

Rammer, Christian

Research Report

Auf Künstliche Intelligenz kommt es an: Beitrag von KI zur Innovationsleistung und Performance der deutschen Wirtschaft

Provided in Cooperation with:

ZEW - Leibniz Centre for European Economic Research

Suggested Citation: Rammer, Christian (2020) : Auf Künstliche Intelligenz kommt es an: Beitrag von KI zur Innovationsleistung und Performance der deutschen Wirtschaft, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/230963>

Standard-Nutzungsbedingungen:

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

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

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

Terms of use:

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

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

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



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



DE.DIGITAL

Auf Künstliche Intelligenz kommt es an

*Beitrag von KI zur Innovationsleistung und Performance
der deutschen Wirtschaft*

[bmwi.de](https://www.bmwi.de)

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwi.de

Text und Redaktion

Dr. Christian Rammer (ZEW - Leibniz-Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung)

Stand

Dezember 2020

Gestaltung

ZEW Mannheim

Bildnachweis

majcot / Shutterstock

Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Referat Öffentlichkeitsarbeit
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
www.bmwi.de

Zentraler Bestellservice:

Telefon: 030 182722721
Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Executive Summary | 6 |
| 1. Einleitung | 7 |
| 2. Datenbasis und Methode..... | 9 |
| 2.1 Messung der KI-Einsatzes in Unternehmen..... | 9 |
| 2.2 Beitrag von KI zu Innovation und Performance | 12 |
| 3. Gesamtwirtschaftlicher Beitrag von KI zu Innovation und Unternehmensperformance..... | 16 |
| 3.1 Einführung von Produkt- und Prozessinnovationen | 16 |
| 3.2 Direkte wirtschaftliche Erträge von Innovationen | 19 |
| 3.3 Wirtschaftliche Performance..... | 23 |
| 3.4 Beitrag von anderen Digitalisierungsaktivitäten | 25 |
| 4. Zur Rolle der Art des KI-Einsatzes..... | 28 |
| 4.1 KI-Verfahren und KI-Anwendungsgebiete..... | 28 |
| 4.2 Breite des KI-Einsatzes im Unternehmen | 30 |
| 4.3 KI-Entwicklung und KI-Einführungszeitpunkt..... | 32 |
| 5. Literatur | 35 |
| 6. Anhang..... | 36 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Frage zu KI in der Befragung 2019 des Mannheimer Innovationspanels..... | 9 |
| Abbildung 2: Anteil der Unternehmen mit KI-Einsatz in Deutschland 2019 nach Branchengruppen und Größenklassen..... | 11 |
| Abbildung 3: Grundstruktur des Modells zur Analyse der Rolle von KI für Innovation und Performance..... | 13 |
| Abbildung 4: Beitrag von KI zur Einführung von Innovationen durch KI einsetzende Unternehmen (Referenzjahr 2018)..... | 17 |
| Abbildung 5: Gesamtwirtschaftlicher Beitrag von KI zur Einführung von unterschiedlichen Arten von Produkt- und Prozessinnovationen in Deutschland 2018..... | 19 |
| Abbildung 6: Beitrag von KI zum direkten wirtschaftlichen Innovationserfolg von KI einsetzenden Unternehmen (Referenzjahr 2018)..... | 21 |
| Abbildung 7: Gesamtwirtschaftlicher Beitrag von KI zum direkten wirtschaftlichen Innovationserfolg von Unternehmen in Deutschland 2018..... | 22 |
| Abbildung 8: Beitrag von KI zu Wachstum und finanziellem Erfolg von KI einsetzenden Unternehmen..... | 24 |
| Abbildung 9: Gesamtwirtschaftlicher Beitrag von KI zu Wachstum und finanziellem Erfolg von Unternehmen in Deutschland 2018..... | 25 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Verbreitung des KI-Einsatzes in Unternehmen in Deutschland im Jahr 2019 | 10 |
| Tabelle 2: KI-Einsatz in Unternehmen in Deutschland im Jahr 2019 nach KI-Verfahren und Anwendungsgebieten | 12 |
| Tabelle 3: Berechnung des gesamtwirtschaftlichen Beitrags von KI zu Innovationen am Beispiel Anzahl Unternehmen mit Weltmarktneuheiten | 18 |
| Tabelle 4: Höhe des Innovationsumsatzes der deutschen Wirtschaft im Jahr 2018, der auf den Einsatz von KI zurückgeführt werden kann..... | 22 |
| Tabelle 5: Beitrag von Digitalisierungsaktivitäten zu Innovation und wirtschaftlicher Performance | 27 |
| Tabelle 6: Beitrag von KI-Verfahren und Anwendungsgebieten zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance | 29 |
| Tabelle 7: Beitrag der Breite des KI-Einsatzes zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance..... | 31 |
| Tabelle 8: Beitrag der Entwicklung von KI-Verfahren des Ersteinführungsjahrs von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance..... | 33 |
| Tabelle 9: Definition und deskriptive Statistik der Modellvariablen | 36 |

