0,527427982
31 Werbefachleute	-0,731781597
48 Gesundheitsberufe ohne Approbation	-0,799136299
21 Ingenieure und Ingenieurinnen(e/innen)	-0,88112781
38 IT-Kernberufe	-0,898460971
22 Chemiker/-innen, Physiker/-innen, Naturwissenschaftler/-innen	-0,913609523
44 Rechtsberufe	-0,964922468
35 Geschäftsführung, Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung	-0,971460081
50 Lehrer/-innen	-1,269696274
47 Gesundheitsberufe mit Approbation	-1,373794841
49 Soziale Berufe	-1,564480657

Quelle: BIBB-BAuA Erwerbstätigenbefragung 2012, gewichtete Daten, eigene Berechnungen

Grau unterlegt sind Berufsfelder, die nur gering besetzt sind

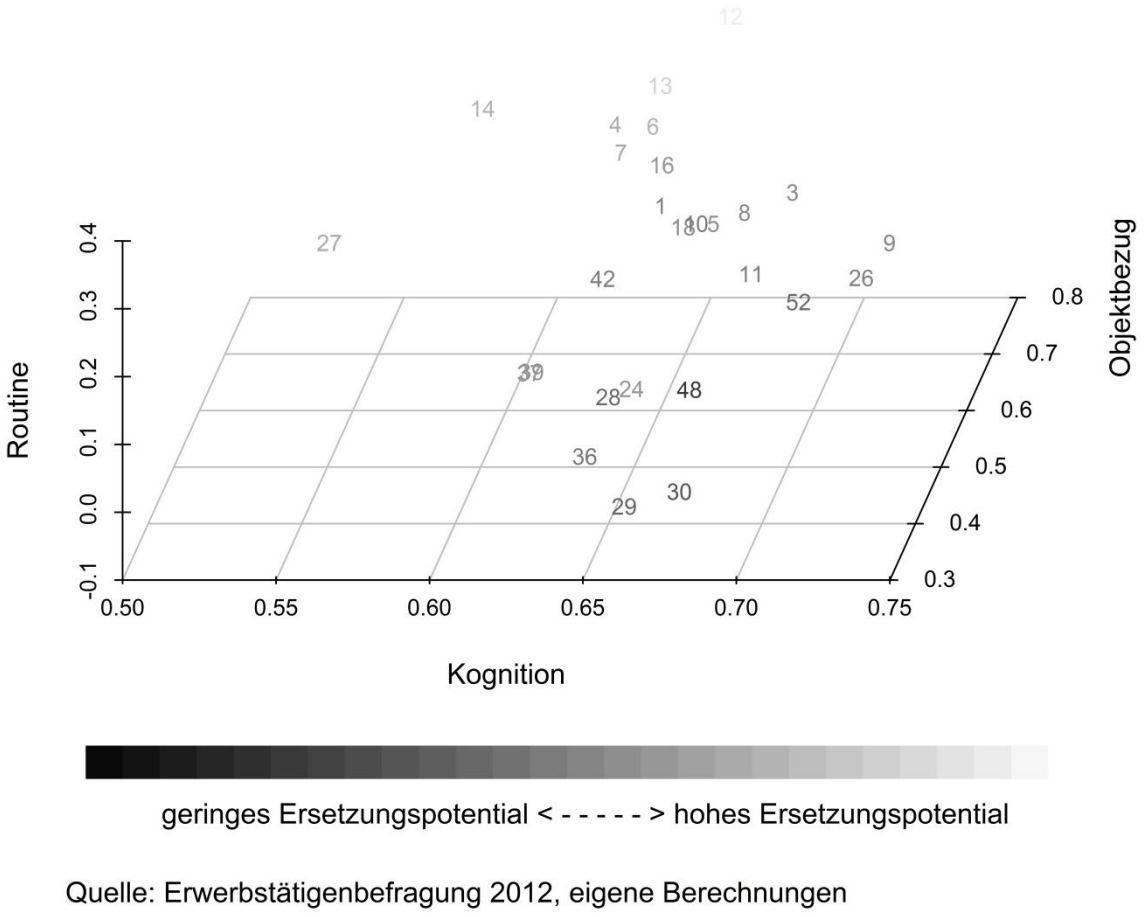
Abbildung 2 zeigt die Lage der Berufsfelder im dreidimensionalen Raum der beruflichen Inhalte. Entsprechend der in den beiden Dimensionen der Routine und der Kognition sowie beim Ersetzungspotential gleichermaßen verwendeten Merkmale sind Berufsfelder mit durchschnittlich höherem Ersetzungspotential dort verortet, wo hohe Routineanteile und geringere kognitive Anforderungen zu finden sind. Die Stärke der Graufärbung zeigt dabei an, wie hoch das Ersetzungs- oder Computerisierungspotential der Berufsfelder ist; je heller sie dargestellt werden, umso höher ist es. Grundsätzlich zeigt sich, dass mit steigenden kognitiven Inhalten und sinkenden Routineinhalten eines Berufsfeldes das Ersetzungspotential abnimmt. Der Objektbezug spielt dabei keine so eindeutige Rolle, obschon eine Tendenz auszumachen ist, nach der ein höherer Objektbezug auch mit einem höheren Ersetzungspotential zusammenhängen könnte.



Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2012, eigene Berechnungen

Abbildung 2: Ersetzungspotentiale für Berufsfelder im dreidimensionalen Modell

Da Ersetzungspotentiale tendenziell auf Berufe, die auf der mittleren Qualifikationsebene liegen, weitreichendere Auswirkungen haben können, sollen diese hier noch einmal gesondert betrachtet werden. Da insgesamt 52,9 Prozent der Erwerbstätigen auf Arbeitsplätzen mit mittlerem Anforderungsniveau tätig sind, sind in Abbildung 3 nur die Berufsfelder verzeichnet, in denen mehr als 52,9 Prozent der Erwerbstätigen auf diesem Niveau arbeiten. Darin sind Tätigkeiten in den Berufsfeldern „Spinnberufe, Textilhersteller/innen, Textilveredler/innen“ (12), „Textilverarbeitung, Lederherstellung“ (13) und „Back, Konditor und Süßwarenherstellung“ (14) die mit den höchsten Ersetzungspotentialen, die aber durchaus mittlere bis hohe kognitive Anforderungen vorweisen. Daneben finden sich auch für diese Auswahl an Berufsfeldern solche, die durchaus geringe durchschnittliche Ersetzungspotentiale aufweisen, wie „Gesundheitsberufe ohne Approbation“ (48) oder „Sonstige kaufmännische Berufe (ohne Groß-, Einzelh., Kreditgewerbe)“ (30).



Quelle: Erwerbstätigenbefragung 2012, eigene Berechnungen

Abbildung 3: Ersetzungspotentiale für Berufsfelder mit hauptsächlich mittlerem Anforderungsniveau im dreidimensionalen Raum

Wie Tabelle 6 zu entnehmen ist, sind die Werte für die Ersetzungspotentiale dieser Berufsfelder nicht ausschließlich am unteren Rand der Verteilung zu finden. Jedoch zeigt die grafische Darstellung, dass die Berufsfelder, die vom mittleren Anforderungsniveau in der genannten Weise „dominiert“ werden, sich in der Gesamtschau (Abbildung 2) eher im oberen linken Teil befinden, während zwischen ihnen und den Berufsfeldern mit den geringsten Ersetzungspotentialen noch einmal eine deutliche Lücke zu erkennen ist. In der Lesart von Frey / Osborne spräche das für ein eher höheres Gefährdungspotential von Berufen auf mittlerem Anforderungsniveau, wobei zurecht in Frage gestellt wird, warum hier eine Verknüpfung von Ersetzungspotentialen zu Gefährdungspotentialen gemacht wird (vgl. Pfeiffer / Suphan 2015). Da Berufe Bündel von Einzeltätigkeiten umfassen, ist tatsächlich nicht

davon auszugehen, dass komplette Berufe ersetzt werden, sondern eher einzelne, aus dem Bündel herausgelöste Tätigkeiten. Dann kann es, wie Ben-Ner / Urtasun (2013) beschreiben, sowohl zu einer insgesamt weniger komplexen beruflichen Tätigkeit kommen oder aber zu einer Steigerung von Komplexität – je nachdem, wie neue Technologien eingesetzt werden. Dass Erwerbstätige durchaus in der Lage sind, mit solchen Veränderungen in ihren Anforderungen umzugehen, legen die Ergebnisse von Pfeiffer / Suphan (2015) nahe. Die genauere Betrachtung von Arbeitsmitteln und ihrem Einsatz erscheint hier sehr vielversprechend.

10 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Analyse des Ersetzungspotentials von Tätigkeiten hat auch versucht zu zeigen, dass die These von Frey / Osborne (2013) nicht hinreichend ist, um die Ersetzbarkeit durch Maschinen zu erklären. Vollends unberücksichtigt bleiben nämlich sowohl die kognitiven Anforderungen in den Tätigkeiten als auch der Objektbezug der Tätigkeit.

