

Studie im Auftrag der Handelskammer Hamburg

Industrie 4.0 – Potenziale am Standort Hamburg

Eine Gemeinschaftsinitiative von



mit Unterstützung durch



Autoren:

Marie-Christin Rische, Friso Schlitte, Henning Vöpel

Ansprechpartner:

Dr. Friso Schlitte

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg

Tel +49 (0)40 34 05 76 – 666 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776

schlitte@hwwi.org

Industrie 4.0 – Potenziale am Standort Hamburg

Inhalt

1 Einleitung	1
2 Ökonomische Einordnung	2
2.1 Die Produktion im Wandel	2
2.2 Neue Geschäftsmodelle auf Basis von disruptiven Technologien	5
2.3 Auswirkung auf Produktivität und Beschäftigung	7
2.4 Auswirkung auf Markt- und Wettbewerbsstrukturen	11
2.5 Hemmnisse für die Umsetzung	13
3 Chancen und Herausforderungen für Hamburg	15
3.1 Wertschöpfungspotenziale	16
3.2 Wertschöpfungsverflechtungen	21
3.3 Struktur- und Entwicklung der Beschäftigung	26
3.4 Größenstruktur und Bedeutung des Mittelstands	31
4 Stand der Umsetzung und Erwartungen der Hamburger Unternehmen	33
4.1 Erwartungen der Unternehmen	33
4.2 Stand der Umsetzung	37
4.3 Innovation, Hemmnisse und Qualifizierungsbedarf	43
5 Fazit	47
Quellenverzeichnis	50

1 | Einleitung

Digitale Technologien haben einen umfassenden strukturellen Wandel in Wirtschaft und Gesellschaft ausgelöst. Inzwischen kommen in nahezu allen Bereichen des wirtschaftlichen Handelns Computer zum Einsatz. Die industrielle Fertigung in Deutschland ist in einem hohen Maße automatisiert und kaum eine wirtschaftliche Transaktion wird noch ohne digitalen Prozess ausgeführt. Die Digitalisierung ist jedoch längst noch nicht abgeschlossen. In der industriellen Produktion wird in den kommenden Jahren vielmehr mit einer weiteren Beschleunigung, der vierten industriellen Revolution, gerechnet. Eine breite Umsetzung der sogenannten Industrie 4.0 bietet Volkswirtschaften zahlreiche Wachstumspotentiale, birgt aber auch Risiken. In jedem Fall ergeben sich durch die Transformation weitgreifende Veränderungen für die Art des Wirtschaftens.

Ein wesentliches volkswirtschaftliches Potenzial liegt in der Steigerung von Effizienz und Produktivität durch Industrie 4.0. Somit könnte die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 ein wichtiger Baustein sein, um zukünftige Herausforderungen wie den zunehmenden Wettbewerb aus Schwellenländern, den demografischen Wandel oder den nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen besser bewältigen zu können. Des Weiteren bieten die mit Industrie 4.0 assoziierten Technologien Voraussetzung für eine Vielzahl von neuen Geschäftsmodellen. Zum einen können sich dadurch zusätzliche Absatzpotenziale sowohl für die heimische Industrie als auch für industriebezogene Dienstleistungen ergeben. Zum anderen können sich Struktur und Wettbewerbssituation bestehender Märkte so grundlegend verändern, dass alte Geschäftsmodelle unter Druck geraten und ausgetauscht werden.

Insgesamt ist eine fundamentale Transformation der industriellen Wertschöpfungsprozesse, wie sie im Rahmen von Industrie 4.0 erwartet wird, sowohl mit Chancen als auch mit gewissen Risiken verbunden. Neben Gewinnern kann es daher auch Verlierer geben. Das gilt für einzelne Unternehmen, aber auch ganze Branchen, Volkswirtschaften oder einzelne Wirtschaftsstandorte, wie Hamburg.

Die große Komplexität von Industrie 4.0 und die erwartungsgemäß hohe Dynamik der damit verbundenen Prozesse macht eine eindeutige Gegenüberstellung und Bewertung von Chancen und Risiken äußerst schwierig. Es lassen sich zwar einige grundsätzliche Wirkungskanäle und mögliche Folgen skizzieren. Eine Bestimmung des Nettoeffekts, also eine detaillierte Abwägung von Chancen und Risiken, ist dabei nach derzeitigem Kenntnisstand aber nicht immer möglich.

In dieser Studie werden mögliche mit Industrie 4.0 verbundene volkswirtschaftliche Chancen, Risiken und Hemmnisse bei der Umsetzung am Standort Hamburg herausgearbeitet. Hierzu werden in Kapitel 2 zunächst die erwarteten Veränderungen im Produktionsprozess, sowie mögliche Auswirkungen auf die Volkswirtschaft und Um-

setzungshemmnisse im Allgemeinen dargestellt. Im dritten Kapitel erfolgt eine Betrachtung von spezifischen Chancen und Herausforderungen am Standort Hamburg. Kapitel 4 umfasst eine Analyse des Stands der Umsetzung und der Erwartungen der Hamburger Unternehmen auf Basis einer von der Handelskammer Hamburg durchgeführten Unternehmensbefragung. Abschließend wird in Kapitel 5 ein Fazit.

2 | Ökonomische Einordnung

In diesem Kapitel werden die allgemein mit Industrie 4.0 erwarteten Veränderungen der Fertigungsprozesse und mögliche Auswirkungen auf die gesamte Volkswirtschaft dargelegt. Volkswirtschaftliche Potenziale lassen sich zum einen aus der Nutzung der neuen Technologien ableiten. So führt der Einsatz der mit Industrie 4.0 assoziierten Technologien zu effizienteren und flexibleren Prozessen in der industriellen Wertschöpfung. Zum anderen bietet das Angebot von neuen Produkten und Dienstleistungen im Rahmen von Industrie 4.0 zusätzliche Absatzchancen, sowohl in Deutschland, als auch auf dem Weltmarkt. Des Weiteren wird sich Industrie 4.0 auf bestehende Markt- und Wettbewerbsstrukturen, sowie auf die Nachfrage nach Arbeit auswirken.

2.1 | Die Produktion im Wandel

Der Begriff „Industrie 4.0“ beschreibt ein zurzeit noch vages Zukunftsbild. Im Wesentlichen benennt er die prognostizierte und durch Vernetzung getriebene vierte industrielle Revolution mit Beginn in der Gegenwart. Zunächst war das Schlagwort „Industrie 4.0“ ein Marketingbegriff der Bundesregierung für eines der sogenannten Zukunftsprojekte aus ihrer Hightech-Strategie. In Anlehnung an die im Digitaljargon übliche Schreibweise für neue Versionen oder Updates suggeriert dieser Begriff eine neue industrielle Entwicklungsstufe. Mittlerweile wird das anfängliche Modewort in Deutschland jedoch als Synonym zur vierten Industriellen Revolution verwendet. Im englischsprachigen Ausland finden beide Ausdrücke noch keine breite Verwendung, was jedoch nicht heißt, dass sich dort nicht intensiv mit der Thematik auseinandergesetzt wird.

Mit der Bezeichnung „Industrie 4.0“ wird eine Vielzahl von Schlagwörtern assoziiert. Deren gemeinsames Element ist die intelligente Vernetzung von Fertigungsprozessen in sogenannten Cyber-Physischen-Systemen (CPS): Systeme, die physische Komponenten (bspw. Maschinen) mit der digitalen Sphäre verbinden und autonom interagieren lassen. Der letztgenannte Punkt ist dabei die entscheidende Differenz: Zwar ist die computergesteuerte Automation seit dem Einzug der Elektronik bereits Stand der Technik, doch die heutige softwaregesteuerte Produktion ist eine rein statische, reaktive Kopplung zwischen dem „Befehlsgeber“ (Computer) und dem „Ausfüh-

renden“ (Maschine). Es besteht keine (intelligente) Rückkopplung zwischen Sensorik und Aktorik. Genau an dieser Stelle soll Industrie 4.0 durch informations- und kommunikationstechnische Einbettung (embedded systems) Maschinen die Fähigkeit zur Interaktion, Selbstanalyse, Selbstkonfiguration und damit zur Eigenoptimierung über die gesamte Wertschöpfungskette geben. Industrie 4.0 ist so auch ein Oberbegriff für viele Ideen, Konzepte und Anwendungsfelder geworden, die mit diesen Entwicklungen assoziiert werden. Hierzu gehören unter anderem: Big Data, Cloud Computing, Internet of things, Machine-to-Machine-Communication, Smart Factory, Smart Grids und Smart Products.

Der Einsatz dieser Technologien führt zu einer grundlegenden Reorganisation der industriellen Wertschöpfung. Betriebliche Produktionsabläufe werden nicht mehr zentral hierarchisch gesteuert, sondern dezentral von der jeweiligen Maschine. Grundlage dafür bildet nicht nur die Sammlung, sondern vor allem die intelligente Verarbeitung und Nutzung der in jeder Phase anfallenden Daten. Die Verarbeitung der Informationen erfolgt in Echtzeit im Zuge eines Optimierungsprozesses zwischen vernetzten Maschinen auf Basis von Algorithmen. Dabei wird nicht nur die Produktion, sondern der ganze Produktlebenszyklus inklusive Entwicklung, Nutzung, Wartung und Recycling erfasst.

Die Produktion an sich wird dezentral geplant und dadurch deutlich flexibler und individueller erfolgen. Aufgrund der sich autonom steuernden Maschinen entsteht eine Art Netzwerk aus einzelnen Prozessschritten, die sich dezentral organisieren und in ständiger Kommunikation untereinander stehen. Produktionsstrukturen sind nicht mehr im Voraus festgelegt, sondern werden fallspezifisch und situationsabhängig nach gewissen Konfigurationsregeln bestimmt (vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft und acatech 2013). Kriterien, nach denen optimiert wird, können Kosten, Verfügbarkeit, Durchlaufzeit oder Ressourcenverbrauch sein. Produkte durchlaufen die Prozessschritte und tragen selbst spezifische Informationen zu ihrer Fertigung und den Abläufen, die die jeweiligen Maschinen einlesen können. Durch diese Kommunikation von Produkten und Maschinen wird somit eine in jedem Schritt individuelle Fertigung kleinster Losgrößen und damit eine enorme Produktvielfalt ermöglicht. Durch den hochflexiblen Produktionsablauf werden Durchlaufzeiten, Lagerbestände und Materialverbrauch reduziert und somit die Kosteneffizienz der individuellen Fertigung gewährleistet.

Die „Produktionsnetzwerke“ werden über Unternehmensgrenzen hinweg bestehen. Somit wird durch die Digitalisierung und Echtzeit-Vernetzung auch das Auslagern von Teilen der Wertschöpfungskette erleichtert (vgl. BMWi 2015a). Die zunehmende Fragmentierung in vernetzte Einzelabläufe ermöglicht neue Spezialisierungsgrade, Flexibilität und Kooperationsmöglichkeiten. Außerdem wird es für sogenannte unternehmensnahe Dienstleister leichter, Teile des Wertschöpfungsprozesses eines Unter-

nehmens extern zu übernehmen. Je nach bisherigem Spezialisierungsgrad und Geschäftsmodell kann Industrie 4.0 also eine verstärkte Desintegration oder Integration einzelner Wertschöpfungsketten begünstigen (vgl. McKinsey & Company 2015).

Der klassische Entstehungsprozess von Produkten und auch die Bedeutung von deren Herstellung als Geschäftsmodell wandeln sich mit Industrie 4.0 also deutlich. Im „Idealfall“ gibt der Kunde selbst in Zukunft dem Produktionssystem seine spezifischen Wünsche weiter. Das System prüft daraufhin über alle potentiell beteiligten Elemente Verfügbarkeiten, Dauer und Kosten und kann dies wieder an den Kunden übermitteln. Wenn der Kunde den Auftrag dann erteilt, wird er direkt an die Fertigungsmaschinen geleitet. Diese koordinieren sich, sorgen selbsttätig dafür, dass die entsprechenden Materialien bereitstehen und beginnen umgehend mit der Ausführung des Auftrags, sobald sie Kapazitäten haben. Bei Lieferengpässen oder Ausfällen reagieren die Maschinen selbstständig und passen die Fertigung an, indem sie zum Beispiel neue Materialien ordern oder Abläufe verändern. Nach Fertigstellung wird das Produkt per QR-Code oder RFID mit der Information über Empfänger, Versandart und weiteren Produkteigenschaften versehen und an den entsprechenden Logistikdienstleister übergeben. Nachdem der Kunde das Produkt erhalten hat, werden über das Produkt weiter Daten über das Nutzungsverhalten gesammelt und gemeldet, woraufhin potentielle Wartungsarbeiten organisiert werden können. Die gesammelten Daten können dann vom Hersteller genutzt werden, um ihr Produkt weiter zu optimieren. Darüber hinaus rücken bei immer mehr Produkten After-Sales-Dienstleistungen in den Vordergrund, die zusätzlich (oder als „Hauptanliegen“) beim Kauf oder im Nachhinein erworben werden können und an das Produkt anknüpfen.

Kasten 1: Industrie 4.0 oder 3.x?

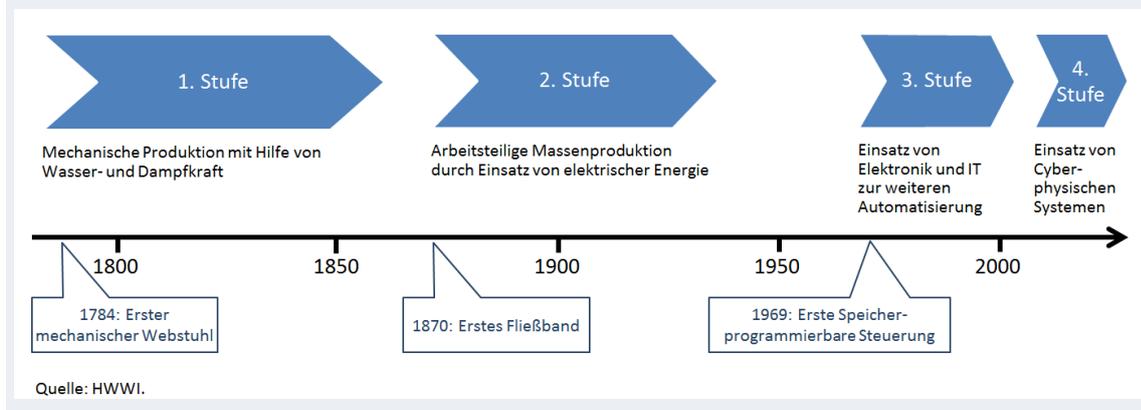
Im Zuge der voranschreitenden Digitalisierung der Wirtschaft werden weiterhin erhebliche strukturelle Umbrüche erwartet. Mit dem Schlagwort Industrie 4.0 wird in der industriellen Produktion sogar die nächste Stufe der industriellen Revolution suggeriert. Ist dieser kommende Wandel der Produktion jedoch eine Revolution oder eher eine Evolution? Diese Frage ist a priori nicht eindeutig zu beantworten. Eine Revolution ist zunächst ein grundlegender und nachhaltiger struktureller Wandel eines Systems in relativ kurzer Zeit, während Evolution in diesem Zusammenhang eine allmähliche, schleichende Veränderung beschreibt.

Ein Blick auf den Verlauf der vorherigen industriellen Revolutionen zeigt: Alle früheren industriellen Revolutionen vollzogen sich nicht abrupt, wie etwa politische Revolutionen, sondern brauchten eine gewisse Zeit zur vollständigen Marktdurchdringung. In ihrer Zeit wurden sie in der Regel nicht als revolutionärer Umbruch aufgefasst und ihre Tragweite erst rückblickend erfasst. Entscheidend für die Einstufung

als Revolution oder Evolution ist, ob eine signifikante Beschleunigung des strukturellen Wandels im Vergleich zur langfristigen Entwicklung festzustellen ist. Ob Industrie 4.0 revolutionäre oder evolutionäre Qualitäten hat, wird sich erst retrospektiv mit Bestimmtheit sagen lassen.

Der Blick in die Vergangenheit deutet an, dass industrielle Revolutionen in zunehmender Frequenz auftreten und der strukturelle Umbruch mit höher werdender Geschwindigkeit erfolgt. Die erste industrielle Revolution (Beginn der industriellen Fertigung mit Hilfe von Wasser und Dampf) dauerte etwa 70 Jahre; dennoch war die Zeit vergleichbar kurz in Relation zur vorangegangenen Epoche. Auch waren die Innovationen so evident, dass diese Phase als revolutionär bewertet wird. Ähnliches gilt für die zweite industrielle Revolution (arbeitsteilige Massenfertigung mit Hilfe von Elektrizität). Der im Zuge der fortschreitenden Globalisierung vereinfachte Wissenstransfer führte jedoch zu verkürzten Übergangsphasen, so dass die Durchdringung im Vergleich zur ersten Revolution mit 50 Jahren etwas schneller erfolgte. Die dritte industrielle Revolution (Automatisierung mit Hilfe von Elektronik und IT) vollzog sich innerhalb von nur etwa 30 Jahren. Das legt die Vermutung nahe, dass sich kommende Umbrüche in noch kürzeren Phasen vollziehen könnten. Zukünftig könnte der permanente Umbruch zur Konstante der ökonomischen Entwicklung werden. Die Evolution wäre zu jedem Zeitpunkt revolutionär oder umgekehrt.

Abbildung 1. „Revolutionäre“ Phasen in der industriellen Entwicklung



2.2 | Neue Geschäftsmodelle auf Basis von disruptiven Technologien

Aus neuen Technologien und Verfahrensweisen gehen neue Produkte und Dienstleistungen hervor, durch deren Angebot zusätzlich Mehrwerte geschaffen werden. Nach der ursprünglich technischen Innovation können weitere innovative Anwendungen folgen. Gelangen diese zur Marktreife, werden weitere Mehrwerte generiert. Industrie 4.0 basiert auf verschiedenen Technologien, denen zukünftig ein großes globales Absatzpotenzial zugesagt wird. Zu diesen Technologien zählen das Internet der

Dinge, digitale Intelligenz, Robotik oder Cloud Computing. Ihr Einsatz in der Produktion und entlang der gesamten Wertschöpfungskette bietet die Möglichkeit für völlig neue Produkte, Dienstleistungen und hybride Geschäftsmodelle, welche eine Kombination aus Produkten und dazu passenden Dienstleistungen darstellen. Insbesondere an den Schnittstellen zwischen Zulieferern, Produzenten, Händlern und Kunden entstehen Möglichkeiten für neue Geschäftsmodelle.

Ein großes Potenzial bietet sich vor allem für nachgelagerte digitale Dienstleistungen und „smart services“. „After-sales“-Dienstleistungen während des Nutzungsprozesses von Produkten, wie Wartung und Beratung, und produktnahe Dienstleistungen, die das Produkt und seine Nutzung ergänzen können, gewinnen an Bedeutung. Generell wird sich der Fokus vom Angebot reiner Produkte hin zu einem Angebot von integrierten „Mehrwertlösungen“ oder sogar zu einem Angebot von Leistungen anstelle von Produkten verschieben. Neue hybride Geschäftsmodelle könnten individuelle Kombinationen aus Produkten und komplementären Dienstleistungen bieten, die auf den Kunden zugeschnitten sind. Ein Beispiel sind „Pay-per-Use“-Modelle. Dabei erwirbt der Kunde nicht das Produkt, sondern dessen Nutzung, wobei von der Bereitstellung bis hin zur Wartung alles inklusive sein kann. Auch Modelle, die nur auf datenbasierten digitalen Services aufbauen, werden zunehmen. Maschinen und Produkte erheben bei der Nutzung große Datenmengen („Big Data“), die durch intelligente Verknüpfung zu „smart data“ werden. Diese Daten werden bereits als „der [wichtigste] Rohstoff des 21. Jahrhunderts“ bezeichnet (vgl. acatech 2015; Roland Berger 2014). Etablierte Geschäftsmodelle mit Fokus auf reinen Produkten werden immer weiter verdrängt und verschmelzen mit software-getriebenen Modellen zu deutlich kundenorientierteren Modellen. Durch diese interaktive Wertschöpfung und Kundenintegration sollen verstärkt Innovationen generiert werden (vgl. acatech 2012).