Executive Summary

Die Studie untersucht, welchen Beitrag der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) in Unternehmen zur Innovationsleistung und der wirtschaftlichen Performance der deutschen Wirtschaft leistet. Auf Basis von Daten der Deutschen Innovationserhebung wird der gesamtwirtschaftliche Beitrag von KI ermittelt:

- Obwohl nur ein kleiner Anteil der Unternehmen (ca. 6 Prozent) KI einsetzt, zeigen sich erhebliche Beiträge von KI zur Innovationsleistung der deutschen Wirtschaft. Unternehmen, die KI einsetzen, sind eher in der Lage, anspruchsvolle Innovationen mit einem hohen Neuheitsgrad hervorzubringen. So liegt durch die Nutzung von KI die Anzahl der Unternehmen in Deutschland mit Weltmarktneuheiten um knapp 4 Prozent höher.
- Durch den Einsatz von KI erzielte die deutsche Wirtschaft im Jahr 2018 einen Umsatz mit Marktneuheiten von 11 Mrd. Euro, darunter 7,6 Mrd. Euro mit Weltmarktneuheiten. 9 Prozent des gesamten Umsatzes, den die deutsche Wirtschaft mit Weltmarktneuheiten erzielt hat, können auf den Einsatz von KI zurückgeführt werden.
- Die Nutzung von KI hat deutlich positive Auswirkungen auf die Rendite der Unternehmen. 2018 lag die Umsatzrendite in Unternehmen, die KI einsetzen, aufgrund des KI-Einsatzes um 1,3 Prozentpunkte höher, d.h. statt 5,1 Prozent Umsatzrendite erzielten diese Unternehmen Dank der Nutzung von KI eine Rendite von 6,4 Prozent. Die höheren Umsätze mit Marktneuheiten (und insbesondere Weltmarktneuheiten) verschaffen den KI einsetzenden Unternehmen somit Wettbewerbsvorteile, die in höhere Renditen umgesetzt werden können.
- Allerdings zeigt sich kein Umsatzanstieg in Folge des KI-Einsatzes, d.h. der Umsatz mit KI-basierten Innovationen ersetzt Umsätze, die zuvor mit Produkten ohne KI-Einsatz erzielt wurden.
- Gleichzeitig führt KI zu einem merklichen Aufbau von Beschäftigung (zusätzliche ca. 48.000 Stellen in der deutschen Wirtschaft insgesamt, insbesondere in KMU und mittelgroßen Unternehmen). Vermutlich ist für die Umsetzung von KI-Ansätzen die Einstellung neuer Spezialisten notwendig.
- Der Einsatz von KI führt aber nicht zu einer höheren Produktivität in den KI einsetzenden Unternehmen. Dies kann daran liegen, dass am Beginn des Einsatzes von neuen KI-Anwendungen Abläufe sich erst neu einspielen müssen und noch nicht optimiert sind.