Als Ausgangspunkt zur Übertragung der Ergebnisse von Frey / Osborne (2013) wurde mit dieser Kurzexpertise auf Basis der aktuellen Erwerbstätigenbefragung ein Index entwickelt, der die Ersetzungspotentiale beruflicher Tätigkeiten abbilden kann. Dieser Index bezieht sich, anders als bei Frey / Osborne, nicht auf Berufe als kleinster Ebene, sondern auf individuell eingeschätzte Anforderungen am Arbeitsplatz. Damit ist der Kritik entgegengekommen, dass Berufe sich tatsächlich aus Bündeln von Tätigkeiten zusammensetzen und neben leicht ersetzbaren Inhalten auch solche haben, für die keine technologische Alternative zur Verfügung steht oder in naher Zukunft stehen könnte.

Wegen dieser Vielschichtigkeit beruflicher Tätigkeiten ist es auch nicht möglich, genaue Aussagen darüber zu treffen, wie sehr sich Berufe verändern werden; denn der Einsatz neuer Technologien richtet sich, so wurde gezeigt, auch nach den vorhandenen Ressourcen der Erwerbstätigen an ihren Arbeitsplätzen. Dort, wo im klassischen Sinn monotone Arbeitsaufgaben vorherrschen, kann Technologie durchaus vermehrt zum Einsatz kommen, wobei das dann nicht zwingend auch höhere kognitive Anforderungen bedeutet; die Steuerung dieser Technologien kann nämlich so programmiert werden, dass sie intuitiv vonstattengeht. Dort, wo schon jetzt Arbeitsplätze wenig monoton gestaltet sind und die Erwerbstätigen mit höheren kognitiven Anforderungen konfrontiert werden, wird Technologie wohl eher komplementierend eingesetzt. Dann unterstützt sie die Erwerbstätigen in der Ausführung ihrer Aufgaben und ermöglicht ihnen, zusätzlich weitere Aufgaben zu übernehmen.

Die nur mäßig hohen Ersetzungspotentiale im Berufsfeld 4, „Chemie-, Kunststoffberufe“, die an sich ein hohes Substituierungspotential haben sollten, erklären sich damit, dass die chemische Industrie als Branche eher verhalten im Hinblick auf weitere Automatisierung und Digitalisierung ihrer Produktion auftritt. Sie will bestenfalls die Produktionsprozesse optimieren und flexibilisieren, nicht jedoch so tiefgreifend digitalisieren, wie das im Rahmen von Industrie 4.0 denkbar wäre. Zudem läuft dieser Orientierungsprozess in der chemischen Industrie aktuell erst an (vgl. Malanowski / Brandt 2014). An Stellen wie dieser wird deutlich, dass die Untersuchung der betrieblichen Perspektive auf die Einführung neuer Technologien sehr aufschlussreich sein wird.

Industrielle Hilfsarbeiter (20) und Reinigungsberufe (54) weisen die höchsten Ersetzungspotentiale auf. Das ist bei den Hilfsarbeitertätigkeiten nachvollziehbar, betrifft aber eher un- und angelernte Arbeitskräfte als solche mit Qualifikationen des dualen Systems. An dieser Stelle zeigt sich, dass die Thesen von Autor et al. (2003) und Frey / Osborne (2013) durchaus empirisch zu unterlegen sind. Die

im Berufsfeld der Hilfsarbeiter zusammengefassten beruflichen Tätigkeiten sind solche mit hohen „leicht“ zu ersetzenden Inhalten, gleichzeitig sind sie wenig orts- und personengebunden. Bei den Reinigungsberufen ist zumindest eine örtliche Nähe zum zu bearbeitenden Objekt nötig. Ansonsten trifft im Großen und Ganzen die gleiche Einschätzung wie für die Hilfsarbeiter zu – mit der Ausnahme, dass in diesem Berufsfeld in der Tat einige Berufe enthalten sind, für die das duale System qualifiziert.

In diesen Fällen werden auch das Anforderungsniveau und die Komplexität der Tätigkeiten steigen. Eine interessante Frage, die Pfeiffer/Suphan (2015: 9) aufwerfen, ist: „[W]elche Technik [kann] potentiell welche Tätigkeiten beeinflussen“? Daher soll in weiteren Analysen auch die Zusammenhänge des Ersetzungspotentials und der genutzten Arbeitsmittel erörtert werden.