Den Wertschöpfungspotenzialen neuer Geschäftsmodelle steht allerdings das Risiko gegenüber, dass etablierte Geschäftsmodelle unter Druck geraten und verdrängt werden. Im Sinne von Schumpeter (1912) stellen technologischer Fortschritt und Innovation einen Prozess der „schöpferischen Zerstörung“ dar, bei dem Neues durch Altes ersetzt wird. Im Fall von Industrie 4.0 ist sogar zu erwarten, dass bestehende Geschäftsmodelle teilweise besonders schnell und innerhalb kurzer Zeit verdrängt werden können. Dies ergibt sich daraus, dass die mit Industrie 4.0 verbundenen Technologien als besonders disruptiv gelten (vgl. McKinsey & Company 2013). Das bedeutet gemäß Christensen (1997), dass innovative Anwendungen einer bereits bestehenden Technologie schnell und unerwartet Marktreife erlangen und bisherige Geschäftsmodelle dadurch verdrängen. Die für Industrie 4.0 notwendigen (disruptiven) Technologien liegen bereits vor. Insbesondere aus dem Umfeld der Internetwirtschaft und sonstigen Unternehmen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) sind Branchenübertritte mit neuen digitalen Geschäftsmodellen in klassische Industrie-

zweige zu erwarten. Dadurch werden klassische Unternehmens- und Branchengrenzen verschwimmen oder wie nach Einschätzung von Roland Berger (2015) gar gesprengt werden.

Ein viel zitiertes Beispiel für eine disruptive Innovation aus der jüngeren Vergangenheit ist der Eintritt von Apple auf den Markt für Mobiltelefone. Nach der Einführung des iPhones im Jahr 2007 wurde der bisherige Marktführer Nokia innerhalb weniger Jahre fast vollständig vom Markt verdrängt. Entscheidend war zum einen die innovative Anwendung einer Multitouch-Bedienoberfläche im Smartphone. Zum anderen verfügte Apple durch das bestehende Angebot aus Software (das Betriebssystem Apple iOS) auch über die passende Schnittstelle zum Kunden. Der Zugang zum Kunden über die geeignete Schnittstelle wird zukünftig von entscheidender Bedeutung sein (vgl. Roland Berger 2015). Beispielsweise deutet sich an, dass Unternehmen wie Google oder Apple auch vermehrt im Mobilitätssektor aktiv werden, wo digitale Technologien und Netzwerksysteme eine zunehmende Bedeutung in der Wertschöpfung erlangen. Entscheidend für die zukünftigen Marktverhältnisse könnte sein, welche Rolle digitale Netzwerkkomponenten bei den zukünftigen Kaufentscheidungen spielen und wer über das Netzwerksystem verfügt. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich die bestehenden Marktverhältnisse im Zuge des bevorstehenden Umbruchs in der Automobilbranche zugunsten dieser neuen, bisher branchenfremden Konkurrenz verschieben (vgl. Berenberg und HWWI 2015).

Die marktverändernden Prozesse, welche durch disruptive Geschäftsmodelle hervorgerufen werden, können auch zu einer Verschiebung der komparativen Vorteile zwischen Wirtschaftsstandorten führen. Die Wertschöpfungspotenziale für die deutsche Wirtschaft wären besonders groß, wenn es gelänge, sich als Leitanbieter für relevante Anwendungen und Technologien zu etablieren. Hingegen wären die Risiken umso größer, wenn es nicht gelingt, auch als Anbieter neuer Geschäftsmodelle im Rahmen von Industrie 4.0 Fuß zu fassen. Roland Berger (2015) beziffert das kumulierte Wertschöpfungspotenzial bis zum Jahr 2025 im positiven Fall für die deutsche Industrie auf 425 Milliarden Euro und europaweit auf 1,25 Billionen Euro. Im Fall eines Nicht-Gelingens der digitalen Transformation in Europa rechnen die Autoren hingegen mit einem negativen Effekt in Höhe von 605 Milliarden Euro, was einem Rückgang von über einem Zehntel der industriellen Produktion in Europa entspräche.

2.3 | Auswirkung auf Produktivität und Beschäftigung

Mit dem im vorherigen Kapitel beschriebenen Wandel der Produktion durch Industrie 4.0 werden erhebliche Effizienzsteigerungen und Produktivitätszuwächse assoziiert. Produktivitätszuwächse durch technologischen Fortschritt könnten in den kommenden Jahrzehnten von noch größerer Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft

werden als es in den zurückliegenden Jahrzehnten der Fall war. Neben dem weiterhin zunehmenden Wettbewerb aus Schwellenländern, stellen der demografische Wandel sowie der nachhaltige Umgang mit Ressourcen eine zunehmende Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft dar. Ab dem Jahr 2020 werden die sogenannten Babyboomer aus den geburtenstarken Jahrgängen von 1955 bis 1969 ihr Renteneintrittsalter erreichen. Dies führt zu einer deutlichen Minderung der Erwerbsbevölkerung. Soll das Produktionsniveau konstant gehalten oder weiter gesteigert werden, sind erhebliche Produktivitätszuwächse notwendig. Im Hinblick auf einen nachhaltigen Umgang mit knapper werdenden Ressourcen und steigenden Rohstoff- und Energiepreisen wird die Ressourceneffizienz in der Produktion eine zunehmende Rolle spielen.

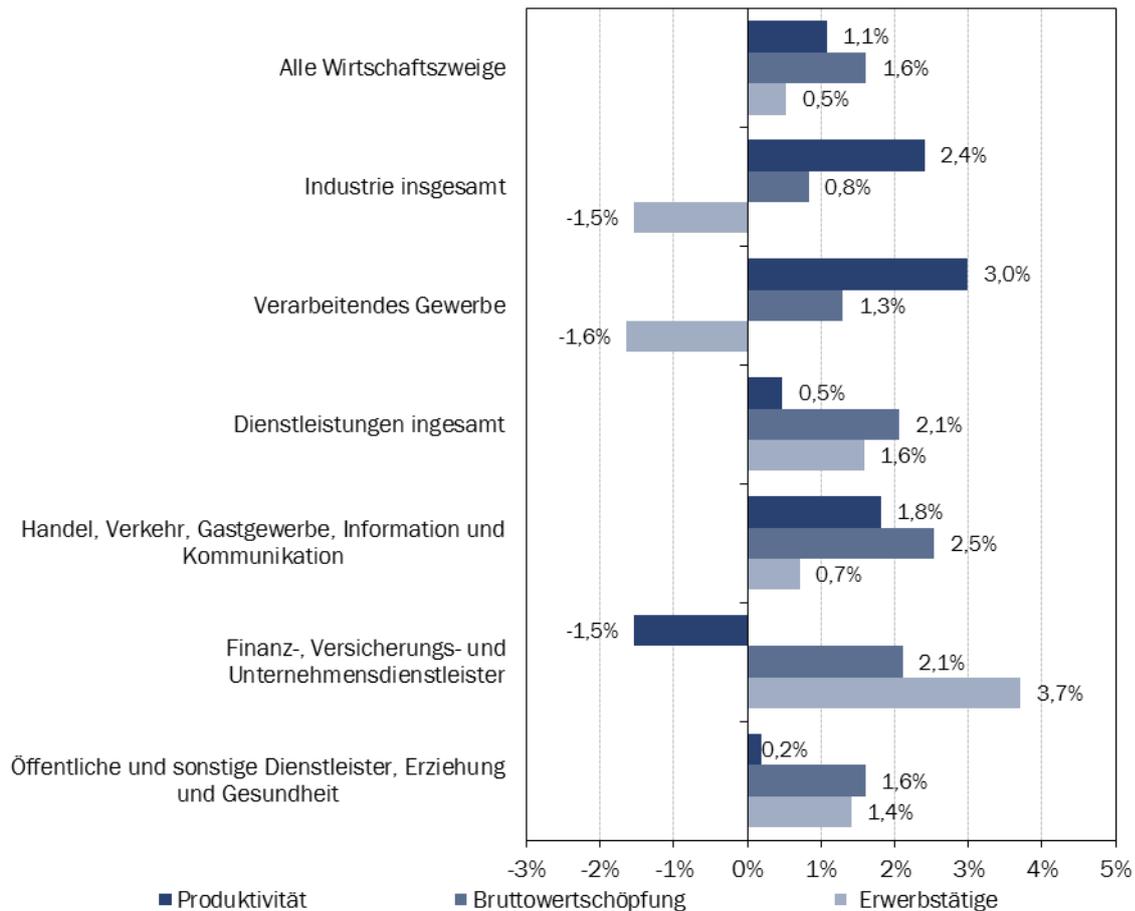
Die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 könnte ein wichtiger Baustein sein, um diese Herausforderungen besser bewältigen zu können. Je nach Branche und Untersuchungsmethodik variieren die Schätzungen verschiedener Studien für die mögliche Effizienzsteigerung durch Industrie 4.0 von jährlich 2,5 bis 5 Prozent.¹ Durch die Vernetzung von Betriebsmitteln und Produkten und der dadurch möglichen dezentralen Optimierung der Produktionsprozesse werden hohe Material- und Zeiteinsparungen erwartet. Dadurch steigen Rohstoff-/Energie- und Arbeitsproduktivität. Diese Einsparungen sind besonders hinsichtlich erwarteter steigender Energiepreise bedeutend und bieten Potentiale für eine nachhaltigere Produktion. Weiterhin sind reduzierte Durchlaufzeiten, geringere Bestände, höhere Auslastungsgraden sowie eine zunehmende Flexibilität und Individualisierung der Produktion mit Hilfe von Industrie 4.0 realisierbar. Schließlich ist vorstellbar, dass durch die Unterstützung intelligenter Systeme zum Beispiel ältere Arbeitskräfte besser und länger integriert werden können (vgl. BMBF 2013; BITKOM, VDMA, ZVEI 2015). Industrie 4.0 könnte damit potentiell die Folgen des demografischen Wandels in Ländern wie Deutschland mindern. Besonders für Hochlohnländer könnte eine potentiell geringer werdende Bedeutung der Lohnkosten eine Chance bieten, die generelle Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern.

Um die möglichen Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Arbeitsnachfrage zu beleuchten, wird der allgemeine Zusammenhang von technologischem Fortschritt, Produktivität und Beschäftigung zunächst am Beispiel der Vergangenheit erläutert. Technologischer Fortschritt ist neben der Entwicklung des Humankapitals ein entscheidender Faktor für das Produktivitätswachstum einer Volkswirtschaft. Auch in den vergangenen Jahrzehnten haben technische Neuerungen, wie der Einsatz von Elektronik und IT, zum Wachstum der Produktivität beigetragen. Insbesondere in der industriellen Produktion wurden in den vergangenen Jahren hohe Produktivitätsfortschritte erzielt. Dies hat entscheidend zur Wettbewerbsfähigkeit und den Exporterfolgen der deutschen Industrie beigetragen. Im Zuge der internationalen Arbeitsteilung hat sich

¹McKinsey & Company (2013): 2,5 – 5 Prozent, PWC (2014): 3,3 Prozent, acatech (2015): 2,7 Prozent.

die deutsche Industrie auf die Produktion von wissens- und technologieintensiven Gütern spezialisiert. Arbeitsintensive Fertigungsprozesse werden hingegen überwiegend in Volkswirtschaften mit vergleichsweise geringen Lohnkosten durchgeführt. So haben die internationale Spezialisierung der Volkswirtschaften und die Automatisierung in der deutschen Produktion zu einer Veränderung der Arbeitsnachfrage geführt.

Abbildung 2. Entwicklung von Erwerbstätigkeit, Bruttowertschöpfung und Produktivität in Deutschland, 1991 bis 2014 in Prozent p.a.



Quellen: Statistisches Bundesamt (2015); HWWI.

Abbildung 2 zeigt, dass die Zahl der direkt in der Industrie tätigen Personen seit 1991 deutlich zurückgegangen ist. Gleichzeitig hat die industrielle Wertschöpfung deutlich zugenommen. Entsprechend lagen die jährlichen Zuwachsraten bei der Produktivität in der Industrie deutlich über denen der Gesamtwirtschaft. Dies lässt allerdings nicht grundsätzlich darauf schließen, dass sich der zunehmende Einsatz von Technologien negativ auf die Beschäftigung auswirkt. Zwar ist davon auszugehen, dass manuelle Fertigungstätigkeiten durch Maschinen ersetzt wurden (Freisetzungseffekt). Allerdings haben die dadurch erzielten Produktivitätsfortschritte die Wettbewerbsfähigkeit erhöht und somit dazu beigetragen, den Produktionsstandort in

Deutschland zu stärken und Arbeitsplätze zu sichern. Des Weiteren wirken sich die daraus möglich werdenden Preissenkungen sowie neue und verbesserte Produkte positiv auf die Nachfrage und Einkommen in anderen Sektoren aus (Kompensationseffekt). So sind im betrachteten Zeitraum mehr neue Jobs in Dienstleistungsbranchen entstanden, als in der Produktion freigesetzt wurden.²

Insgesamt kann technologischer Wandel einen positiven wie negativen Einfluss auf die Beschäftigung haben. Dabei stehen Freisetzungseffekte Kompensationseffekten gegenüber. Es könnten Bedenken bestehen, dass der Freisetzungseffekt durch Industrie 4.0 langfristig überwiegen wird und so zu einer sogenannten technologischen Arbeitslosigkeit führt. Auch im Zuge der vergangenen industriellen Revolutionen wurde bereits eine technologisch bedingte Arbeitslosigkeit in Deutschland befürchtet. Zumindest dauerhaft und flächendeckend betrachtet, ist dies jedoch bislang nicht eingetroffen. Allerdings haben Verschiebungen in den Tätigkeitsbereichen und in den damit verbundenen Anforderungen an die Beschäftigten stattgefunden. Beispielsweise ist im Rahmen der Automatisierung vor allem die Arbeitsnachfrage im Bereich von standardisierten Tätigkeiten mit geringen kognitiven Anforderungen zurückgegangen. Im Gegenzug sind neue Arbeitsplätze mit geringem Standardisierungsgrad, beziehungsweise höheren kognitiven Anforderungen entstanden (vgl. Autor et al. 2003). Aufgrund der zunehmenden Lernfähigkeit von Computern durch die Auswertung von Big Data wird der Einsatz von Maschinen jedoch zunehmend für die Ausführung von weniger standardisierten Tätigkeiten im kognitiven Bereich realisierbar. Beispielsweise werden Textübersetzungsprogramme durch die intelligente Auswertung massenhafter Text- und Kommunikationsdaten immer besser. So ist eine App für Simultanübersetzung, die gleichzeitig eine Spracherkennung und das Übersetzungsprogramm enthält, möglicherweise nicht mehr weit von der Marktreife entfernt. Wenn die Technologie jedoch zunehmend in die kognitive Domäne der Wertschöpfung eingreift, ist ein Risiko der technologischen Arbeitslosigkeit im Zuge von Industrie 4.0 nicht gänzlich von der Hand zu weisen. Der Gesamteffekt auf die Beschäftigung hängt jedoch vom tatsächlichen Ausmaß dieser Freisetzungseffekte ab und davon, in welchem Ausmaß neue Tätigkeitsfelder entstehen (Kompensationseffekte). Eine Vorhersage über die relative Größe dieser gegenläufigen Effekte ist derzeit kaum möglich. Relativ sicher ist jedoch, dass sich die Tätigkeitsprofile an vielen Arbeitsplätzen ändern werden. Dies bedeutet, dass große Umstellungs- und Anpassungsmaßnahmen auch im Bereich der Bildung und Personalentwicklung erforderlich werden.

² Zum Teil kann dieser Effekt auch durch Auslagerungen von industriellen Tätigkeiten in den Dienstleistungssektor bedingt sein. Des Weiteren liefert die Abbildung keine Angabe über die tatsächlich geleistete Arbeitszeit der Personen.

2.4 | Auswirkung auf Markt- und Wettbewerbsstrukturen

Ein wesentliches Merkmal von Industrie 4.0 liegt in der digitalen Vernetzung sämtlicher Wertschöpfungsprozesse. Dadurch bieten sich neue Möglichkeiten, einzelne Wertschöpfungsprozesse auszulagern. Eine entsprechende Defragmentierung der Wertschöpfungskette birgt Potenziale für verschiedene neue Produkte, Dienstleistungen und deren Kombination in vor- oder nachgelagerten Produktionsprozessen (vgl. Abschnitt 2.3). Durch die Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette verschwimmen Marktgrenzen, und Markteintrittsbarrieren sinken, da neue Unternehmen sich auf Teilsysteme fokussieren können. Dies könnte einerseits den Zugang auch für kleinere und neugegründete Unternehmen erleichtern, was die Marktkonzentration verringern und den Wettbewerb fördern könnte. Andererseits können Netzwerke auch zu einer Erhöhung von Marktkonzentrationen führen, wenn der Nutzen der Netzwerkteilnehmer mit zunehmender Netzwerkgröße steigt. Solche Netzwerkeffekte entstehen oft auch bei großen IT-Unternehmen, die quasi Standards setzten und zu Systemlieferanten werden (vgl. acatech 2012). Es besteht also ein erhöhtes Risiko, dass sich eine geringe Zahl großer „Player“ mit starken Marktpositionen etabliert.

Häufig stellen ökonomische Netzwerke Plattformen mit zwei Marktseiten dar.³ Eine zweiseitige Plattform ist dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene Marktseiten einen Nutzen aus dem Gebrauch der Plattform ziehen. Im Zuge von Industrie 4.0 könnte dies beispielsweise zunehmend für industrielle Maschinen gelten. Neben den Nutzern der Maschinen (Industrieunternehmen) wird die Maschine als Plattform beziehungsweise Schnittstelle auch für Anbieter von IKT-Anwendungen bedeutend. Der Nutzen der Maschine steigt mit der Anzahl ihrer Verbreitung und mit der Anzahl der kompatiblen Anwendungen. Ähnlich wie bisher aus der Internetwelt bekannt, könnte die eine Marktseite zukünftig durch die andere subventioniert werden. So wie der Internetnutzer bereits viele Dienste kostenfrei nutzen kann, könnten Industrieunternehmen zukünftig Dienstleistungen kostenfrei beziehen, wenn diese an die Nutzung von bestimmten Maschinen gekoppelt sind. Ein anderes Beispiel stellt das Angebot von Navigationsdaten und sogenanntem Infotainment in Automobilen, welches zukünftig die entscheidende Schnittstelle zum Kunden in der Automobilindustrie darstellen könnte. Um möglichst viele Kunden in einem Netzwerk von digitalen Mehrwertleistungen zu binden, könnten die Autokäufer als Nutzer von Navigations- und Infotainmentangeboten durch die Automobilhersteller subventioniert werden. Marktmacht auf zweiseitigen Märkten kann also dazu führen, dass Produzenten- statt Konsumentenrente abgeschöpft wird.

³ Die theoretischen Grundlagen für die Analyse von mehrseitigen Märkten wurden unter anderem von Rochet/Tirole (2003) erarbeitet.

Ob sich zunehmende Konzentration auf zweiseitigen Märkten positiv oder negativ auf die Wohlfahrt auswirkt, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die Bildung von Marktmacht⁴ wird beispielsweise begünstigt, wenn die Kosten eines Wechsels zu einem anderen Netzwerk vergleichsweise hoch sind (Lock-in-Effekt). Dabei kann auch eine Bündelung von verschiedenen Angeboten eine Rolle spielen (Hebelung von Marktmacht). Dies ist insbesondere dann möglich, wenn ein Unternehmen, wie beispielsweise Google, auf verschiedenen Märkten aktiv ist, die eine gleiche Nutzergruppe ansprechen. Marktmachtmindernd wirken sich dagegen eine große Heterogenität der Nutzerpräferenzen, niedrige Markteintrittsbarrieren und eine hohe Innovations- und Wachstumsdynamik auf dem betreffenden Markt aus. Diese ermöglichen es Wettbewerbern, von außen in den Markt zu drängen und einen disruptiven Innovationsprozess einzuleiten.