Die stärksten Beiträge zu Innovationen gehen von KI-Verfahren im Bereich Bilderkennung sowie von KI-Anwendungen zur Automatisierung von Prozessen aus. Außerdem erzielen Unternehmen, die KI relativ breit nutzen (d.h. unterschiedliche KI-Verfahren in unterschiedlichen Anwendungsgebieten einsetzen), tendenziell höhere Innovationsergebnisse. Demgegenüber sind die Innovationsergebnisse weniger stark in Unternehmen, die KI-Verfahren vor allem selbst entwickelt haben. Höhere Innovationserfolge werden tendenziell von jenen Unternehmen erzielt, die KI schon etwas länger einsetzen.

1. Einleitung

Die Digitalisierung ist heute der zentrale Treiber für Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Durch die digitale Vernetzung von Produkten und Dienstleistungen, Produktions- und Vertriebssystemen sowie von Prozessen innerhalb von Unternehmen und zwischen Unternehmen entstehen vielfältige Möglichkeiten, um die Leistungsfähigkeit und den Nutzen von Angeboten, Verfahren und Abläufen zu erhöhen und neue Lösungen zu entwickeln (vgl. Seifert et al. 2018).

Ein zentraler Ansatzpunkt dabei ist die umfassende und intelligente Nutzung der Daten, die im Zuge der Digitalisierung von Produkten und Prozessen erschlossen werden können. Angesichts der exponentiell steigenden Datenmengen und der sehr unterschiedlichen Datentypen (inkl. unstrukturierter Daten) kommen die traditionellen Verfahren der Datenanalyse, bei denen die Daten über jeweils spezifisch dafür entwickelte Analyseprozeduren ausgewertet werden, rasch an ihre Grenzen. Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) eröffnen hier durch ihre Lern- und Adaptionfähigkeit völlig neue Perspektiven. Die Innovationsmöglichkeiten von KI betreffen unterschiedliche Innovationsfelder:

- In der Produktion und Logistik erlaubt KI eine intelligente Automatisierung von Prozessen, wie z.B. lernende Systeme, vorausschauende Instandhaltung von Anlagen oder neue Formen von Mensch-Maschine-Interaktionen in der Fertigung.
- Im Bereich von Geschäftsprozessen kann die umfassende Analyse vorhandener Daten zusammen mit der systematischen Erschließung von Datenquellen eine Vielzahl von Innovationen ermöglichen, die von einem effektiveren Marketing bis zur Steigerung der Effizienz interner administrativer Abläufe reichen.
- Möglichkeiten für Verfahrensinnovationen durch KI ergeben sich auch im Bereich Forschung und Entwicklung (FuE) und der Hervorbringung von Innovationen. Die Nutzung von KI-Methoden kann z.B. FuE-Prozesse erheblich beschleunigen (Cockburn et al. 2018).
- In Bezug auf Produktinnovationen erlaubt KI die Entwicklung von intelligenten Produkten und Dienstleistungen, die z.B. über die Analyse von Echtzeit-Nutzungsdaten zusätzliche Leistungsmerkmale und zusätzlichen Kundennutzen versprechen (z.B. individualisierte Angebote), aber auch völlig neue Produktfeatures ermöglichen (z.B. Fahrassistenten und autonomes Fahren).
- Schließlich können mit Hilfe von KI-Anwendungen gänzlich neue Geschäftsmodelle hervorgebracht werden (vgl. Lee et al. 2019), insbesondere im Bereich von Plattformmärkten.