Hier konnte nur die Sicht der Erwerbstätigen vorgestellt werden. Auswertungen zu den Polarisierungstrends aus Sicht von Betrieben auf Basis der bisherigen Erhebungswellen des BIBB-Qualifizierungspanels sollen diese Perspektive untersuchen. In Fortführung dieser Analysen sollen dann auf Basis früherer Erwerbstätigenbefragungen und des Mikrozensus, auf Grundlage einer Primärerhebung im Rahmen des BIBB-Qualifizierungspanels, einer Arbeitsmittelanalyse auf Basis von Stellenanzeigen und auf Basis eines Szenarios zu Wirtschaft / Arbeit 4.0 entsprechende weitere Untersuchungen vorgenommen werden, die dann eine Gesamtschau der Problematik aus unterschiedlichen Perspektiven erlaubt.

11 LITERATUR

Autor, D.H., Levy, F., Murnane, R.J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. The Quarterly Journal of Economics, S. 1279-1333.

Autor, D.H., Handel, M. (2013). Putting tasks to the test: Human capital, job tasks, and wages. Journal of Labor Economics, 31, S. S59-S96.

Ben-Ner, A.; Urtasun, A. (2013). Computerization and Skill Bifurcation: The Role of Task Complexity in Creating Skill Gains and Losses. In: Industrial & Labor Relations Review 66 (2013) 1

Berger, P.L., Luckmann, Th. (1998 [1977]). Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Fischer, Frankfurt am Main.

Blinder, A.S. (2009). How Many US Jobs Might be Offshorable? World Economics, 10/2

Bonin, H., Gregory, T., Zierahn, U. (2015). Übertragung der Studie von Frey / Osborne (2013) auf Deutschland. Forschungsbericht 455, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin.

Brynjolfsson, E., McAfee, A. (2014). The second machine age. Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. Norton, New York.

Dengler, K., Matthes, B. (2015). Substituierbarkeit von Berufen durch Computerisierung in Deutschland. IAB-Forschungsbericht, mimeo.

Frey, C., Osborne, M.A. (2013). The future of employment: How susceptible are jobs to computerization? University of Oxford.

Hall, Siefer, Tiemann (2014). BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 – Arbeit und Beruf im Wandel. Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen. suf_2.0; Forschungsdatenzentrum im BIBB (Hrsg.); GESIS Köln (Datenzugang); Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung. doi:10.7803/501.12.1.1.20

Helmrich, R., Tiemann, M. (2015). Ein Modell zur Beschreibung beruflicher Inhalte. In: bwp@ 29 / 2015

Maasen, S. (2009): Wissenssoziologie. Bielefeld: transcript

Malanowski, Brandt (2014): „Innovations- und Effizienzsprünge in der chemischen Industrie? Wirkungen und Herausforderungen von Industrie 4.0 und Co.“, Kurzexpertise im Auftrag der IG BCE

Oevermann, U. (1973): Zur Analyse der Struktur von sozialen Deutungsmustern. publikationen.ub.uni-frankfurt.de/files/4951/Struktur-von-Deutungsmuster-1973.pdf (Abruf: 21.10.2015)

Pfeiffer, S., Suphan, A. (2015). Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working Paper 2015, 1, Universität Hohenheim.

Prediger, Swaney (2004). Work Task Dimensions Underlying the World of Work: Research Results for Diverse Occupational Databases. Journal of Career Assessment, 12/4, S. 440-459

R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

Tiemann, M. et al. (2008). Berufsfeld-Definitionen des BIBB auf Basis der KldB1992. Wissenschaftliche Diskussionspapiere des BIBB, 105

Tiemann (2014). Homogenität von Berufen. Arbeit und Beruf im Wandel – Ein Blick auf die gesellschaftliche Differenzierung. Bundesinstitut für Berufsbildung, Bielefeld: wbv

Tiemann (2015). Wissensintensität von Berufen und ihre Entlohnung. Klassifikation und empirische Ergebnisse. In: Dietzen, A., Powell, J.J.W., Bahl, A., Lassnigg, L.: Soziale Inwertsetzung von Wissen, Erfahrung und Kompetenz in der Berufsbildung. Weinheim: BeltzJuventa

Volkholz, V., Köchling, A. (2001). Lernen und Arbeiten. In: Angress, A., Bergmann, B., Dehnbostel, P.: Kompetenzentwicklung 2001. Tätigsein – Lernen – Innovation. Münster: Waxmann