Eine große wirtschaftliche Bedeutung kommt im Rahmen von Industrie 4.0 auch der Erhebung und Auswertung von Daten zu, die in allen Bereichen der Wertschöpfung anfallen. Die Vernetzung kann zu engeren Bindungen zwischen einzelnen Lieferanten und Abnehmern und damit stärkeren Abhängigkeiten führen, da gerade in Bezug auf sensible Daten Vertrauen eine wichtige Rolle spielt (vgl. DB Research 2014). Der exklusive Besitz einer großen Menge solcher Daten kann zu einem entscheidenden Wettbewerbsvorteil werden. Sie ermöglichen die zielgerichtete, individualisierte Entwicklung beziehungsweise Anpassung entsprechender Produkte oder Dienste. Prinzipiell kann die Nutzung der Daten mit Wohlfahrtsgewinnen einhergehen. Beispielsweise kann eine Optimierung bei der Entwicklung und Bereitstellung von Angeboten zu Preissenkungen führen. Weiterhin können personalisierte Angebote nutzenstiftend für den Kunden sein. Es können aber auch Wohlfahrtsverluste entstehen, wenn Verbraucher oder Mitglieder des Wertschöpfungsnetzwerks über die Verwendung ihrer Daten nicht hinreichend informiert sind. Beispielsweise können entsprechende Daten für eine für den Kunden nachteilige Preisdifferenzierung verwendet werden.

Insgesamt stellt die zunehmende ökonomische Bedeutung von zweiseitigen Plattformen eine neue Herausforderung für die Wettbewerbspolitik dar. Festzustellen, ob und unter welchen Umständen Wohlfahrtsverluste aufgrund von marktbeherrschenden Stellungen einzelner Plattformen vorliegen, ist wesentlich komplexer als dies bei konventionellen, einseitigen Märkten der Fall ist.⁵

⁴ Marktmacht liegt dann vor, wenn ein Unternehmen weitestgehend unabhängig von anderen Marktteilnehmern handeln kann (beispielsweise bei der Festlegung von Preisen).

⁵ Die wettbewerbspolitische Bedeutung und die Besonderheiten von mehrseitigen Märkten im Internet werden ausführlich in einem Sondergutachten der Monopolkommission (2015) diskutiert.

2.5 | Hemmnisse für die Umsetzung

In diesem Kapitel werden relevante Hemmnisse für die erfolgreiche Umsetzung diskutiert. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die spezifischen Herausforderungen für den Mittelstand gelegt.

Ob und in welcher Höhe die möglichen volkswirtschaftlichen Potenziale durch Industrie 4.0 abgeschöpft werden können, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Es gibt zahlreiche Hemmnisse, die eine erfolgreiche Umsetzung einschränken oder verhindern könnten. Dies ist besonders bedeutend, da die Potenziale durch die Digitalisierung und Vernetzung nur gehoben werden können, wenn sich ein hinreichend großer Teil der Unternehmen an der Transformation der Wirtschaft beteiligt (Netzwerkeffekt). Für die Unternehmen gibt es jedoch einige Hemmnisse, die die Bereitschaft und die Möglichkeiten zur Digitalisierung einschränken. Diese Hemmnisse können „Industrie 4.0-spezifische“ technische Hemmnisse oder klassische Innovationshemmnisse sein, die die Möglichkeiten der Unternehmen zur Digitalisierung einschränken. Hinzu kommen „weiche“ Faktoren, die im Wesentlichen Akzeptanz- und Vertrauensprobleme darstellen und die Bereitschaft zur Digitalisierung einschränken können, selbst wenn die technischen und unternehmerischen Bedingungen erfüllt sind. Abbildung 3 gibt eine Übersicht über einige der bedeutendsten Hemmnisse für die Digitalisierung von Unternehmen.

Abbildung 3. Digitalisierungshemmnisse

„Technische“ Faktoren	Akzeptanz- und Vertrauensprobleme	Klassische Innovationshemmnisse
<ul style="list-style-type: none"> • Nicht ausreichende Breitbandversorgung • Unzureichende IT- und Datensicherheit • Mangelnde Industriestandards an den Schnittstellen • Rechtsunsicherheiten • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Widerstand in Belegschaften/Bevölkerung • Angst vor Spionage & Sabotage/ Missbrauch von Kundendaten • Befürchtung negativer Beschäftigungswirkungen und wachsender Ungleichheit • Hohe Komplexität • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Unsicherheiten über den wirtschaftlichen Erfolg • Hohe Investitionskosten • Finanzierungsschwierigkeiten • Fehlende Mitarbeiterqualifikationen • Mangelndes Know-How • ...

Quelle: HWWI.

Zunächst können Unternehmen, die eine Digitalisierung und Vernetzung anstreben, potentiell durch technische Hemmnisse von einer Umsetzung dieser Ziele gehindert werden. Dazu gehört vor allem der Mangel einer flächendeckenden Breitbandinfrastruktur. Darüber hinaus gibt es noch zahlreiche weitere technologische Herausforderungen, die den Zugang zu nötigen Infrastrukturen oder die Integration von Technologien behindern (vgl. acatech 2012; BITKOM 2014). Für eine unternehmensübergrei-

fende Vernetzung und Kommunikation sowie für die Kompatibilität neuer Produkte und Services ist es außerdem nötig, sich international auf einheitliche technische Standards und Regeln zu einigen. Ansonsten könnten sich neue Systeme einiger (vor allem kleinerer) Unternehmen in einigen Jahren als „inkompatibel“ herausstellen. Ähnliches gilt für die Schaffung von Rechtssicherheit bezüglich neu aufkommender Probleme wie Dateneigentum oder das Vertragsrecht bei zum Beispiel quasi „automatischem“ Vertragsabschluss zwischen Maschinen. Unternehmen müssen sich auch hier auf Regelungen einstellen können.

Bei weichen Hemmnissen handelt es sich im Grunde um Akzeptanz- und Vertrauensprobleme, aufgrund derer Unternehmen von einer Digitalisierung absehen. Diese sind teilweise eng mit technischen Hemmnissen verknüpft. Eine große Rolle spielen dabei unter anderem Sicherheitsbedenken, vor allem in Bezug auf die Datensicherheit. Unternehmen könnten befürchten, dass Spionage und Sabotage einfacher möglich werden und auch Kunden könnten aufgrund von unzureichendem Datenschutz auf gewisse Produkte und Services verzichten. Darüber hinaus könnte auch allgemein fehlende Akzeptanz in der Gesellschaft eine wichtige Rolle spielen. Befürchtungen bezüglich negativer Beschäftigungsauswirkungen und einer geringeren Arbeitszufriedenheit könnten die Bereitschaft für Industrie 4.0 einschränken. Gerade wenn technologischer Fortschritt droht, Fähigkeiten von Arbeitern zu ersetzen und damit ihre Verdienstmöglichkeiten langfristig erschwert, ist deren Akzeptanz des Wandels meist nicht gegeben und Widerstand möglich (vgl. Frey und Osborne 2013). Zu den gesellschaftlichen Risiken gehören eine potenziell wachsende Ungleichheit durch Vorteile für hochqualifizierte oder Kapitalvermögende (vgl. McKinsey & Company 2013). Also ist die Akzeptanz neuer Technologien auch eine Frage der gesellschaftlichen Verteilung der sich aus dem Wandel ergebenden Gewinne (vgl. Frey und Osborne 2013). Diese weichen Hemmnisse könnten potenziell ein größeres Problem darstellen als technische Faktoren (vgl. BITKOM 2014). Daher ist es essentiell, rechtzeitig die nötigen Rahmenbedingungen bei Daten- und Arbeitsschutz, Dateneigentum, Vertragsrecht und Haftungsfragen anzupassen um Rechtssicherheit und Vertrauen zu gewährleisten.

Auch klassische Innovationshemmnisse, wie hohe Kosten, Unsicherheit über den Erfolg oder fehlendes Know-how beziehungsweise fehlende Mitarbeiterqualifikationen, können einer zügigen Umsetzung von Industrie 4.0 entgegenwirken. Besonders groß sind die Hemmnisse für kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Eine Studie des BMWI (2015a) zeigt, dass sich KMU in fast allen dort erfassten Kategorien der Hemmnisse für die Umsetzung von Industrie 4.0 stärker betroffen sehen als Großunternehmen. Grundlegende Systemumstellungen im Zuge von Industrie 4.0 sind mit erheblichen Investitionskosten verbunden. Eine Schätzung des BMWi (2015a) auf Basis einer Studie von Roland Berger (2014) geht von ca. 18 Milliarden Euro an jährlichem Investitionsbedarf für die deutsche Wirtschaft aus. Besonders bei KMU treten häufig Finan-

zierungsschwierigkeiten als Innovationshemmnis auf (vgl. KfW 2012). Durch unzureichende Kreditsicherheiten fällt es KMU oft schwerer, externe Geldgeber für vergleichsweise geringe Projektvolumina zu gewinnen. Dies ist einer der Gründe, weswegen mittelständische Unternehmen laut KfW-Mittelstandspanel im Jahr 2013 79 Prozent ihrer Innovationsausgaben aus internen Mitteln finanzierten (vgl. KfW 2014). Der erschwerte Zugang zu externem Kapital hemmt die Innovationsfähigkeit und macht es KMUs schwerer dem hohen Innovationstempo disruptiver Technologien standzuhalten (vgl. BMWi 2015b).

Insgesamt fällt es Unternehmen oft schwer, die möglichen Potenziale umfassender Investitionen im Rahmen der Umsetzung von Industrie 4.0 abzuschätzen. Dies ist auch dadurch bedingt, dass die häufig damit einhergehenden positiven Netzwerkeffekte erst durch eine flächendeckende Umsetzung eintreten. Im unternehmerischen Kalkül finden diese zunächst oft nur unzureichende Berücksichtigung. Das BMWi (2015a) sieht die daraus resultierende Differenz von den von den Unternehmen erwarteten individuellen betriebswirtschaftlichen Potenzialen und dem erwarteten volkswirtschaftlichen Gesamtpotential als eine potenzielle Ursache für eine bisher nur zögerlichen Umsetzung von Industrie 4.0 durch die Unternehmen.

Auch im Bereich Know-How können es traditionell geprägte KMU schwerer haben notwendige Kompetenzen aufzubauen und qualifizierte Mitarbeiter zu akquirieren. Da sie meist weniger Aufstiegsmöglichkeiten und Reputation bieten, erscheinen sie oft weniger attraktiv für hoch qualifizierte Arbeitnehmer. Insbesondere Softwarekompetenz und die Verfügbarkeit entsprechender Technologien werden in Zukunft verstärkt zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor (vgl. acatech 2012).

Damit die Digitalisierung zu einem Erfolg für Deutschland und den Standort Hamburg wird, müssen also die „technischen“ Hemmnisse zeitnah bewältigt werden. Dies kann auch dazu beitragen grundlegende Vertrauens- und Akzeptanzprobleme abzubauen. Insgesamt sind vor allem ein weitreichender Informationsaustausch und Kooperationen zwischen alle Akteuren sinnvoll. Nur ein koordiniertes und strukturiertes Vorgehen ermöglicht es, die durch die Digitalisierung erhofften Potenziale zu verwirklichen.

3 | Chancen und Herausforderungen für Hamburg

In diesem Kapitel werden weitere Charakteristiken des Standorts Hamburg herausgearbeitet und jeweils spezifische Chancen oder Herausforderungen daraus abgeleitet. Die Analyse basieren in wesentlichen Teilen auf Auswertungen bestehender Studienergebnisse auf nationaler oder internationaler Ebene, welche auf Basis der spezifischen Standortstruktur für die Hamburger Wirtschaft abgeleitet werden.

3.1 | Wertschöpfungspotenziale

Volkswirtschaften sind komplexe Systeme mit vielen (teils unbekannt) Wirkungszusammenhängen. Prognosen über die wirtschaftliche Entwicklung sind folglich mit großen Unsicherheiten behaftet. Dies gilt insbesondere dann, wenn im betrachteten Zeitraum von einem umfassenden strukturellen Wandel ausgegangen wird, der bisher bekannte Wirkungszusammenhänge verändern oder außer Kraft setzen könnte. Auch die Entwicklung im Zuge von Industrie 4.0 wird dynamisch verlaufen. Dabei ist zudem davon auszugehen, dass sich Innovations- und Produktlebenszyklen weiter verkürzen, die Dynamik also weiter zunimmt. Folglich sind heutige Schätzungen des zukünftigen Wachstumspotenzials durch Industrie 4.0 lediglich der Versuch möglichst plausible Entwicklungsszenarien aufzuzeigen. Keinesfalls kann es sich dabei um treffsichere Prognosen handeln, auch nicht, wenn verschiedene Studien teilweise zu ähnlichen Ergebnissen kommen.

Als Ausgangspunkt für die Abschätzung der volkswirtschaftlichen Potenziale durch Industrie 4.0 am Standort Hamburg wird nachfolgend auf bestehende Potenzialschätzungen für verschiedene industrielle Sektoren in Deutschland und Europa zurückgegriffen. Anhand der spezifischen Wirtschaftsstruktur in Hamburg werden diese Ergebnisse approximativ auf den Standort heruntergebrochen. Bisher gibt es nur wenige Studien, die eine Potenzialschätzung für einzelne Industriezweige durchgeführt haben. BITKOM (2014) und PwC (2014) haben das volkswirtschaftliche Potenzial von Industrie 4.0 in Deutschland in der Prozessindustrie⁶ (nur PwC), in der Automobilindustrie, im Maschinenbau, in der Elektroindustrie, in der chemischen Industrie (nur BITKOM) und der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) untersucht. Während die Schätzungen von PwC auf einer Unternehmensbefragung basieren, wurden von BITKOM Einschätzungen von Vertretern aus den betreffenden Branchen herangezogen, die in ihren Unternehmen bereits Erfahrungen mit der Digitalisierung gemacht haben. Die betrachteten Branchen wurden so ausgewählt, dass die umsatzstärksten Branchen des Verarbeitenden Gewerbes sowie Branchen mit einem bereits hohen Umsatzstand berücksichtigt sind. In einer Studie von Roland Berger (2015) wurden zusätzlich Angaben für die in Hamburg besonders relevanten Branchen Luft- und Raumfahrt sowie Logistik gemacht. Allerdings wurde das volkswirtschaftliche Potenzial von Industrie 4.0 in den einzelnen Branchen nur auf europäischer Ebene geschätzt. Für Vergleichszwecke wurden diese Schätzungen anhand branchenspezifischer Daten zur Wertschöpfung von Eurostat (2015) auf Länderebene heruntergebrochen.

⁶ Unter der Bezeichnung Prozessindustrie werden Branchen des Verarbeitenden Gewerbes subsumiert, in deren Stoffe und Materialien in verschiedenen chemischen, physikalischen, biologischen oder sonstigen Verfahren verarbeitet werden. Gemäß PwC (2014) zählen dazu die Bereiche Chemie, Petrochemie und Pharmazie sowie die Herstellung von Lebensmitteln, Zucker, Zellstoff, Papier, Glas, Stahl und Zement.

In Tabelle 1 sind die durchschnittlichen, jährlichen Wertschöpfungspotenziale in Deutschland bis zum Jahr 2025 dargestellt. Während die Ergebnisse von BITKOM (6,6 Mrd. Euro p.a.) und PwC (8,2 Mrd. Euro p.a.) in der Summe relativ nahe bei einander liegen, geht Roland Berger (40,6 Mrd. Euro p.a.) von einem deutlich größeren Potenzial durch Industrie 4.0 aus. Dies ist auch dann noch der Fall, wenn berücksichtigt wird, dass unterschiedliche Branchen betrachtet wurden. Die Bandbreite der möglichen Potenziale spiegelt die hohen Unsicherheiten über die zukünftige Entwicklung wider. Insbesondere die Umsetzungsgeschwindigkeit und die Entstehung neuer Geschäftsmodelle bieten einen großen Spielraum. Insgesamt scheinen die Erwartungen von Roland Berger an die zusätzlichen Potenziale von Industrie 4.0 sehr optimistisch. Allerdings ist nicht ganz klar, ob „zusätzliche Potenziale“ in diesem Kontext bedeuten, dass ansonsten gar keine technologische Entwicklung stattfindet. Des Weiteren werden in der Studie auch erhebliche negative Effekte in Betracht gezogen, wenn die europäische Industrie nicht die Rolle des Vorreiters, sondern die des Nachzüglers einnimmt. Europaweit wäre in diesem Fall laut Roland Berger ein Verlust von 605 Milliarden Euro bis zum Jahr 2025 möglich. Insofern sollten die von Roland Berger geschätzten zusätzlichen Potenziale als Obergrenze gelten.

Tabelle 1. Durchschnittliches, jährliches Wertschöpfungspotenzial in Deutschland durch Industrie 4.0 bis 2025 in Mrd. Euro

	BITKOM		PwC ^a	Roland Berger ^b
	Wachstum in Prozent	in Mrd. €	in Mrd. €	in Mrd. €
Prozessindustrie	-	-	1,6	-
Chemische Industrie	2,2%	1,0	-	3,9
Maschinen- und Anlagenbau	2,2%	1,9	1,7	15,5
Elektronikindustrie	2,2%	1,0	1,3	4,9
Automobilindustrie	1,5%	1,2	2,8	10,1
Luft- und Raumfahrtindustrie	-	-	-	1,1
IKT	1,2%	1,2	0,8	-
Logistik	-	-	-	5,1
Summe ^c	1,7%	6,6	8,2	40,6

^a In der Quelle werden nur Angaben zum inkrementellen Umsatz gemacht. Da im Umsatz eines Unternehmens rechnerisch auch die aus anderen Unternehmen bezogenen Vorleistungen enthalten sind, beinhaltet das aggregierte Umsatzpotenzial eine Mehrfachzählung der eigentlichen Wertschöpfung. Laut Statistischem Bundesamt (2015) entspricht der Umsatz im deutschen Produzierenden Gewerbe in etwa dem 3,7-fachen der Bruttowertschöpfung. Um Vergleichbarkeit herzustellen wurden die Werte von PwC um diesen Faktor bereinigt. Dieses Verfahren wurde in umgekehrter Richtung auch in BMWi (2015a) durchgeführt.

^b In der Quelle werden die Potenziale einzelner Branchen nur auf europäischer Ebene für das Jahr 2025 angegeben. Die hier dargestellten jahresdurchschnittlichen Werte basieren auf zusätzlich auf Anfrage erhaltenen Informationen von den Autoren. Weiterhin wurden die Werte für die Branchen in Deutschland entsprechend ihrer Anteile an der Wertschöpfung im Betrachtungsraum approximiert. Hierzu wurden Angaben zur sektoralen Wertschöpfung in europäischen Staaten von Eurostat (2015) verwendet.

^c In den Quellen werden teilweise noch weitere Branchen betrachtet, die hier nicht berücksichtigt wurden.

Quellen: BITKOM (2014); PwC (2014); Roland Berger (2015); Eurostat (2015); HWWI.

Die Schätzungen verdeutlichen, dass den einzelnen Branchen unterschiedlich große Potenziale zugesprochen werden. Zum einen liegt das an der unterschiedlichen relativen Größe der Branchen in Deutschland. So ist die gesamte Bruttowertschöpfung in der Automobilindustrie beispielsweise um ein Vielfaches höher als in der Luft- und Raumfahrt. Zum anderen unterscheiden sich die Potenziale auch bedingt durch Produktionstechnik und -verfahren sowie branchenspezifische Absatzchancen. Auch hier zeigen sich Unterschiede in den Ergebnissen der drei Studien. So geht Roland Berger im Maschinenbau und in der Automobilindustrie von besonders hohen Potenzialen im Vergleich zu den anderen betrachteten Branchen aus. Während PwC ebenfalls mit relativ hohen Potenzialen in der Automobilindustrie rechnet, liegen diese in der Einschätzung von BITKOM eher im durchschnittlichen Bereich.

Da sich in den einzelnen Branchen unterschiedliche Potenziale bieten, dürfte die regionale Branchenstruktur auch eine entscheidende Rolle für die standortspezifischen Chancen und Risiken durch Industrie 4.0 spielen. Um das Wertschöpfungspotenzial durch Industrie 4.0 am Standort Hamburg zu beziffern, wird angenommen, dass die mit Industrie 4.0 assoziierten Potenziale für eine Branche an allen Standorten Deutschland gleich oder zumindest ähnlich einzuschätzen sind. Demnach werden die Potenziale für Deutschland entsprechend der Wertschöpfungsanteile der Branchen in Hamburg auf den Standort heruntergebrochen. Die sich ergebenden Branchenpotenziale werden in Tabelle 2 dargestellt. Aufsummiert über die jeweils betrachteten Branchen ergibt sich ein durchschnittliches jährliches Potenzial von 160 Millionen Euro bis 1,34 Mrd. Euro. Letzterer Wert beruht auf den generell als sehr optimistisch zu bewertenden Potenzialschätzungen von Roland Berger (2015). Zudem werden dabei mit der Luft- und Raumfahrtindustrie sowie der Logistik zwei Branchen in die Betrachtung eingeschlossen, die in den anderen Studien nicht berücksichtigt wurden. Beide Branchen sind am Standort Hamburg besonders stark vertreten, so dass ein großer Teil der deutschlandweiten Potenziale in der Hansestadt anfällt. Aber auch wenn nur die übereinstimmenden Branchen Chemische Industrie, Maschinen- und Anlagenbau, Elektronikindustrie und Automobilindustrie betrachtet werden ergibt sich eine Spannweite von rund 94 bis 646 Mio. Euro.

Tabelle 2. Durchschnittliches, jährliches Wertschöpfungspotenzial in Hamburg durch Industrie 4.0 bis 2025 in Mio. Euro

Berechnungen auf Basis von:	BITKOM	PwC	Roland Berger
	in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €
Prozessindustrie	-	40,5	-
Chemische Industrie	15,3	-	59,3
Maschinen- und Anlagenbau	59,3	53,2	479,7
Elektronikindustrie	16,5	20,7	80,5
Automobilindustrie	3,2	7,4	26,6
Luft- und Raumfahrtindustrie	-	-	138,6
IKT	64,3	44,4	-
Logistik	-	-	557,8
Summe	158,7	166,1	1342,4

Quellen: Berechnungen des HWWI auf Basis von BITKOM (2014); PwC (2014); Roland Berger (2015); Statistisches Bundesamt (2015).

Kasten 2: Branchenspezifische Potenziale und Risiken

Prozessindustrie/Chemische Industrie: Bei der Prozessindustrie handelt es sich um eine sehr heterogene Zusammensetzung von Branchen, die gemeinsam haben, dass Stoffe und Materialien in verschiedenen chemischen, physikalischen, biologischen oder sonstigen Verfahren verarbeitet werden. Hier sind vor allem Potenziale durch weitere Effizienzsteigerungen bei Produktionsprozessen zu erwarten, die zu einer Steigerung der Produkt- und Prozessqualität führen. Gemäß BITKOM (2014) kann dadurch beispielsweise in der Chemischen Industrie zusätzliches Wachstum in der Wertschöpfung von +2,2 Prozent p.a. erreicht werden. Roland Berger (2015) argumentiert hingegen, dass in der Chemischen Industrie bereits ein vergleichsweise hoher Automatisierungsgrad besteht. Demnach wäre hier eher von einer evolutionären statt von einer revolutionären Entwicklung auszugehen.

Maschinen- und Anlagenbau: Nach der Automatisierung, stellt die digitale Vernetzung mit Hilfe von Cyber-Physischen Systemen die nächste logische Entwicklungsstufe für Maschinen und Fertigungssysteme dar. Die in dieser Branche entwickelten und hergestellten Anlagen und Maschinen werden zur Herstellung anderer Industriegüter eingesetzt. Sie stellen in vielen Fällen entscheidende Schnittstellen von industriellen Wertschöpfungssystemen dar. Neue hybride Geschäftsmodelle, bestehend aus Hardware und daran gekoppelte Anwendungen sowie nachgelagerte Dienstleistungen, werden hier eine besonders wichtige Rolle spielen. Insgesamt sind neben Effizienzsteigerungen im eigenen Produktionsprozess auch große Absatzpotenziale zu erwarten. Da Maschinen zu systemrelevanten Schnittstellen werden, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit,

dass Systemanbieter aus anderen Branchen (beispielsweise IT-Anwendungen) mit neuen Geschäftsmodellen in den Markt eingreifen.

Elektroindustrie: Dieser Industriezweig umfasst die Produktion von Geräten für die Datenverarbeitung, Telekommunikation und Unterhaltungselektronik sowie Mess-, Kontroll- und Navigationsinstrumente, optische Geräte und elektronische Bauelemente und Leiterplatten. Neben Produktivitätssteigerungen im Wertschöpfungsprozess dieser Produkte ergeben sich verschiedene Absatzpotenziale. Beispielsweise ist mit einem hohen Bedarf an Hard- und Softwarekomponenten, die für die digitale Vernetzung benötigt werden oder von elektronischen Mess- und Überwachungssystemen, zu rechnen. Im Bereich der Energietechnik bieten sich Absatzpotenziale für Technologien zur Erreichung von höheren Wirkungsgraden durch Smart Grids und dezentrale Energieerzeugung (vgl. Roland Berger 2015).

Automobilindustrie: In der Automobilbranche ist die Digitalisierung schon verhältnismäßig stark umgesetzt. Trotzdem wird dort in den nächsten Jahren durch einen weiter wachsenden IKT-Anteil an der Bruttowertschöpfung ein großes Wertschöpfungspotenzial gesehen, laut Roland Berger (2015) früher als in anderen Branchen. Die Kompetenzen, vernetzten Verkehr zu gestalten, Sharing-Modelle zu bieten und ausgereifte Digitalausstattung zu gewährleisten, bieten große Chancen aber auch Risiken. Neben dem Fahrzeug selbst gewinnen Mobilitätsdienstleistungen und Onboard-Services an Bedeutung. Bisher branchenfremde IT-Unternehmen, wie Apple oder Google könnten dabei eine große Rolle spielen (vgl. Berenberg und HWWI 2015). Entscheidend könnte hierbei sein, wer über entscheidende Systemkomponenten und damit die Schnittstelle zum Kunden verfügt.

Luft- und Raumfahrtindustrie: Dieser Industriezweig ist durch eine hohe vertikale Marktkonzentration gekennzeichnet. Die Wertschöpfungsnetzwerke bestehen in der Regel aus einem systemführenden Unternehmen und einer Vielzahl mittelständischer Zulieferer. Industrie 4.0 bietet vor allem Chancen für Prozessoptimierungen. Barrieren für die Umsetzung von Industrie 4.0 stellen insbesondere regulatorische Hürden sowie Cyberrisiken dar, für die die Luft- und Raumfahrt vergleichsweise sensibel sein dürfte (vgl. Roland Berger 2015).

Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT): Dieser Branche bietet sich durch Industrie 4.0 ein großes Absatzpotenzial für verschiedene IT-Dienstleistungen in den Technologiefeldern wie Big Data, Cloud Computing, Internet der Dinge, IT-Sicherheit, etc. Neben rein datenbasierten Dienstleistungen, bieten sich auch Chancen, mit neuen, hybriden Geschäftsmodellen in andere Branchen und Märkte vorzudringen.

Logistik: Logistikdienstleistungen sind ein wesentlicher Bestandteil der industriellen Wertschöpfungskette. Die stärkere Vernetzung und Zusammenführung von Systemen einzelner Akteure und der Einsatz von Echtzeitinformationen können sowohl in der

Transport- als auch in der Lagerlogistik größere Auslastungen und eine höhere Flexibilität ermöglichen. Durch die generell zunehmende Fragmentierung der Wertschöpfungsketten und die Vernetzung einzelner spezialisierter Unternehmen ist es wahrscheinlich, dass der Logistikbedarf durch die Digitalisierung und die mit ihr einhergehenden Geschäftsmodelle weiter steigt. Dabei bieten sich vermehrt Möglichkeiten, komplette Fulfillment-Lösungen bereitzustellen, die eine ganze Bündelung von Aktivitäten rund um die logistische Abwicklung beinhalten.

3.2 | Wertschöpfungsverflechtungen

Bei der Betrachtung einzelner Sektoren und Branchen ist zu beachten, dass klassische Marktgrenzen verschwimmen und Unternehmen zunehmend branchenübergreifend agieren. Durch hybride „Produktlösungen“ und eine vermehrt „immaterielle“ Wertschöpfung verschiebt sich immer mehr Wertschöpfung in den Dienstleistungssektor (vgl. acatech 2012). Außerdem werden Teile des Wertschöpfungsprozesses der Produktion an unternehmensnahe Dienstleister ausgelagert. Obwohl diese unternehmensnahen Dienstleistungen in den Dienstleistungsbereich fallen, sind sie abhängig von der Produktion und finden ohne sie nicht statt. Ein potenziell kleiner werdender Industriesektor sagt somit nicht unbedingt etwas über eine geringer werdende Bedeutung aus. Es kommt deshalb insgesamt zu einer engen Verknüpfung von Produktion und Dienstleistung. Aufgrund der erwarteten strukturellen Veränderungen der Wertschöpfungsketten, ist es schwer, Aussagen über die indirekten Wertschöpfungseffekten zu treffen, die durch eine Veränderung der Nachfrage nach Vorleistungen in anderen Branchen entstehen. Dennoch können Wirtschaftsstruktur und bestehende Vorleistungsverflechtungen Hinweise darüber liefern, welche Voraussetzung an einem Standort bestehen, um bestimmte Potenziale zu entwickeln und zu nutzen. Nachfolgend werden zunächst die Standortspezialisierung der Hamburger Wirtschaft dargestellt und anschließend bestehende Wertschöpfungsverflechtungen beleuchtet.

Tabelle 3. Sektorale Spezialisierung am Standort Hamburg, sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am 31.6.2014

	in Tsd.	Lokalisationsquotient
Industrie insgesamt	136,6	0,52
darunter:		
Prozessindustrie	28,1	0,46
darunter:		
Kokerei und Mineralölverarbeitung	3,4	4,61
Chemische Industrie	13,2	0,63
Elektroindustrie	11,0	0,48
Maschinenbau (inkl. Reparatur und Installation)	16,6	0,48
Automobilindustrie	^a	^a
Luft- und Raumfahrt und sonst. Fahrzeugbau (ohne Automobile)	26,0	5,66
Dienstleistungen insgesamt	748,2	1,20
darunter:		
Großhandel	55,1	1,39
Logistik, Verkehr und Lagerei	79,6	1,73
Informations- und Kommunikationstechnologie	36,0	1,77
Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	48,2	1,64
Unternehmensdienstleistungen ^b	179,4	1,52
Alle Wirtschaftszweige	892,5	1,00

^a aufgrund datenschutzrechtlicher Bestimmungen anonymisiert.

^b Hierunter wird eine Vielzahl von wirtschaftlichen Dienstleistungen, wie beispielsweise Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung, Werbung und sonstige freiberufliche Dienstleistungen, aber auch die Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften oder Wach- und Sicherheitsdienste etc. zusammengefasst.

Quellen: Bundesagentur für Arbeit (2015); HWWI.

In Tabelle 3 ist zunächst die Spezialisierung der Hamburger Wirtschaft in ausgewählten Branchen dargestellt. Der Grad der Spezialisierung lässt sich anhand des Lokalisationsquotienten zeigen, welcher die Konzentration der Branche in der Region ins Verhältnis zur Konzentration der Branche im Bundesdurchschnitt setzt. Ein Wert größer als eins zeigt eine überdurchschnittliche Spezialisierung am Standort an. Es zeigt sich, was für eine große Metropole wie Hamburg typisch ist: Der Anteil der direkt in der Industrie beschäftigten Personen an der Gesamtbeschäftigung in Hamburg ist deutlich geringer (in etwa halb so groß) wie im nationalen Durchschnitt. Dagegen zeigt sich eine Standortspezialisierung im Bereich der Dienstleistungen. Diese Zahlen sind jedoch kein Grund, Hamburg als reine Dienstleistungsmetropole zu betrachten. Zum einen zeigen die absoluten Zahlen, dass Hamburg mit rund 136.600 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten ein bedeutender Industriestandort in Deutschland ist. Zum anderen sind viele Dienstleistungen wichtiger Bestandteil der industriellen Wertschöpfungskette. Die Standorte der entsprechenden Dienstleister sind besonders häu-

fig in den großen Metropolen zu finden, während sich industrielle Fertigungsanlagen häufiger in kleinen und mittelgroßen Städten befinden (vgl. Durantou und Puga 2005).

Eine Betrachtung einzelner Sektoren in der Industrie zeigt, dass in Hamburg ein hoher Spezialisierungsgrad in den Branchen Kokerei und Mineralölverarbeitung (die zur Prozessindustrie zählt) sowie Sonstiger Fahrzeugbau vorliegt. Der Sonstige Fahrzeugbau in Hamburg wird vor allem durch das Luftfahrtcluster von Airbus dominiert. Der Lokationskoeffizient der Chemischen Industrie liegt zwar deutlich unter eins, aber über dem Gesamtkoeffizienten von 0,52 für die Industrie. Das bedeutet, dass zwar keine Spezialisierung bezogen auf die Gesamtwirtschaft vorliegt, wohl aber im Bereich der industriellen Produktion. In den übrigen für Industrie 4.0 besonders relevanten Industriezweigen liegt die Spezialisierung bezogen auf die Industrie etwas unterhalb des Durchschnitts. Im Dienstleistungssektor kann Hamburg besonders hohe Spezialisierungsgrade in den Bereichen Logistik und IKT aufweisen. In beiden Branchen wird von einem hohen Wertschöpfungspotenzial durch neue Geschäftsmodelle im Rahmen der digital vernetzten Wertschöpfungsketten der Industrieproduktion ausgegangen.

Der industrielle Sektor ist bereits durch stark arbeitsteilige Prozesse gekennzeichnet. Im Zuge von Industrie 4.0 wird eine weitere Defragmentierung der Wertschöpfungsketten erwartet. Bei Auslagerungen von Produktionsprozessen spielt räumliche Nähe zu den Kooperationspartnern häufig eine wichtige Rolle. Sie kann zur Bildung von Clustern führen, in denen Synergieeffekte genutzt werden. Dies verleiht den Unternehmen in einem Cluster ein hohes Innovationspotenzial. Eine Unternehmensbefragung des Deutschen Industrie- und Handelskammertages hat gezeigt, dass für viele Dienstleistungsunternehmen die Industrie ein zentraler Auftraggeber ist. Mehr als 50 Prozent der Industrieunternehmen vergeben Aufträge an Dienstleister, die in einem 50-km-Radius um den eigenen Standort angesiedelt sind (vgl. DIHK 2002).

Tabelle 4. Vorleistungen aus Hamburg für die Hamburger Industrie (Anteil an allen Vorleistungen in Prozent)

Zulieferer:	Abnehmer:	Industrie insgesamt in Deutschland	Industrie insgesamt in Hamburg	Prozess-industrie	Chemische Industrie	Maschinenbau	Elektro-industrie	Automobil-industrie	LuR und sonstiger Fahrzeugbau
Industrie insgesamt		64,5	48,4	57,7	64,5	28,8	43,6	49,3	74,3
darunter:									
Prozessindustrie		26,0	26,6	47,1	56,7	4,2	12,2	22,0	3,4
darunter:									
Kokerei und Mineralölverarbeitung		1,5	9,8	20,4	4,8	0,4	0,2	0,2	0,8
Chemische Industrie		6,8	8,3	16,5	50,5	1,1	1,3	2,2	0,4
Elektroindustrie		3,2	2,2	0,1	0,1	16,5	3,6	1,6	0,2
Maschinenbau (inkl. Reparatur und Installation)		5,7	3,9	1,9	1,4	2,5	17,7	4,5	4,5
Automobilindustrie		8,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,8	8,3	0,0
Luft- und Raumfahrt und sonstiger Fahrzeugbau (ohne Automobile)		3,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	63,9
Dienstleistungen insgesamt		33,4	50,7	40,4	35,5	71,2	56,4	50,7	25,7
darunter:									
Großhandel		8,1	11,7	10,9	6,0	21,8	12,9	5,7	5,3
Logistik, Verkehr und Lagerei		3,2	5,7	6,5	3,7	6,0	6,0	6,8	2,9
Informations- und Kommunikationstechnologie		1,1	1,8	1,0	1,3	4,2	2,7	1,4	1,4
Finanz- und Versicherungsdienstleistungen		1,8	2,6	1,7	1,7	2,1	2,6	1,8	1,2
Unternehmensdienstleistungen ^a		10,9	17,9	14,2	18,0	24,2	22,6	14,9	10,2
Anteil der in Hamburg bezogenen Vorleistungen am Bruttoproduktionswert		49,8^b	24,3	25,0	38,0	30,6	27,6	32,6	9,0

^a Hierunter wird eine Vielzahl von wirtschaftlichen Dienstleistungen, wie beispielsweise Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung, Werbung und sonstige freiberufliche Dienstleistungen, aber auch die Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften oder Wach- und Sicherheitsdienste etc. zusammengefasst.

^b Anteil der in Deutschland bezogenen Vorleistungen.

Quellen: Statistisches Bundesamt (2015); HWWI.

Auch in Hamburg ist die Industrie stark mit der regionalen Wirtschaft vernetzt. Dies führt dazu, dass Produktionsänderungen in einem Industriezweig weitreichende gesamtwirtschaftliche Effekte haben können. Mithilfe einer regionalen Input-Output-Analyse⁷ lassen sich diese Wertschöpfungsketten in Hamburg abschätzen. In Tabelle 4 ist dargestellt, aus welchen Hamburger Branchen die Industrie in Hamburg Vorleistungen in Form von Produkten oder Dienstleistungen bezieht. Dabei wurde eine Auswahl der Branchen nach ihrer relativen Bedeutung als Zulieferer getroffen. Es zeigt sich, dass etwas mehr als die Hälfte der in Hamburg bezogenen Vorleistungen aus dem Dienstleistungssektor bezogen werden. In Deutschland insgesamt machen Dienstleistungen hingegen nur ein Drittel der Vorleistungen in der Industrie aus. Das bedeutet nicht, dass die Hamburger Industrie generell mehr Dienstleistungen nachfragt als die Industrie im übrigen Deutschland. Auf der lokalen Ebene wird ein vergleichsweise großer Anteil der Vorleistungen aus den übrigen Teilen Deutschlands (nicht nur aus dem Ausland) „importiert“. So beträgt der Anteil der in Hamburg bezogenen Vorleistungen am Bruttoproduktionswert der Hamburger Industrie knapp ein Viertel im Vergleich zu knapp der Hälfte in Deutschland insgesamt. Die nach Hamburg aus dem übrigen Deutschland importierten Vorleistungen können sich zu einem höheren Teil aus Industriegütern zusammensetzen. Aber der Vergleich zeigt, dass die Wertschöpfung von Industrie und Dienstleistungen in Hamburg auf der lokalen Ebene besonders eng verwoben ist. Insbesondere der Maschinenbau bezieht einen großen Anteil seiner Vorleistungen aus dem Dienstleistungssektor.

Als besonders bedeutende Erbringer von Dienstleistungen für die Hamburger Industrie stellen sich die Bereiche Großhandel, Logistik und Unternehmensdienstleistungen heraus. Aber auch die IKT-Branche ist auf lokaler Ebene in Hamburg vergleichsweise stark in die industrielle Wertschöpfung eingebunden. In den bereits bestehenden Wertschöpfungsnetzwerken von Industrie und Dienstleistungen in Hamburg könnte bei der Umsetzung von Industrie 4.0 ein großer Vorteil für den Standort Hamburg liegen. Zum einen würden die betreffenden Dienstleistungsbranchen in besonderem Maße von einem zusätzlichen Nachfrageimpuls aus der Industrie profitieren. Zum anderen können die etablierten Verflechtungen von Industrie und Dienstleistungen im Zuge der zunehmenden Vernetzung auf der lokalen Ebene weiter ausgebaut werden. Dabei könnten die Kooperationspartner davon profitieren, dass durch bestehende Zusammenarbeit bereits eine Vertrauensbasis geschaffen wurde. Gleichzeitig könnten sich für die Dienstleistungsbereiche Möglichkeiten bieten, ihre Kompetenz zu nutzen, um sich als überregionaler Anbieter für Dienstleistungen im Bereich von Industrie 4.0 zu etablieren.

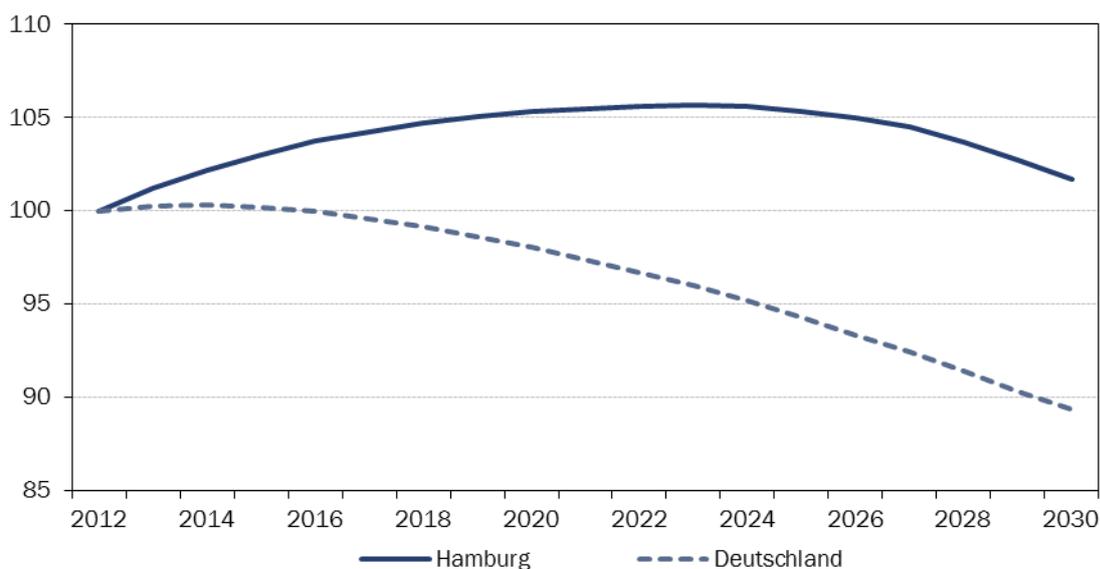
⁷ Die Analyse basiert auf einer regionalisierten Input-Output-Tabelle für Hamburg für das Jahr 2010. Zur Methodik siehe Kowalewski (2013).

Neben der engen Verflechtung von Industrie und Dienstleistungen in Hamburg, zeigen die Werte in Tabelle 4 auch starke Verknüpfungen innerhalb der Hamburger Industrie. Auffällig sind die starken Verflechtungen innerhalb der Prozessindustrie beziehungsweise der Chemischen Industrie sowie innerhalb des Sonstigen Fahrzeugbaus. Diese lassen auf regionalen Branchencluster in diesen Bereichen schließen. Besonders prägnant ist das Luftfahrtcluster in Hamburg. Auch hierdurch können sich spezifische Potenziale durch Industrie 4.0 für den Standort Hamburg ergeben, wenn die bestehenden Netzwerke entsprechend genutzt und vertieft werden.

3.3 | Struktur- und Entwicklung der Beschäftigung

In diesem Abschnitt soll das Augenmerk auf die spezifischen Chancen und Risiken am Standort Hamburg gelegt werden, die sich durch eine veränderte Arbeitsnachfrage der Unternehmen im Kontext von Industrie 4.0 ergeben. Wie in Abschnitt 2.3 erläutert wurde, kann Industrie 4.0 einerseits dazu beitragen das Produktionsniveau trotz Rückgang der Erwerbsbevölkerung aufrecht zu erhalten oder weiter zu erhöhen. In diesem Sinne würde der technologische Fortschritt den Rückgang des Arbeitskräfteangebots abfedern. Andererseits kann bei der Umsetzung von Industrie 4.0 ein zusätzlicher Bedarf an spezifischen Fachkräften entstehen. Die Verfügbarkeit entsprechender Fachkräfte könnte zu einem wichtigen Faktor bei einer zügigen Umsetzung von Industrie 4.0 werden. Insgesamt ist der Nettoeffekt von Industrie 4.0 auf die Beschäftigung kaum vorhersehbar. Relativ sicher ist hingegen, dass sich das Anforderungsprofil in sehr vielen Tätigkeitsbereichen verändern wird.

Abbildung 4. Entwicklung der Bevölkerung im Alter von 15 bis 64 Jahren in Hamburg und Deutschland, 2012-2030



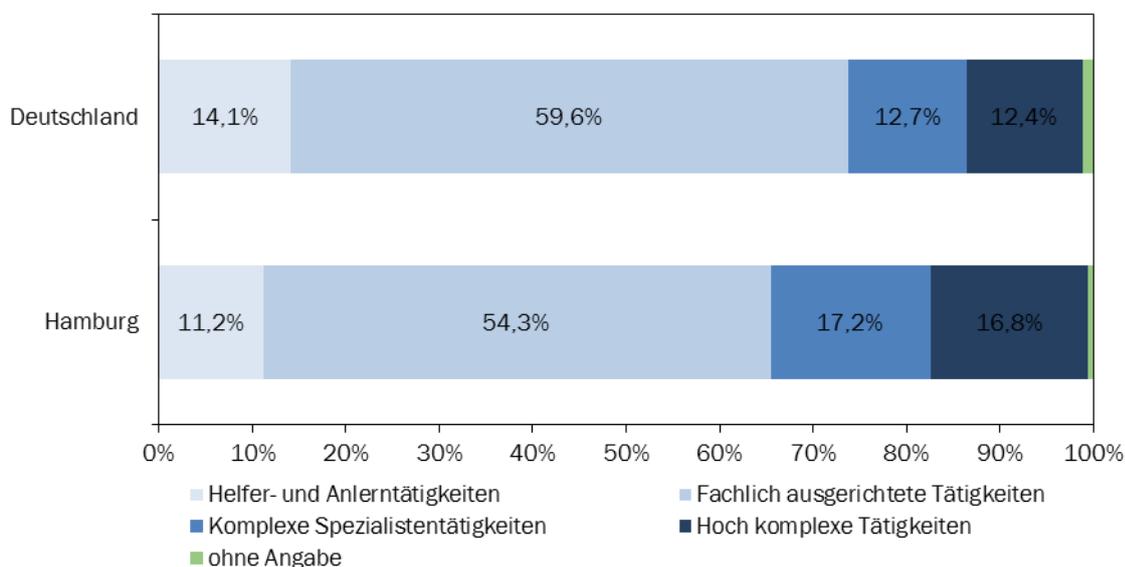
Quellen: BBSR (2015); HWWI.

Hamburg wird den demografischen Wandel zunächst weniger zu spüren bekommen als Deutschland insgesamt (vgl. Abbildung 4). Laut Prognosen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung BBSR (2015) wird die Bevölkerung im erwerbsfähigem Alter in Hamburg bis nach 2020 noch weiter zunehmen und erst danach zurückgehen. Während für Deutschland bis zum Jahr 2030 ein Rückgang von etwas mehr als 10 Prozent prognostiziert wird, liegt das erwartete Niveau in Hamburg noch leicht über dem von 2012. Dies bietet weiterhin gute Wachstumspotenziale für die Wirtschaft und ist ein weiterer positiver Standortfaktor für die Ausschöpfung der möglichen Potenziale von Industrie 4.0 in Hamburg. Dies bedeutet nicht, dass der spezifische Fachkräftebedarf von Industrie 4.0 nicht auch in Hamburg zu Fachkräfteengpässen führen kann. Denn ein vergleichsweise hohes wirtschaftliches Wachstum wird auch mit einer erhöhten Nachfrage nach Fachkräften einhergehen. Allerdings wird es Unternehmen mit Sitz in Hamburg aufgrund der hohen Anziehungskraft, die Hamburg als große, florierende Metropole auf Arbeitskräfte ausübt, leichter fallen Fachkräfte überregional anzuwerben als Unternehmen in anderen Regionen Deutschlands.

Wie auch im Laufe der vergangenen industriellen Revolutionen, werden bestimmte Tätigkeiten verstärkt durch Technologie ersetzt, während gleichzeitig andere Aufgabenfelder an Bedeutung gewinnen. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Arbeitsnachfrage vor allem von standardisierten Tätigkeiten hin zu Tätigkeiten mit geringem Standardisierungsgrad verschoben. Dabei hat sowohl die Zahl der Jobs mit geringen Qualifikationsanforderungen (beispielsweise Gebäudereinigung oder Wachdienste), als auch derjenigen mit hohen Anforderungen im kognitiven Bereich zugenommen. Hingegen ist die Arbeitsnachfrage in vielen standardisierten Tätigkeitsbereichen mit mittleren Qualifikationsanforderungen (beispielsweise buchhalterische Tätigkeiten) zurückgegangen (vgl. Schlitte 2012; Autor et al. 2003). Zwar könnten „intelligente“ Technologien zukünftig zunehmend auch Aufgaben mit kognitiven Anforderungen übernehmen. Dennoch dürfte weiterhin gelten, dass der technologische Fortschritt die Beschäftigung von höher qualifizierten Arbeitskräften begünstigt. Dies ist nicht zuletzt dadurch begründet, dass von Arbeitskräften mit hohem Qualifikationsniveau auch eine vergleichsweise hohe Anpassungsfähigkeit erwartet werden kann.

Abbildung 5 zeigt die Struktur der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung nach dem Anforderungsniveau der ausgeübten Berufe. Die Beschäftigungsstruktur in Hamburg ist insgesamt durch ein vergleichsweise hohes Anforderungsniveau gekennzeichnet. Rund ein Drittel aller Beschäftigten in Hamburg üben komplexe oder hochkomplexe Tätigkeiten aus. Im deutschen Durchschnitt sind es rund ein Viertel der Beschäftigten. Die Spezialisierung der Hamburger Wirtschaft auf wissensintensive Prozesse ist ein Merkmal für eine hohe Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit. Dies stellt eine gute Voraussetzung dar, bei der Umsetzung von Industrie 4.0 Schritt zu halten und voranzugehen.

Abbildung 5. Sozialversicherungspflichtige Beschäftigte nach Anforderungsniveau^a in Prozent (Stichtag 30.6.2014)



^aDas Anforderungsniveau in diesem Wirtschaftszweig ist eng an den formalen beruflichen Bildungsabschlüssen ausgerichtet und bildet den Umfang der auszuübenden Tätigkeiten ab. Helfer- und Anlernertätigkeiten sind wenig komplex und setzen keine oder nur geringe Fachkenntnisse voraus. Fachlich ausgerichtete Tätigkeiten setzen fundierte Fachkenntnisse und Fertigkeiten voraus; eine Berufsausbildung ist notwendig. Komplexe Spezialistentätigkeiten sind z. B. gehobene Fach- und Führungsaufgaben oder Planungs- und Kontrolltätigkeiten (üblicherweise in beruflichen Fort- oder Weiterbildungen, aber auch in Fach- oder Berufsakademien bzw. in einem Bachelorstudiengang erworben). Hoch komplexe Tätigkeiten erfordern ein hohes Kenntnis- und Fertigungsniveau (eine mindestens vierjährige Hochschulausbildung oder eine entsprechende Berufserfahrung wird vorausgesetzt).

Quellen: Bundesagentur für Arbeit (2015); HWWI.

In einer umfassenden Studie haben Frey und Osborne (2013) die Auswirkungen des Einsatzes von digitalen Technologien und Robotern auf die Tätigkeiten in rund 700 verschiedenen Berufen auf dem US-amerikanischen Arbeitsmarkt analysiert. Um abzuschätzen, in welchem Ausmaß bisherige Tätigkeiten in Hamburg vom Wandel durch digitale Technologien betroffen sein könnten, werden die Ergebnisse von Frey und Osborne auf die von der Bundesagentur für Arbeit verwendete Klassifikation der Berufe (KldB 2010) übertragen.⁸ Insgesamt ergeben sich Betroffenheitswahrscheinlichkeiten für insgesamt 144 Berufsgruppen, die zusätzlich nach vier unterschiedlichen Anforderungsniveaus der dort ausgeübten Tätigkeiten differenziert werden. Die „Betroffenheit“ ist dabei nicht mit einem Rückgang der Beschäftigung in diesen Berufen mit den jeweiligen Anforderungsniveaus gleichzusetzen. Betroffenheit bedeutet zunächst nur, dass die ausgeübten Tätigkeiten mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in ihrer derzeitigen Form keinen Bestand mehr haben werden. Die entsprechenden Beschäftigten können also auch lediglich einer veränderten Aufgabenstellung beim bisherigen oder bei einem anderen Unternehmen nachgehen. Das heißt, dass Freisetzungseffekten

⁸ Eine Zuordnung der in der Quelle verwendeten Berufsklassifikation „Standard Occupational Classification (SOC)“ zur Klassifikation der Berufe (KldB 2010) ist nur approximativ möglich. Ein ähnliches Verfahren wurde auch von der ING Diba (2015) angewandt.

durch den Einsatz neuer Technologien auch Kompensationseffekte durch erhöhte Nachfrage in anderen Bereichen gegenüberstehen (vgl. Abschnitt 2.3).

Hohe Betroffenheitswahrscheinlichkeiten⁹ finden sich beispielsweise in den Berufsgruppen Büro und Sekretariat, Unternehmensorganisation, Steuerberatung, Rechnungswesen und Controlling oder auch im Handel und Verkauf sowie der Gastronomie. Aber auch andere Berufsgruppen weisen eine hohe Wahrscheinlichkeit auf, Veränderungen durch den Einsatz digitaler Technologien ausgesetzt zu sein. Ein wesentlicher Faktor für die technologische Substituierbarkeit der Tätigkeiten stellt das jeweilige Anforderungsniveau dar (vgl. Tabelle 5). So ist die Wahrscheinlichkeit, dass komplexe beziehungsweise hochkomplexe Tätigkeiten durch Maschinen ersetzt werden, relativ gering. Am wahrscheinlichsten ist eine Betroffenheit bei fachlich ausgerichteten Tätigkeiten. Hier dürfte eine Rolle spielen, dass einfachere kognitive Tätigkeiten zunehmend von Maschinen ausgeführt werden können. Manuelle Tätigkeiten, mit geringem Standardisierungsgrad, oder komplexe Tätigkeiten, bei denen zudem Entscheidungskompetenz gefragt ist, können hingegen nicht ersetzt werden. Insgesamt zeigen die Zahlen, dass die Arbeitswelt vor einem großen Umbruch steht. Demnach muss in Hamburg damit gerechnet werden, dass die Tätigkeiten von knapp einem Drittel aller Beschäftigten in ihrer derzeitigen Form keinen Bestand mehr haben werden. In Deutschland insgesamt ist der Anteil der mit hoher Wahrscheinlichkeit betroffenen Beschäftigung sogar noch etwas höher. Der etwas geringere Beschäftigungsanteil mit hoher Betroffenheitswahrscheinlichkeit in Hamburg lässt sich zu einem Großteil durch die bestehende Struktur der Tätigkeitsanforderung erklären. Dadurch ist zu erwarten, dass Umstellungsprozesse in Hamburg im Durchschnitt etwas leichter zu bewältigen sind als in Deutschland insgesamt.

Tabelle 5. Beschäftigungsanteile mit hoher Betroffenheitswahrscheinlichkeit durch digitale Technologien in Deutschland und in Hamburg

Anforderungsniveau	SVB ^a insgesamt		hohe Betroffenheitswahrscheinlichkeit	
	in Tsd.	Anteil	in Tsd.	Anteil
Deutschland				
Insgesamt	30174,5	100,0%	10772,2	35,7%
Helfer- und Anlerntätigkeiten	4269,5	14,1%	1666,6	39,0%
Fachlich ausgerichtete Tätigkeiten	17995,5	59,6%	8520,1	47,3%
Komplexe Spezialistentätigkeiten	3818,1	12,7%	479,7	12,6%
Hoch komplexe Tätigkeiten	3747,4	12,4%	105,8	2,8%
ohne Angabe ¹⁾	344,1	1,1%	-	-

⁹ Entsprechend Fey und Osborne (2013) definiert als größer 70 Prozent.

Hamburg				
Insgesamt	892,5	100,0%	289,6	32%
Helfer- und Anlerntätigkeiten	99,6	11,2%	29,0	29%
Fachlich ausgerichtete Tätigkeiten	484,6	54,3%	235,4	49%
Komplexe Spezialistentätigkeiten	153,3	17,2%	19,5	13%
Hoch komplexe Tätigkeiten	150,0	16,8%	5,7	4%
ohne Angabe	5,0	0,6%	-	-

^a Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am 30.06.2014

Quellen: Berechnungen des HWWI auf Basis von Frey und Osborne (2013); Bundesagentur für Arbeit (2015).

Tabelle 6. Betroffenheitswahrscheinlichkeiten nach Branchen in Hamburg

Branche	SVB ^a	hohe Betroffenheits-
	insgesamt	wahrscheinlichkeit
	in Tsd.	Anteil
Industrie insgesamt	136,6	36%
darunter:		
Prozessindustrie	28,1	48%
Chemische Industrie	7,2	43%
Elektroindustrie	11,0	31%
Maschinenbau (inkl. Reparatur und Installation)	16,6	36%
Luft- und Raumfahrt (und sonstiger Fahrzeugbau ohne Automobile)	26,0	22%
Dienstleistungen insgesamt	748,2	31%
darunter:		
Großhandel	55,1	41%
Logistik, Verkehr und Lagerei	79,6	26%
Informations- und Kommunikationstechnologie	36,0	19%
Unternehmensdienstleistungen	179,4	32%
Alle Wirtschaftszweige	892,5	32%

^a Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am 30.06.2014

Quellen: Berechnungen des HWWI auf Basis von Frey und Osborne (2013); Bundesagentur für Arbeit (2015).

Da die Berufsstruktur und die damit verbundenen Anforderungsprofile in den einzelnen Branchen verschieden sind, unterscheiden sich auch die Betroffenheitswahrscheinlichkeiten zwischen den Branchen (vgl. Tabelle 6). Der Anteil der Beschäftigten in Hamburg, deren Tätigkeit sich mit einer hohen Wahrscheinlichkeit grundlegend ändern wird, ist in der Industrie mit 36 Prozent etwas höher als in den Dienstleistungsbereichen (31 Prozent). Besonders große Veränderungen sind in der Prozessindustrie zu erwarten. Im Dienstleistungssektor ist vor allem im Handel mit großen Umbrüchen in den nachgefragten Tätigkeiten zu rechnen. Beispielsweise könnten reine Vermittlungstätigkeiten im Zuge von Industrie 4.0 verstärkt über das Internet der Dinge automatisch abgewickelt werden.

Insgesamt zeigt sich, dass sich die Veränderung der Arbeitswelt nicht auf die Industrie beschränkt. Auch in den Dienstleistungsbereichen wird sich die Struktur der

nachgefragten Tätigkeiten verschieben. Dabei werden auch die sich bietenden Möglichkeiten für neue Geschäftsmodelle im Rahmen von Industrie 4.0 eine Rolle spielen. Hamburg bietet vergleichsweise günstige Voraussetzungen, um den strukturellen Wandel in der Nachfrage nach Arbeit zu meistern. Die Beschäftigungsstruktur in Hamburg ist durch ein vergleichsweise hohes Anforderungsniveau gekennzeichnet. Arbeitskräfte die bereits heute komplexe Tätigkeiten ausführen, sind nicht so schnell durch Technologie zu ersetzen und flexibel genug, um sich neuen Herausforderungen zu stellen. Des Weiteren bieten die in Hamburg vergleichsweise günstige Bevölkerungsentwicklung und die im Vergleich gute Position im überregionalen Wettbewerb um Arbeitskräfte beste Voraussetzungen, die sich bietenden Wertschöpfungspotenziale auszunutzen. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass mögliche, technologisch bedingte Freisetzungseffekte auch hohen Kompensationseffekten (beispielsweise durch zusätzliche Arbeitsnachfrage aufgrund neuer Geschäftsmodelle) gegenüberstehen.

3.4 | Größenstruktur und Bedeutung des Mittelstands

Auf gesamtdeutscher Ebene gelten bisher eher große Unternehmen als Pioniere von Industrie 4.0. Sie beschäftigen sich eher mit Industrie 4.0 als kleinere Unternehmen (vgl. DB Research 2014). Die Studie von PWC (2014) hebt hervor, dass vor allem besonders große und kleine Unternehmen bereits einen hohen Digitalisierungsgrad aufweisen, während mittelgroße Unternehmen zurück liegen (PWC 2014; BMWi 2015a). Es ist davon auszugehen, dass die Umsetzung von Industrie 4.0 kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU)¹⁰ in einigen Bereichen vor größere Herausforderungen stellt als Großunternehmen (vgl. Abschnitt 2.5). KMU haben häufig keine oder nur geringe Kapazitäten für die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten und könnten zum Teil größere Schwierigkeiten haben, notwendige Investitionen für die Umstellung der Produktionstechnologie zu finanzieren. Im Wettbewerb um Fachkräfte könnte es für KMU von Nachteil sein, dass sie im Vergleich zu Großunternehmen als weniger attraktiver Arbeitsgeber gelten. Zusätzlich haben Großunternehmen häufig auch die Systemführerschaft in Wertschöpfungsnetzwerken inne. Somit ist anzunehmen, dass hauptsächlich große Unternehmen Standards setzen werden, an denen sich kleinere Unternehmen bei ihrer Transformation orientieren müssen.

Tabelle 7 zeigt die Anzahl der (Industrie- und Dienstleistungs-) Betriebe sowie die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Hamburg. Außerdem werden die Anzahl der KMU, also von Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten, und der sich daraus ergebende Anteil von KMU an allen Betrieben mit dem von Gesamt-

¹⁰ Nachfolgend gilt die von der Europäischen Union (EU) verwendete Definition, nach der Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten zu den KMU zählen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass insbesondere in der Industrie teilweise auch Unternehmen mit deutlich mehr Mitarbeitern einen mittelständischen Charakter aufweisen.

deutschland verglichen. In der Hamburger Industrie ist der Anteil der KMU mit knapp 99 Prozent fast so hoch wie im Bundesdurchschnitt. Allerdings liegt der Anteil der Beschäftigung in KMU in Hamburg deutlich unter dem Bundesdurchschnitt. Dies ist auf einige sehr große Industriebetriebe in Hamburg zurückzuführen. Wie beispielsweise im Fall von Airbus, sind in Hamburg Industrieunternehmen ansässig, die Mittelpunkt und Treiber von regionalen Wertschöpfungsnetzwerken sind. Zwar kann dies zu Abhängigkeit von KMU gegenüber großen Unternehmen führen. Aber große Industrieunternehmen haben im Gegensatz zu vielen KMU besser Möglichkeiten, technologische Entwicklungen voranzutreiben. Davon könnte langfristig das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk profitieren, wenn die Großunternehmen als Systemführer den Wandel vorantreiben und die Digitalisierung kleiner und mittlerer Unternehmen über ihren Einfluss initiieren. Aber auch in diesen Fällen muss aufgrund der Vielzahl der KMU ein besonderes Augenmerk auf deren spezifischen Herausforderungen und möglichen Handlungsoptionen gelegt werden.

Tabelle 7. Betriebe und Beschäftigte nach Beschäftigungsgrößenklasse (Stichtag 30.6.2014)

		Gesamtanzahl	Anzahl KMU	Anteil KMU	
		Hamburg	Hamburg	Hamburg	Deutschland
Industrie	Betriebe	5.959	5.873	98,6%	98,8%
	SV-Beschäftigte ^a	143.335	67.391	47,0%	58,9%
darunter: Verarbeitendes Gewerbe	Betriebe	2.315	2.254	97,4%	97,6%
	SV-Beschäftigte ^a	99.332	35.036	35,3%	49,6%
Dienstleistungen	Betriebe	45.819	45.384	99,1%	99,4%
	SV-Beschäftigte ^a	748.196	451.970	60,4%	70,7%
Alle Wirtschaftszweige	Betriebe	52.102	51.587	99,0%	99,3%
	SV-Beschäftigte ^a	892.508	520.032	58,3%	67,5%

^a Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am 30.06.2014
Quelle: Bundesagentur für Arbeit (2015); HWWI.

4 | Stand der Umsetzung und Erwartungen der Hamburger Unternehmen

Der derzeitige Stand der Umsetzung von Industrie 4.0 und die Erwartungen in Hamburger Unternehmen an Industrie 4.0 werden nachfolgend mit Hilfe einer im Sommer 2015 von der Handelskammer Hamburg durchgeführten Unternehmensbefragung abgebildet. Zwar wurden Unternehmen sämtlicher Branchen zur Digitalisierung befragt. Der Fokus der Analyse liegt jedoch in der Betrachtung der Industrie in Hamburg. Um den spezifischen Herausforderungen des Mittelstands gerecht zu werden, besteht ein weiterer Schwerpunkt in der Auswertung der Ergebnisse für unterschiedliche Größenklassen.

Tabelle 8 zeigt die Stichprobe, unterteilt nach Beschäftigungsgrößenklassen, für die Industrie und das Aggregat der übrigen Branchen. Um hinreichend große Fallzahlen für die Auswertung zu erhalten, sind die einzelnen Größenklassen in drei Gruppen zusammengefasst: kleine Unternehmen mit bis zu 9 Mitarbeiter, mittlere Unternehmen mit 10-249 Mitarbeitern und Großunternehmen mit 250 und mehr Mitarbeitern.¹¹

Tabelle 8. Stichprobe der Unternehmensbefragung

	Industrie	Rest	Gesamt
0-9	36	321	357
10-249	44	194	238
250 und mehr	45	61	106
Keine Angabe	0	4	4
Summe	125	580	705

*Insgesamt 705 antwortende Unternehmen

Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

4.1 | Erwartungen der Unternehmen

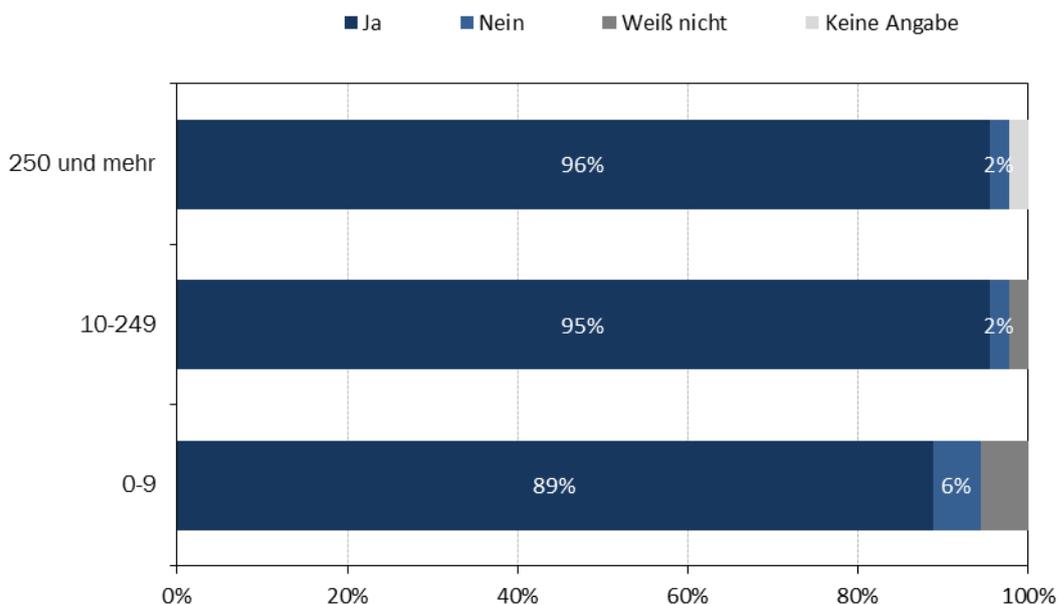
Um eine generelle Einschätzung der Unternehmen zu Industrie 4.0 zu erlangen, wurden die Unternehmen gefragt, ob die Digitalisierung ihre Produktions-, Geschäfts- und Arbeitsprozesse beeinflussen würde. Die Antwort fällt sehr eindeutig aus: Rund 91 Prozent der Unternehmen sehen einen Einfluss der Digitalisierung, nur 6 Prozent verneinen diesen. Auch bei der separaten Betrachtung einzelner Branchen zeigen sich nur geringfügige Unterschiede. Im gesamtdeutschen Vergleich liegen die Hamburger

¹¹ Häufig werden Unternehmen mit weniger als zehn Mitarbeitern auch als Kleinstunternehmen und solche mit 10 bis 249 Mitarbeitern als kleine (10 bis 49) und mittlere (50 bis 249) Unternehmen bezeichnet. Weiterhin werden die Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern weiterhin als mittelständisch bezeichnet, obwohl insbesondere in der Industrie häufig auch deutlich größere Unternehmen zum Mittelstand gezählt werden.

Unternehmen damit knapp unter den Angaben der Unternehmen bei einer ähnlichen Umfrage des Deutschen Industrie- und Handelskammertags (DIHK 2014) für Deutschland. Dort gaben 94 Prozent der Unternehmen an, die Digitalisierung würde ihre Geschäfts- und Arbeitsprozesse beeinflussen.

Abbildung 6 zeigt die Einschätzungen der Hamburger Industrieunternehmen unterschiedlicher Größenklassen zu dieser Frage. Die Zustimmung, dass die Digitalisierung einen Einfluss hat, ist bei Großunternehmen mit mindestens 250 Mitarbeitern am höchsten (96 Prozent) und fällt bei kleine Unternehmen mit bis zu 9 Mitarbeitern mit 89 Prozent am geringsten, aber immer noch sehr hoch, aus. Auch wenn die Unterschiede gering sind, bestätigt sich, dass in der Hamburger Industrie Großunternehmen häufiger einen Einfluss von Industrie 4.0 sehen als KMU. Ob dies aber damit gleichzusetzen ist, dass sich Großunternehmen auch eher mit Industrie 4.0 beschäftigen, wie in Abschnitt 3.4 angedeutet, bleibt unklar.

Abbildung 6. Einfluss der Digitalisierung auf Produktions-, Geschäfts- und Arbeitsprozesse in der Industrie, unterteilt nach Beschäftigungsgrößenklassen



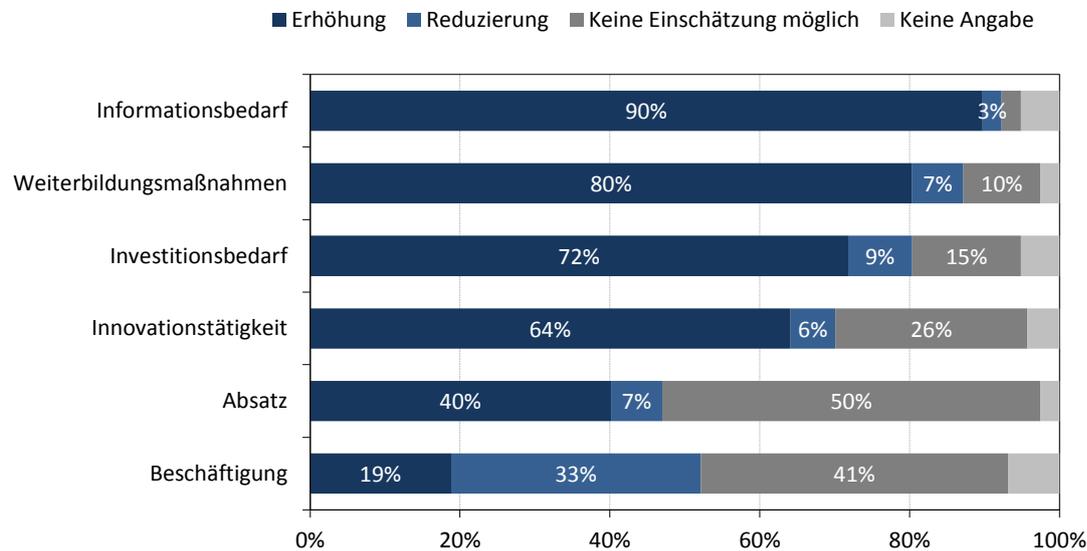
*Insgesamt 125 antwortende Unternehmen

Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Die Unternehmen, die einen Einfluss der Digitalisierung angegeben haben, wurden anschließend gefragt, diesen für Absatz, Innovationstätigkeit, Investitionsbedarf, Beschäftigungsstand, Informationsbedarf und Weiterbildungsmaßnahmen zu spezifizieren. Abbildung 7 zeigt für jeden dieser Bereiche, ob die Industrieunternehmen durch

die Digitalisierung eher eine Erhöhung oder eine Reduzierung in dem jeweiligen Bereich sehen.

Abbildung 7. Einfluss der Digitalisierung auf einzelne Bereiche von Industrieunternehmen



*Insgesamt 117 antwortende Unternehmen
Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Besonders eindeutig fallen die Angaben bei Informationsbedarf, Weiterbildung, Investitionsbedarf und Innovationstätigkeit aus. Die Unternehmen gehen in diesen Feldern mehrheitlich von einem Anstieg durch die Digitalisierung aus. Damit entspricht die Wahrnehmung der Hamburger Industrieunternehmen den allgemeinen Erwartungen, dass es durch die Digitalisierung zu einem höheren Innovationsdruck und Investitionsbedarf kommt und es aufgrund der Veränderungen einen erkennbaren Informations- und Weiterbildungsbedarf gibt, der erfüllt werden muss.

Bei Beschäftigung und Absatz zeigt sich hingegen deutliche Unsicherheit bezüglich der Folgen der Digitalisierung. In beiden Fällen konnte ein großer Teil der Befragten keine Einschätzung abgeben. Während beim Absatz deutlich mehr Unternehmen positive (40 Prozent) als negative (7 Prozent) Erwartungen mit Industrie 4.0 verbinden, rechnen mehr Befragte mit negativen (33 Prozent) Beschäftigungseffekten in ihrem Unternehmen, als mit positiven (19 Prozent). Letzteres entspricht dem Trend aus der Vergangenheit, wo die Beschäftigung in den meisten Industrieunternehmen rückläufig war. In den Tabellen 9 und 10 sind die Antworten für diesen Bereich nach Größenklassen dargestellt. Auffällig dabei ist, dass die kleinen Unternehmen die positivsten Erwartungen sowohl in Bezug auf den Umsatz als auch auf die Entwicklung ihrer Mitarbeiterzahlen haben. Ein Grund für dieses Ergebnis könnte darin liegen, dass sich unter den kleinen Unternehmen viele Start-ups befinden, die sich auf Wachstumskurs wähnen. Die Defragmentierung der Wertschöpfungsketten im Zuge von Industrie 4.0 könnte gerade diesen Unternehmen einen erleichterten Marktzugang und damit Po-

tenziale für ihre Geschäftsmodelle bieten. Ein Vergleich der Hamburger Befragung zu den Ergebnissen des DIHK (2014) für ganz Deutschland zeigt zudem, dass der industrielle Mittelstand in Hamburg etwas bessere Absatzchancen sieht und die Großunternehmen etwas skeptischer sind als im Bundesdurchschnitt. Laut der DIHK-Umfrage gehen 27 Prozent der Mittelständler und 50 Prozent der Großunternehmen von positiven Effekten auf den Absatz aus.

Tabelle 9. Einschätzung der Absatzentwicklung

	Übrige Dienstleistungen	Industrie			Gesamt
		0-9	10-249	250 und mehr	
Erhöhung	50%	56%	33%	35%	40%
Reduzierung	9%	6%	7%	7%	7%
Keine Einschätzung möglich	33%	38%	57%	53%	50%
Keine Angabe	8%	0%	2%	5%	3%

*Insgesamt 701 antwortende Unternehmen

Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Tabelle 10. Einschätzung der Beschäftigungsentwicklung

	Übrige Dienstleistungen	Industrie			Gesamt
		0-9	10-249	250 und mehr	
Erhöhung	29%	22%	21%	14%	19%
Reduzierung	19%	22%	38%	37%	33%
Keine Einschätzung möglich	45%	56%	31%	40%	41%
Keine Angabe	7%	0%	10%	9%	7%

*Insgesamt 701 antwortende Unternehmen

Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Die Ergebnisse für andere Branchen weisen Abweichungen im Vergleich zur Industrie auf. So rechnen die restlichen Branchen im Durchschnitt häufiger mit Absatzerhöhungen (50 Prozent). Mit 63 Prozent wird in der Informations- und Kommunikationsbranche am häufigsten mit Absatzerhöhungen gerechnet. Auch der Handel zeigt sich mit 57 Prozent vergleichsweise optimistisch. Wie in der Industrie sind es vor allem kleine Unternehmen, die vergleichsweise besonders häufig mit steigendem Absatz rechnen.

Bezüglich der Innovationstätigkeit fällt im Branchenvergleich auf, dass die Industrieunternehmen unterdurchschnittlich häufig von einer Erhöhung ausgehen (64 Prozent gegenüber 80 Prozent bei anderen Branchen). Bei den Beschäftigungswirkungen zeigt sich, dass nur Industrieunternehmen häufiger mit einem Rückgang

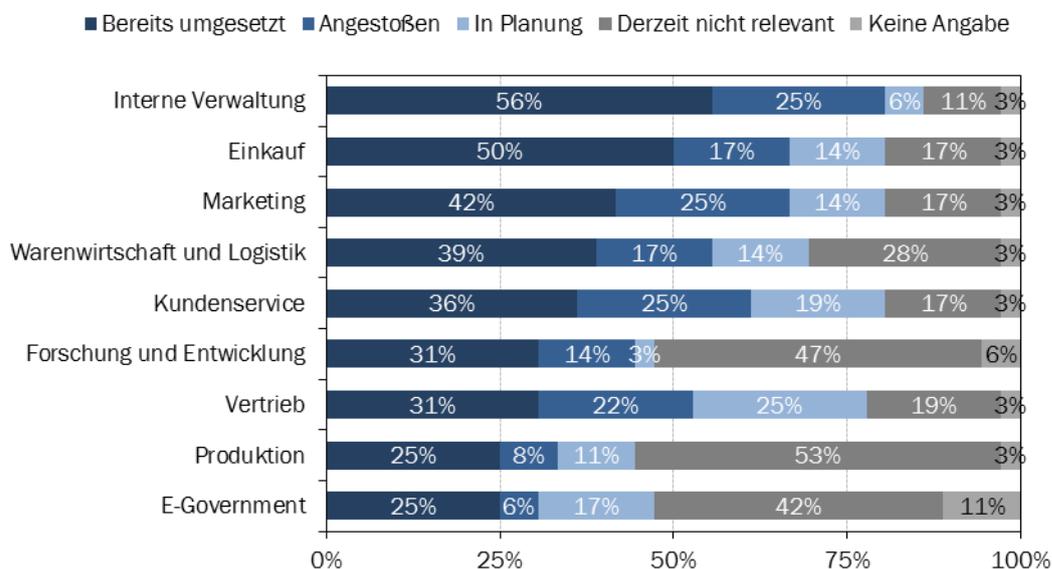
(33 Prozent) der Beschäftigung rechnen, als mit einer Zunahme (19 Prozent). In allen anderen Branchen überwiegt die Einschätzung der Zunahme der Beschäftigung, wenn oft auch nur recht knapp. Insgesamt gibt die Mehrheit aber meist an, keine Einschätzung treffen zu können. Die Informations- und Kommunikationsbranche ist die einzige Branche, bei der der Großteil der Unternehmen mit einer Erhöhung der Beschäftigung rechnet (38 Prozent) und in der die Unsicherheit mit 32 Prozent vergleichsweise gering ausfällt. Aber auch hier halten immerhin 23 Prozent eine Reduzierung der Beschäftigung für wahrscheinlicher. Im Vergleich zur Industrie bestehen bei den restlichen Branchen bezüglich der Größenklassen bei den Beschäftigungswirkungen keine großen erkennbaren Unterschiede. In der DIHK-Umfrage für Gesamtdeutschland gaben 23 Prozent der deutschen Unternehmen an, sie würden von steigenden Mitarbeiteranzahlen ausgehen, 15 Prozent erwarten hingegen eine Reduzierung (DIHK 2014).

Insgesamt zeigt sich also, dass fast jedes Unternehmen in Hamburg überzeugt ist, dass die Digitalisierung einen Einfluss auf seinen Betrieb hat. Wie genau dieser sich jedoch äußert, ist den Unternehmen in vielen Fällen unklar. Gerade in den Bereichen Absatzentwicklung und Beschäftigung zeigen sich erhebliche Unsicherheiten. Einigkeit herrscht darüber, dass sich ein enormer Bedarf an Informationen, Weiterbildung und Investitionen ergibt. Demnach dürfte es für die meisten Unternehmen derzeit schwierig sein, zu bewerten, inwieweit sich konkrete Potenziale oder Risiken für sie ergeben. Dies kann dazu führen, dass eher auf die Entwicklung reagiert wird, anstatt zu versuchen, Potenziale aktiv zu generieren.

4.2 | Stand der Umsetzung

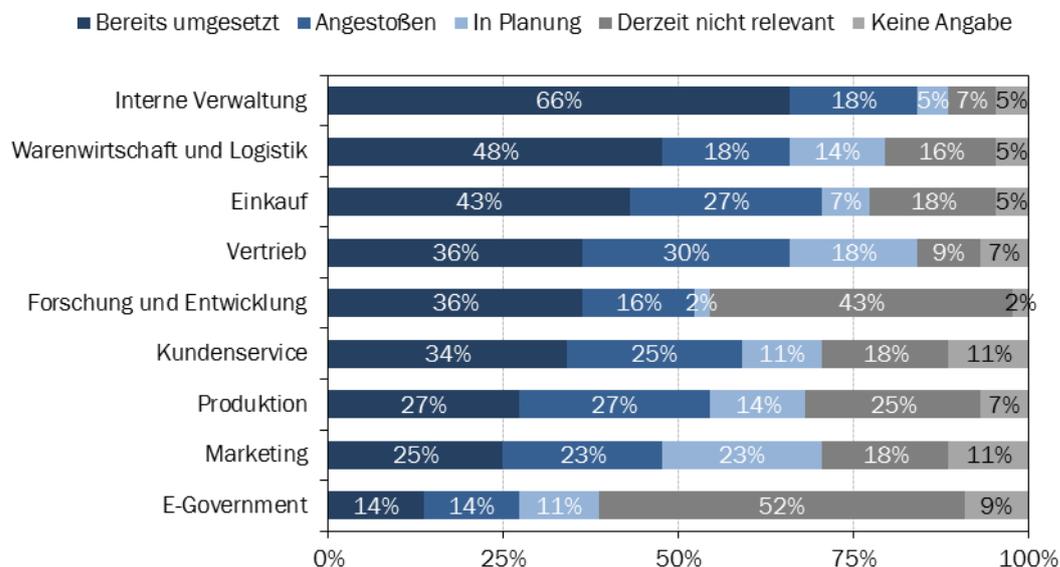
Um zu überprüfen, in welchem Maß die Digitalisierung in Hamburger Unternehmen Einzug gehalten hat, wurden die Unternehmen befragt, inwieweit ihre Geschäftsprozesse bereits digital und unter Einsatz von zeitgemäßen IT-Systemen erfolgen. Dazu wurden die Unternehmen gebeten, den Stand der Umsetzung für die einzelnen Geschäftsbereiche interne Verwaltung, Forschung und Entwicklung (FuE), Einkauf, Produktion, Marketing, Vertrieb, Warenwirtschaft und Logistik, Kundenservice, sowie E-Government (Verwaltungsverfahren mit Behörden) zu nennen. Abbildungen 8-10 zeigen die Ergebnisse für Industrieunternehmen nach Größenklassen für jeden Geschäftsbereich.

Abbildung 8. Digitale Geschäftsprozesse und Einsatz von zeitgemäßen IT-Systemen in Unternehmen der Industrie mit bis zu 9 Beschäftigten



*Insgesamt 36 antwortende Unternehmen
Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Abbildung 9. Digitale Geschäftsprozesse und Einsatz von zeitgemäßen IT-Systemen in Unternehmen der Industrie mit 10 bis 249 Beschäftigten



*Insgesamt 44 antwortende Unternehmen
Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Abbildung 10. Digitale Geschäftsprozesse und Einsatz von zeitgemäßen IT-Systemen in Unternehmen der Industrie mit 250 und mehr Beschäftigten



*Insgesamt 45 antwortende Unternehmen

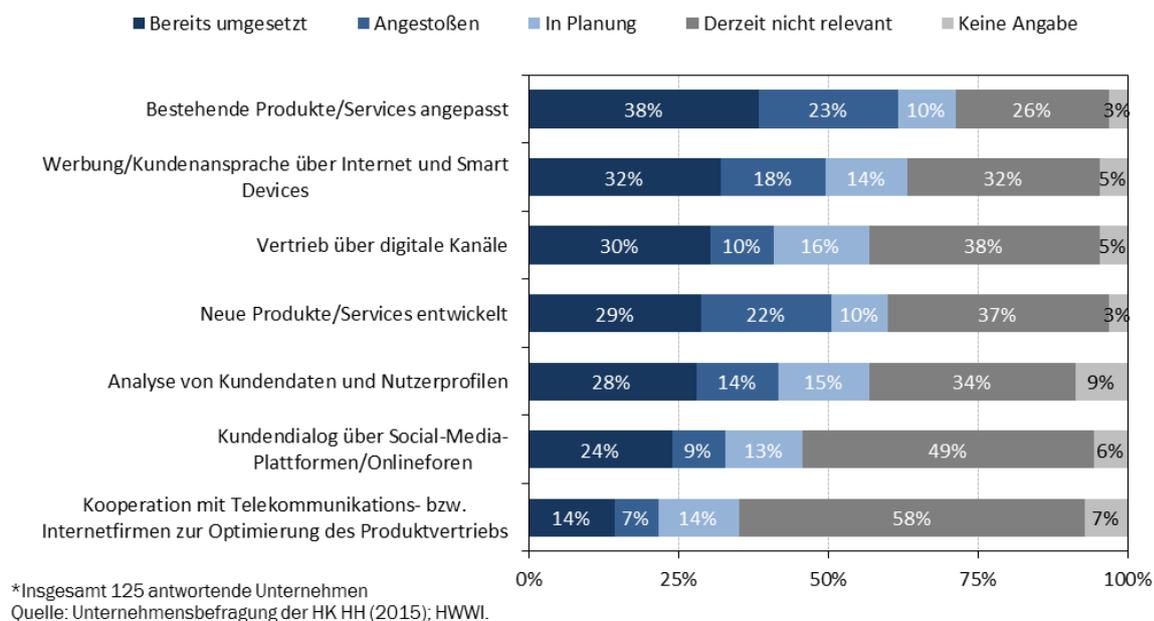
Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Beim Vergleich der Abbildungen nach Größenklassen fällt auf, dass Großunternehmen in fast allen Bereichen den höchsten „Digitalisierungsgrad“ aufweisen. Sie haben in der Regel deutlich häufiger angegeben, dass Geschäftsprozesse bereits digitalisiert sind und zeitgemäße IT-Systeme zum Einsatz kommen. So ist die Digitalisierung der Produktion erst in 25 Prozent der kleinen Unternehmen, in 27 Prozent der mittleren Unternehmen, aber schon in 40 Prozent der Großunternehmen umgesetzt worden. Auffällig ist, dass 53 Prozent der kleinen Unternehmen die Digitalisierung der Produktion für derzeit nicht relevant halten. Auch in den Bereichen Warenwirtschaft und Logistik sowie dem Vertrieb steigt der Digitalisierungsgrad mit der Unternehmensgrößenklasse. Erwartungsgemäß ist auch der Bereich Forschung und Entwicklung vor allem bei Großunternehmen relevant und größtenteils bereits digitalisiert (60 Prozent). KMU geben hingegen besonders häufig an, dass dieser Bereich derzeit keine Relevanz für sie hat. Der Bereich, in dem die meisten Unternehmen aller Größenklassen bereits digitalisiert sind oder dies anstreben, ist die interne Verwaltung. Dass große Unternehmen den höchsten Digitalisierungsgrad aufweisen, liegt auch daran, dass besonders kleine Unternehmen in vielen Bereichen keine Relevanz sehen. In einigen Bereichen geben kleine und mittlere Industrieunternehmen aber häufig an, eine Digitalisierung zu planen oder bereits angestoßen zu haben. Sie befinden sich also in für sie relevanten Bereichen häufiger am Anfang der Umsetzung als Großunternehmen.

Durch die verstärkte Internetnutzung der Kunden kommt es zu Veränderungen des Konsumverhaltens. Die Unternehmen wurden befragt, wie sie sich auf den Trend zu-

nehmender, auch mobiler, Internetnutzung eingestellt haben. Abbildung 11 stellt die Antworten der Hamburger Unternehmen aus der Industrie dar.

Abbildung 11. Anpassung der Industrieunternehmen an die zunehmende Internetnutzung des Kunden



Als Anpassungsmaßnahme am häufigsten bereits umgesetzt wurde in der Industrie demnach die Anpassung bestehender Produkte und Services. 38 Prozent der Unternehmen haben ihre bisherigen Produkte und Services auf die gestiegene Internetnutzung eingestellt. 26 Prozent sehen hierfür zurzeit keine Relevanz, 10 Prozent planen die Anpassung des bestehenden Angebots und 23 Prozent haben Veränderungen bereits angestoßen. Damit ist diese Maßnahme auch in naher Zukunft die wohl relevanteste. Jeweils etwa ein Drittel der Unternehmen nutzt Werbung über das Internet und Smart Devices (32 Prozent) und vertreibt über digitale Kanäle (30 Prozent). Neue Produkte und Services wurden von 29 Prozent bereits entwickelt, 28 Prozent der Unternehmen geben an, Kundendaten und Nutzerprofile bereits aktiv zu analysieren. Auch wenn fast jede Maßnahme von mindestens der Hälfte der Unternehmen angestrebt wird oder bereits umgesetzt wurde, sehen die Unternehmen viele Maßnahmen relativ häufig als derzeit nicht relevant an. In naher Zukunft werden also längst nicht alle Industrieunternehmen Kundendaten analysieren oder neue Produkte und Services entwickeln. Bezüglich der Unternehmensgrößenklassen gilt, dass kleine Industrieunternehmen in der Regel häufiger Anpassungen durchgeführt haben. Bestehende Produkte und Services wurden in dieser Gruppe in 47 Prozent der Unternehmen angepasst. Ebenfalls 47 Prozent nutzen bereits digitale Kanäle für ihren Vertrieb und 44 Prozent haben Werbung über das Internet und Smart Devices umgesetzt. Dieser Trend bestä-

tigt sich auch für fast alle anderen Maßnahmen. Dieses Ergebnis steht im Kontrast zu den Geschäftsprozessen, bei denen eher die Großunternehmen im Zuge von Industrie 4.0 agiert und Anpassungen vorgenommen haben. Es lässt sich also nicht bestätigen, dass kleine Unternehmen generell flexibler reagieren und Anpassungen schneller durchführen. Potentiell haben sie aber eine größere Nähe zum Kunden, weswegen sie schneller auf Veränderungen des Kundenverhaltens reagieren könnten.

Für die restlichen Branchen ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede. Auch dort reagieren die Unternehmen am häufigsten mit einer Anpassung bisheriger Produkte und Services auf die zunehmende Internetnutzung, mit knapp 50 Prozent aber häufiger als die Industrieunternehmen. Neue Produkte und Services sowie die Analyse von Kundendaten wurden auch in etwa einem Drittel der Fälle aufgeführt. Werbung über das Internet und Smart Devices wird mit 42 Prozent häufiger durchgeführt als in Industrieunternehmen. Bei diesen Branchen gibt es keine eindeutige Tendenz, dass kleinere Unternehmen häufiger bereits Maßnahmen umgesetzt haben. Einige Maßnahmen werden häufiger von großen Unternehmen und andere häufiger von kleinen Unternehmen genannt.

Tabelle 11. Nutzung digitaler Medien für den Geschäftsbetrieb in der Industrie, unterteilt nach Größenklassen, in Prozent der jeweiligen Klassengröße

	0-9	10-249	250 und mehr	Gesamt
Unternehmenseigener Internetauftritt (Homepage)	94%	98%	98%	97%
Social Media	39%	32%	49%	40%
Unternehmenseigene App	3%	5%	18%	9%
Online-Shop	39%	9%	29%	25%
Keine	3%	5%	2%	3%
Sonstige	11%	7%	2%	6%
Keine Angabe	3%	0%	0%	1%

*Insgesamt 125 antwortende Unternehmen, Mehrfachantworten möglich

Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Bezüglich der Nutzung digitaler Medien in der Industrie, dargestellt in Tabelle 11, lässt sich feststellen, dass mit 97 Prozent der Unternehmen fast jeder Industriebetrieb in Hamburg über einen eigenen Internetauftritt in Form einer Homepage verfügt. 40 Prozent der Unternehmen geben an, Social Media für ihren Geschäftsbetrieb zu nutzen. Einen Online Shop nutzt ein Viertel der Unternehmen. Eigene Apps werden jedoch bisher nur selten, in 9 Prozent der Industrieunternehmen, eingesetzt. Nur 3 Prozent gaben an, keine digitalen Medien zu nutzen. Damit zeigt sich, dass zumindest die etablierten digitalen Medien sehr stark vertreten sind. In der Regel nutzen Großunternehmen am häufigsten digitale Medien, insbesondere Social Media und unternehmenseigene Apps. Nur bei den Online-Shops und Sonstigen überwiegen die

Nennungen bei den kleinen Unternehmen. Auffällig ist, dass mittelgroße Unternehmen oft die niedrigste Häufigkeit aufweisen.

Bei Unternehmen anderer Branchen zeichnet sich ein ähnliches Bild. Dort wird Social Media, insbesondere bei Großunternehmen mit 74 Prozent, aber deutlich häufiger eingesetzt. Online-Shops kommen ebenfalls bei einem Viertel der Unternehmen zum Einsatz, eine eigene Homepage ist Standard. Über unternehmenseigene Apps verfügen 13 Prozent der befragten Unternehmen. Erwartungsgemäß bestehen branchenspezifische Unterschiede. So nutzt die Informations- und Kommunikationsbranche am häufigsten von allen Branchen Social Media (69 Prozent) und eigene Apps (19 Prozent), während der Handel die häufigste Anzahl von Online Shops (54 Prozent) aufweist. Ebenfalls wenig überraschend nutzen besonders Großunternehmen häufiger Social Media, eigene Apps und (anders als in der Industrie) auch Online Shops.

Auf die Frage, wer der maßgebliche Treiber der Digitalisierung ist, antworten die Hamburger Unternehmen eindeutig, dass Vorstand und Geschäftsführung die Digitalisierung in ihrem Unternehmen anschieben. Wie in Tabelle 12 für die Industrie zu sehen, werden Vorstand und die Geschäftsführung von 55 Prozent der Unternehmen als maßgeblicher Treiber erachtet. Dahinter folgen mit deutlichem Abstand das mittlere Management mit 20 Prozent und der Kunde mit 12 Prozent. Da die mittlere Führungsebene in kleinen Unternehmen in der Regel nicht vorhanden sein dürfte, steigt die Bedeutung des mittleren Managements als Treiber mit zunehmender Unternehmensgröße erwartungsgemäß an. Daraus lässt sich schließen, dass die Digitalisierung in der Industrie bisher hauptsächlich top-down als „Zukunftsstrategie“ Beachtung findet und (noch) nicht von der Marktsituation, also zum Beispiel von Kunden, Wettbewerbern oder kooperierenden Unternehmen, gefordert wird. Somit findet auch die anfänglich aufgestellte Hypothese, Großunternehmen könnten durch ihren Einfluss kleinere Unternehmen zur Digitalisierung antreiben, derzeit keine Bestätigung, denn gerade KMU geben bisher nie kooperierende und fast nie konkurrierende Unternehmen als Treiber an. Allerdings ist damit zu rechnen, dass der „externe“ Digitalisierungsdruck durch den Markt im Zug einer flächendeckenden Vernetzung der Wertschöpfungsketten zunehmen wird.

Für die übrigen Branchen gilt ähnliches. Dort ist die Bedeutung des Vorstands und der Geschäftsführung als Treiber, gerade in kleinen Unternehmen, noch höher als in der Industrie. Das mittlere Management liegt mit 10 Prozent knapp hinter dem Kunden, den 11 Prozent der Unternehmen als Treiber für die Digitalisierung angeben.

Tabelle 12. Treiber der Digitalisierung von Unternehmen der Industrie, unterteilt nach Größenklassen, in Prozent der jeweiligen Klassengröße

	0-9	10-249	250 und mehr	Gesamt
Vorstand/Geschäftsführer	58%	61%	47%	55%
Mittleres Management	8%	20%	29%	20%
Sonstige Mitarbeiter	6%	2%	0%	2%
Kunde	14%	11%	11%	12%
Wettbewerber	0%	2%	4%	2%
Kooperierende Unternehmen	0%	0%	2%	1%
Sonstige	8%	0%	4%	4%
Keine Angabe	6%	2%	2%	3%

*Insgesamt 125 antwortende Unternehmen

Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Insgesamt wird deutlich, dass das Thema der Digitalisierung in den meisten Unternehmen in Hamburg angekommen ist. Meistens wird sie auf Ebene der Unternehmensführung vorangetrieben. Allerdings zeigen sich noch Unterschiede im Umsetzungsgrad. Vor allem große Unternehmen nehmen eine Vorreiterrolle ein, wenn es darum geht, Produktionsprozesse zu digitalisieren. Was die Nutzung von digitalen Medien für Vertrieb und Verbreitung von Informationen angeht, sind jedoch kaum Unterschiede zwischen KMU und großen Industrieunternehmen festzustellen. Die Nutzung von digitalen Kanälen bietet eine Möglichkeit, viele potenzielle Kunden und sonstige Marktteilnehmer mit vergleichsweise geringen Transaktionskosten zu erreichen. Hierdurch eröffnen sich besonders für KMU Möglichkeiten, ihr Geschäftsfeld zu erweitern. So nutzen insbesondere kleine Unternehmen den Vertrieb über einen Onlineshop. Auf diesem Weg können Produkte mit geringem Aufwand quasi weltweit angeboten werden.

4.3 | Innovation, Hemmnisse und Qualifizierungsbedarf

Die Investitionen der Industrie in die Digitalisierung werden in den nächsten Jahren ansteigen. Tabelle 13 zeigt die Antworten für die Hamburger Industrieunternehmen. Ein Drittel der Unternehmen wird seine Investitionen erheblich steigern, die Hälfte immerhin geringfügig. Insgesamt planen 84 Prozent der Industrieunternehmen erhöhte Investitionen. 13 Prozent werden ihre Investitionsausgaben in die Digitalisierung nicht verändern und nur 2 Prozent der Unternehmen plant eine Reduzierung. Damit scheinen die Unternehmen der Industrie eindeutig einen Investitionsbedarf in die weitere Digitalisierung zu sehen. Die Befragung des DIHK (2014) für Gesamtdeutschland ergab, dass die Unternehmen dort mit 82 Prozent genauso häufig einen gesteigerten Investitionsbedarf sehen.

Bezüglich der Größenklassen lassen sich keine konkreten Relationen zu den Investitionsveränderungen beobachten. Großunternehmen steigern ihre Investitionen am häufigsten erheblich, während besonders viele KMU geringfügige Steigerungen angeben. Letztere steigern mit insgesamt 89 Prozent ihre Investitionen generell am häufigsten. Die relativen Häufigkeiten zwischen großen und kleinen Unternehmen unterscheiden sich kaum. Da allerdings nur nach Veränderungen gefragt wird, lassen sich keine Rückschlüsse auf die absoluten Ausgaben und die Relevanz ziehen. Mittelgroße Unternehmen könnten aufgrund von bisher verhältnismäßig niedrigeren Ausgaben und Aufholeffekten oder einem generell höher wahrgenommenen Investitionsbedarf in die Digitalisierung ihre Ausgaben am häufigsten steigern. Ebenso bleibt unklar, ob die Mehrheit der Unternehmen die Ausgaben aufgrund von nicht genügend verfügbarer Mittel nur geringfügig erhöht oder keinen höheren Investitionsbedarf sieht.

Tabelle 13. Steigerung der Investitionen in die Digitalisierung von Produktions- und Geschäftsprozessen in der Industrie, unterteilt nach Größenklassen, in Prozent der jeweiligen Klassengröße

	0-9	10-249	250 und mehr	Gesamt
Ja, erheblich	33%	27%	36%	32%
Ja, aber nur geringfügig	47%	61%	47%	52%
Nein	17%	7%	16%	13%
Im Gegenteil, wir werden reduzieren	3%	3%	0%	2%
Keine Angabe	0%	2%	1%	1%

*Insgesamt 125 antwortende Unternehmen

Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Die Unterschiede nach Branchen fallen nur sehr gering aus. Das Aggregat der übrigen Branchen weist fast dieselben Werte und Verhältnisse auf, wie die Industrie. Im Bereich Handel steigert der größte Anteil von Unternehmen seine Investitionsausgaben insgesamt (90 Prozent), die Unternehmen der Informations- und Kommunikationsbranche verstärken ihre Investitionen in die Digitalisierung aber häufiger erheblich als Unternehmen anderer Branchen (in 45 Prozent der Fälle).

Die Hamburger Unternehmen wurden auch nach Hemmnissen, die es ihnen erschweren, sich auf die Digitalisierung einzustellen, gefragt. Die Antworten, dargestellt in Tabelle 14, zeigen dass für die Industrie die IT-Sicherheit mit 64 Prozent das am häufigsten genannte Hemmnis darstellt, gefolgt von rechtlichen Unsicherheiten mit 54 Prozent. Dies gilt auch für die Unternehmen der übrigen Branchen, allerdings fallen die Nennungen mit 48 Prozent und 47 Prozent niedriger aus. Im gesamtdeutschen Vergleich gaben die Unternehmen bei der DIHK-Umfrage ebenfalls die Anforderungen an die IT-Sicherheit mit 59 Prozent als das am weitesten verbreitete Hemmnis an

(DIHK 2014). Auch für alle anderen Hemmnisse zeigt die Hamburger Umfrage, dass die Industrieunternehmen diese relativ häufiger angeben als übrige Branchen. Besonders groß ist der Unterschied dabei bei dem technischen Hemmnis von fehlenden Standards und Schnittstellen, das für fast jedes zweite Industrieunternehmen (48 Prozent), aber nur für 28 Prozent der übrigen Unternehmen eine Rolle spielt. Der häufig viel diskutierte nicht ausreichende Breitbandanschluss wird von vergleichsweise wenig Unternehmen angegeben. In Bezug auf den eigenen Anschluss sollte dies in Hamburg aufgrund der bestehenden Netzinfrastruktur auch ein vergleichsweise geringeres Problem als in anderen Regionen Deutschlands darstellen. Allerdings könnte der Ausbau des Breitbandes in der Fläche auch für Hamburger Unternehmen eine Rolle spielen, wenn es um die Vernetzung mit Zulieferern oder Kunden in anderen Regionen geht. 18 Prozent der Industrieunternehmen sehen keine Hemmnisse.

Die Klassifizierung nach Größenklassen, ebenfalls dargestellt in Tabelle 14, bestätigt nicht, dass kleine oder mittelständische Industrieunternehmen generell mehr Hemmnisse sehen, als Großunternehmen der Industrie. Auffällig ist nur, dass die unzureichende Kompetenz der Mitarbeiter als Hemmnis mit der Größe des Unternehmens deutlich an Bedeutung gewinnt. Dieser Trend bestätigt sich auch für den Fall einer Aufteilung nach Größenklassen in den übrigen Branchen.

Tabelle 14. Digitalisierungs-Hemmnisse in der Industrie, unterteilt nach Größenklassen, in Prozent der jeweiligen Klassengröße

	Übrige Dienstleistungen	Industrie			Gesamt
		0-9	10-249	250 und mehr	
Keine Hemmnisse	30%	19%	25%	11%	18%
Hohe Innovationskosten	30%	36%	45%	36%	39%
Unzureichende Kompetenz der Mitarbeiter	29%	28%	43%	53%	42%
Nicht ausreichender Breitbandanschluss	19%	31%	25%	18%	24%
Anforderungen an IT-Sicherheit	48%	69%	55%	69%	64%
Rechtliche Unsicherheiten	47%	61%	45%	58%	54%
Fehlende technische Standards und Schnittstellen	28%	47%	48%	49%	48%
Sonstiges	5%	6%	5%	7%	6%

*Insgesamt 701 antwortende Unternehmen, Mehrfachantworten möglich

Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

Um die sich im Zuge der Digitalisierung verändernden Anforderungen an die Mitarbeiter genauer zu analysieren, wurden die Unternehmen nach dem Qualifizierungsbedarf der Mitarbeiter gefragt. Tabelle 15 zeigt die Antworten für die Industrie. Dort wird fast jeder der vorgeschlagenen Bereiche von mindestens der Hälfte der Unter-

nehmen genannt. Keinen weiteren Qualifizierungsbedarf sehen dagegen nur 6 Prozent der Unternehmen. Am häufigsten genannt wird der Umgang mit spezifischen IT-Systemen und Anwendungen, insbesondere mobilen Anwendungen (62 Prozent) und fast gleichauf die IT-Sicherheit (61 Prozent). Es ist eindeutig, dass die steigende Komplexität im IT-Bereich somit zur größten Herausforderung für die Industrie wird, die Unternehmen und ihre Mitarbeiter bewältigen müssen. Hier besteht ein großer Bedarf an Qualifikation und Weiterbildung. Viele Industrieunternehmen sehen darüber hinaus auch Qualifizierungsbedarf in den Bereichen Prozess-Knowhow und Datenschutz. Auffällig ist, dass fast nur kleine Unternehmen keinen Qualifizierungsbedarf sehen. Kein einziges Großunternehmen der Industrie ist der Meinung, dass kein Bedarf besteht.

Tabelle 15. Qualifizierungsbedarf der Mitarbeiter durch Industrie 4.0 in der Industrie

	0-9	10-249	250 und mehr	Gesamt
Keinen	19%	2%	0%	6%
Prozess-Knowhow und -Gestaltung	36%	64%	53%	52%
IT-Sicherheit	53%	66%	64%	61%
Datenschutz	42%	57%	53%	51%
eCommerce, Online-Marketing, Kundenbeziehungsmanagement	47%	45%	38%	43%
Social Media	25%	25%	29%	26%
Umgang mit spezifischen IT-Systemen und -Anwendungen, insbes. mobilen Anwendungen	50%	64%	73%	63%
Sonstige	6%	0%	2%	2%
Keine Angabe	3%	0%	0%	1%

*Insgesamt 125 antwortende Unternehmen, Mehrfachantworten möglich

Quelle: Unternehmensbefragung der HK HH (2015); HWWI.

In den übrigen Branchen wird tendenziell seltener Qualifizierungsbedarf gesehen. Hier ist die IT-Sicherheit mit 53 Prozent der häufigste genannte Bereich, gefolgt vom Umgang mit spezifischen IT-Systemen und Anwendungen mit 48 Prozent. Immerhin 15 Prozent sehen gar keinen Bedarf. In der DIHK-Umfrage für Gesamtdeutschland wurde ebenfalls am häufigsten der Bereich IT-Sicherheit genannt, 61 Prozent sehen dort Qualifizierungsbedarf (DIHK 2014).

Insgesamt zeigt sich also, dass die Hamburger Unternehmen im Zuge der Digitalisierung eindeutig mit Investitionssteigerungen reagieren, um sich anzupassen. Bei der Umsetzung der Digitalisierung sehen sich die Unternehmen aber in etwa zwei Dritteln der Fälle durch ein oder mehrere Hemmnisse eingeschränkt. Besonders deutlich wahrgenommen werden die Hemmnisse, und das nicht nur die technischer Natur, in der

Industrie. Die mangelnde IT-Sicherheit spielt dabei die zurzeit relevanteste Rolle. Besonders größere Unternehmen sehen auch das Problem mangelnder Kompetenzen ihrer Beschäftigten in für die Zukunft relevanten Bereichen. Daraus ergibt sich ein erheblicher Qualifizierungsbedarf, gerade im Bereich der IT-Sicherheit, der somit insgesamt zum „Schlüsselproblem“ für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 werden könnte.

5 | Fazit

Industrie 4.0 birgt nicht nur Chancen, sondern auch Risiken. Nicht alle Unternehmen, Branchen oder Standorte werden zwangsläufig als Gewinner hervorgehen. Am größten jedoch wäre das Risiko, nicht zu den Gewinnern zu gehören, wenn die Entwicklung im Zuge von Industrie 4.0 aufgrund von Passivität oder Untätigkeit verpasst würde. Eine internationale Vorreiterstellung wäre dagegen mit großen Chancen verbunden, nicht nur als Nutzer der mit Industrie 4.0 assoziierten Technologien zu profitieren, sondern gleichzeitig entstehende Absatzpotenziale als Anbieter neuer Produkte und Dienstleistungen zu nutzen. Am Standort Hamburg bestehen bereits gute strukturelle Voraussetzungen, die ein Gelingen des Transformationsprozesses begünstigen könnten. Beispielsweise bilden die Spezialisierung auf wissensintensive Industrien und Dienstleistungen, das vergleichsweise hohe Qualifikationsniveau und die relativ günstige demografische Entwicklung eine gute Grundlage dafür, sich an kommende Änderungen anzupassen und entstehende Potenziale zu nutzen. Dabei könnte dem Standort auch zugutekommen, dass die Verflechtungen von Industrie und Dienstleistung bereits stark ausgeprägt sind. Dies könnte Hamburger Unternehmen die digitale Vernetzung untereinander erleichtern und bietet Chancen, industriebezogene Dienstleistungen und hybride Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln. Für eine erfolgreiche Umsetzung müssen allerdings auch in Hamburg noch einige Herausforderungen gemeistert werden. Neben technischen und rechtlichen Fragestellungen gilt es auch neue Anforderungen an die Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten am Standort sowie spezifische Herausforderungen für den Mittelstand zu berücksichtigen. Hierzu müssen nicht nur die Unternehmer, sondern auch die Gesellschaft, die Belegschaften und ihre jeweiligen Vertreter (Politik, Gewerkschaften) mitgenommen werden. Eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 ist nur möglich, wenn diese von möglichst vielen Seiten mitgetragen wird.

Die Digitalisierung wird indes nicht nur betriebsinterne Produktionsprozesse verändern. Gerade die Vernetzung von Prozessen über Wertschöpfungsstufen hinweg wird deutlich zunehmen, um an den Schnittstellen Synergien und Effizienzgewinne zu realisieren. Aufgrund der positiven Netzwerkeffekte von Industrie 4.0 ergibt sich die Rentabilität von Investitionen unter Umständen nur dann, wenn ausreichend viele Markt-

teilnehmer an der Entwicklung teilnehmen. Die Nicht-Berücksichtigung von zukünftigen Netzwerkeffekten in betriebswirtschaftlichen Entscheidungsprozessen könnte zu suboptimalen (betriebs- und volkswirtschaftlichen) Investitionsentscheidungen führen. Hierin könnte eine Rechtfertigung für wirtschaftspolitische Maßnahmen liegen. Nahe liegend wären Programme im Rahmen der Innovations- und Mittelstandsförderung.

Die digitale Vernetzung wird vermehrt zu vertikaler Integration, also zum Zusammenschluss von Unternehmen entlang von Wertschöpfungsketten, führen. Gleichzeitig wird die Nutzung von riesigen Datenmengen (Big Data) neue Algorithmen hervorbringen, die Geschäftsmodelle und Branchengrenzen völlig neu definieren werden. Gerade die mittelständisch geprägte Hamburger Wirtschaft muss für die digitale Transformation der Industrie gewappnet sein, denn die alten Wettbewerbsvorteile der Automatisierung in der Industrie 3.0 verlieren mehr und mehr an Bedeutung und die Vernetzung der Prozesse und somit die Zusammensetzung und die Organisation der globalen Wertschöpfungsketten erfolgt völlig neu. Eine Umstellung der Produktionsprozesse ist teilweise mit erheblichen Investitionskosten verbunden. Insbesondere für mittelständische Unternehmen können neben Finanzierungsfragen auch fehlendes Know-How und die Deckung des Bedarfs von spezifischen Fachkräften ein großes Umsetzungshemmnis darstellen.

Die Digitalisierung hat eine virtuelle Überholspur für bislang neue oder bisher branchenfremde Wettbewerber geschaffen. Google oder Apple haben zwar noch nie serienreife Autos produziert, könnten aber schon bald die Technologie selbstfahrender Autos dominieren, weil sie den Umgang mit massenhaften Daten und deren effizienzsteigernde Vernetzung verstehen. Kurzum: Der Wettbewerb in der Industrie wird sich nicht erst, sondern hat sich virtuell schon fundamental verändert - und mit ihm die Wettbewerbs- und Standortfaktoren.

Eine technologische Revolution, die gerade in der umfassenden Vernetzung von Prozessen über Daten und Informationen besteht, kann kaum durch partielle Anpassung stattfinden. Wer nicht die Voraussetzungen geschaffen hat, um an der digitalen Transformation teilzunehmen, wird ausgetauscht werden, weil er nicht mehr "kompatibel" mit dieser neuen Welt ist. Daher ist vielmehr ein systemischer Ansatz notwendig und folglich eine Investitionsstrategie für den Standort insgesamt. Diese Strategie umfasst verschiedene Handlungsfelder, wie die digitale Infrastruktur, aber auch Fragen der Datensicherheit und neuer Industriestandards. Gerade in Zeiten disruptiver Innovationen kann ein zu frühes ebenso wie ein zu spätes Handeln fatal sein. Dieses Zeitfenster wird immer kleiner, weil neue Anbieter leichter in den Markt eintreten und schnell an Bedeutung gewinnen können. So sind die Bereitschaft und die Aufmerksamkeit für Veränderungen der Märkte und des Wettbewerbs durch die Digitalisierung entscheidend. Ökonomische, technische und rechtliche Beratung und Begleitung

der digitalen Transformation der Wirtschaft sind daher für den Hamburger Standort Industrie 4.0 wichtig.

In Hamburg gibt es verschiedene industrielle Schwerpunkte und Cluster, die von Digitalisierung in besonderer, aber zum Teil sehr unterschiedlicher Weise betroffen sein werden. Robotik, Sensorik, Big Data und künstliche Intelligenz werden mit unterschiedlicher Tiefe, Breite und Geschwindigkeit in einzelne Bereiche Einzug halten und zu unterschiedlichen Veränderungen der Märkte und des Wettbewerbs führen. So wird der Bereich Smart Port und Logistik 4.0 sich ganz anders wandeln als etwa die Luftfahrt 4.0. Hybride Geschäftsmodelle aus Produktion und Dienstleistungen können stark an Bedeutung gewinnen. Sie stellen damit insbesondere die Industrie vor große Veränderungen bezüglich ihrer klassischen Wertschöpfung durch „reine“ Güterproduktion. Eine mögliche Stärke Hamburgs könnte in der bereits engen Verknüpfung von Industrie und spezifischen Dienstleistungen liegen. Insbesondere in der Verflechtung von Industrieproduktion mit den Bereichen Großhandel und Logistik könnte Hamburg eine Vorreiterrolle einnehmen. Dabei kann auch die in Hamburg stark vertretende IKT-Branche eine Rolle spielen.

Entscheidend für den Industriestandort Hamburg wird sein, wie man den technologischen Möglichkeiten, die heute niemand komplett absehen kann, begegnet. Zwar ist das Thema Industrie 4.0 mittlerweile in fast allen Industrieunternehmen in Hamburg auf der Agenda. Nahezu jedes befragte Unternehmen beantwortet die Frage nach einem Einfluss der Digitalisierung auf ihr Unternehmen mit Ja! Die Komplexität des Themas ist aber so groß, dass das Ausmachen von konkreten Handlungsoptionen viele Unternehmer weiterhin vor Probleme stellen dürfte. Aus diesem Grund bedarf es weiterer Aufklärung und der Bereitstellung von Informationen.

Die Produktionstechnologie und der Ablauf von betrieblichen Produktionsprozessen lassen sich nicht von heute auf morgen komplett umstellen. Um mögliche Potenziale auszuschöpfen, sind zunächst Investitionen notwendig, deren zukünftiger Ertrag mit großen Unsicherheiten behaftet ist. In einem ersten Schritt ist es bedeutsam, den Prozess der digitalen Transformation mit größter Aufmerksamkeit zu beobachten und anhand von Best-Practice-Beispielen zu verstehen und zu lernen. Gerade für den "Mittelstand"-Ort Hamburg bedeutet die Digitalisierung eine große Herausforderung, die mit entsprechender Strategie zur ebenso großen Chance werden kann. Die Stadt und die Metropolregion Hamburg selbst kann durch ihre eigene digitale Transformation, zum Beispiel im Bereich von Mobilität und Energieversorgung, ein entsprechendes Bewusstsein beim Bürger, dem Smart Citizen, und beim Unternehmer, dem Smart Entrepreneur, für die bevorstehende digitale Revolution schaffen und damit die Voraussetzungen für einen erfolgreichen Standort im Zeitalter der Industrie 4.0 schaffen.

Quellenverzeichnis

acatech (2012): agendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical-Systems, acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.

acatech (2015): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft, acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Abschlussbericht Smart Service Welt, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Autor, D. H.; Levy, F.; Murnane, R. J. (2003): The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration, in: The Quarterly Journal of Economics 118 (4): 1279-1333.

Berenberg und HWWI (2015): Strategie 2030 – Digitalökonomie, Strategie Nr. 21, Berenberg und Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut.

BITKOM (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Bundesverband Informationswirtschaft Telekommunikation und neue Medien e. V. (BITKOM) und Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO.

BITKOM, VDMA und ZVEI (2015): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 – Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0, Bundesverband Informationswirtschaft Telekommunikation und neue Medien e. V. (BITKOM), Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) und Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI).

BMBF (2013): Zukunftsbild Industrie 4.0, Bundesministerium für Bildung und Forschung.

BMWi (2015a): Industrie 4.0 – Volks- und Betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland, eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

BMWi (2015b): Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft - Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Bundesagentur für Arbeit (2015): Beschäftigungsstatistik, <http://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Startseite/Startseite-Nav.html>

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung BBSR (2015): Die Raumordnungsprognose 2035 nach dem Zensus. Bevölkerung, private Haushalte und Erwerbspersonen.

Christensen, Clayton M. (1997), *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*, Boston, Massachusetts, USA: Harvard Business School Press, ISBN 978-0-87584-585-2.

DB Research (2014): *Industrie 4.0 – Upgrade des Industriestandorts. Deutschland steht bevor*, Deutsche Bank Research, Aktuelle Themen – Branchen.

Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK) (2002): *Industrie- und Dienstleistungsstandort Deutschland: Zur Vernetzung von Industrie und Dienstleistungen – Ergebnisse einer Unternehmensbefragung durch die IHK-Organisation*, Berlin.

Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK) (2014): *Wirtschaft 4.0 – Große Chance, viel zu tun*, Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung, Berlin.

Duranton, G. und Puga, D. (2005): *From sectoral to functional urban specialisation*, in: *Journal of Urban Economics* 57 (2): 343-370.

Eurostat (2015): Eurostat Datenbank, <http://ec.europa.eu/eurostat/de/data/database>

Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft und acatech (2013): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*, Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft und acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V..

Frey, Carl Benedikt und Osborne, Michael A. (2013): *The future of Employment: How susceptible are Jobs to Computerisation?*, Oxford University, Oxford.

ING Diba (2015): *Die Roboter kommen - Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt*. Economic Research, 30. April 2015.

KfW (2012): *Innovationshemmnisse im Mittelstand*, Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), KfW Economic Research, Fokus Volkswirtschaft, Nr. 6.

KfW (2014): *KfW-Mittelstandspanel 2013: Wie Mittelständler ihre Innovationen finanzieren*, Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), KfW Economic Research, Fokus Volkswirtschaft, Nr. 50.

McKinsey & Company (2013): *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*, McKinsey Global Institute.

McKinsey & Company (2015): *Industry 4.0 - How to navigate digitization of the manufacturing sector*, McKinsey Digital.

Monopolkommission (2015): *Wettbewerbspolitik – Herausforderung digitale Märkte*, Sondergutachten 68, Bonn.

PWC (2014): *Industrie 4.0 - Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution*, Strategy& und PWC.

Rochet, J.-C.; Tirole, J. (2003): Platform Competition in Two-Sided Markets, in: Journal of the European Economic Association 1 (4), S. 990–1029.

Roland Berger (2014): Industry 4.0 – The new industrial revolution – How Europe will succeed, Roland Berger Strategy Consultants.

Roland Berger (2015): Die Digitale Transformation der Industrie – Was sie bedeutet. Wer gewinnt. Was jetzt zu tun ist. Roland Berger Strategy Consultants, Studie im Auftrag des Bundesverband der Deutschen Industrie e.V..

Rose (Kowalewski), J. (2013): Regionalization of National Input-Output-Tables: Empirical Evidence on the Use of the FLQ Formula, Regional Studies.

Schlitte, F. (2012): Local Human Capital, Segregation by Skill, and Skill-Specific Employment Growth, in: Papers in Regional Science, 91 (1), S. 85-107.

Schumpeter, J. (1912): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Berlin.

Statistisches Bundesamt (2015): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Fachserie 18 Reihe 2.