Allerdings geht die Nutzung von KI auch mit zahlreichen Herausforderungen und Hürden einher. Neben der Schaffung der technischen Voraussetzungen und Datenvoraussetzungen ist es notwendig, die KI-Ansätze in bestehende Systeme und Strukturen im Unternehmen zu integrieren und Verantwortlichkeiten und Abläufe z.T. neu zu organisieren. Dabei sind häufig neue Kompetenzen nötig, die die Einstellung neuer Mitarbeiter oder das Eingehen neuer Kooperationen erfordern. Der Markterfolg von KI-basierten Produkten und Dienstleistungen hängt stark von der Akzeptanz der neuen Methoden durch die Kunden und deren Vertrauen in KI-basierte Lösungen ab. Schließlich kommen auch gesetzliche, regulatorische und ethische Anforderungen hinzu (Datenschutz, Datensicherheit, rechtliche Verantwortung bei Entscheidungen, die von IT-Systemen gefällt werden, Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen), die die Nutzung von KI für Innovationen erschweren können.

Der Einsatz von KI ist somit keinesfalls ein Erfolgsgarant im Innovationsprozess. Hohe Entwicklungskosten gehen häufig mit einem nicht unbeträchtlichem technologischen Risiko (Machbarkeit der KI-Anwendung) und einer unsicheren Marktakzeptanz einher. In dieser Studie wird zum einen untersucht, ob und in welchem Ausmaß der Einsatz von KI in Unternehmen zu positiven Innovationsergebnissen führt und welche KI-Ansätze dabei besonders erfolgversprechend sind. Zum anderen wird analysiert, ob KI einsetzende Unternehmen einen höheren wirtschaftlichen Erfolg in Bezug auf Wachstum und Rendite aufweisen.

Datengrundlage der Studie ist die Deutsche Innovationserhebung (Mannheimer Innovationspanel - MIP) des Jahres 2019. Neben zahlreichen Indikatoren zur Innovationstätigkeit und der wirtschaftlichen Performance der Unternehmen enthielt die Erhebung auch eine Frage zum Einsatz von KI. Mit Hilfe von multivariaten statistischen Verfahren wird der Zusammenhang zwischen KI, Innovation und Marktperformance der Unternehmen untersucht.

2. Datenbasis und Methode

2.1 Messung der KI-Einsatzes in Unternehmen

Die Untersuchung nutzt Unternehmensdaten, die im Rahmen des Mannheimer Innovationspanels (MIP) im Jahr 2019 erhoben wurden. Das MIP ist die Datengrundlage für die offizielle Innovationsstatistik in Deutschland und der deutsche Beitrag zur europäischen Innovationsstatistik, die vom Statistischen Amt der Europäischen Kommission herausgegeben wird. Die Erhebung folgt den konzeptionellen und methodischen Vorgaben der internationalen Innovationsstatistik, die im Oslo-Manual von OECD und Eurostat (2018) und der EU-Verordnung 995/2012 zur Innovationsstatistik niedergelegt sind.

Im Jahr 2019 wurde in die Erhebung eine Frage zum Einsatz von KI aufgenommen. Die Frage versuchte, in möglichst einfacher Form Basisindikatoren zur Nutzung von KI in Unternehmen der deutschen Wirtschaft zu erheben. Bei der Entwicklung der Indikatoren wurde insbesondere darauf geachtet, dass sie für alle Unternehmensgrößenklassen (von Kleinstunternehmen bis zu Konzernen) und alle Branchen (von der Hightech-Industrie bis zu Transport, Handel und arbeitsintensiven Dienstleistungen) relevant sind. Die hierfür verwendete Frage ist in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1: Frage zu KI in der Befragung 2019 des Mannheimer Innovationspanels

12.4 Nutzt Ihr Unternehmen Verfahren der künstlichen Intelligenz?
Künstliche Intelligenz: Technik der Informationsverarbeitung zur eigenständigen Lösung von Problemen durch Computer.

Ja 1 Nein 2 ▶ **Bitte weiter mit Frage 12.7.**

Anwendungsgebiete:

| Verfahren: | Produkte, Dienstleistungen | Automatisierung von Prozessen | Kundenkommunikation | Datenanalyse | Andere Bereiche |
|---|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Sprachverstehen..... | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| Bilderkennung..... | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| Maschinelles Lernen, maschinelles Beweisen..... | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| Wissensbasierte Systeme..... | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
| Sonstige: <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |

12.5 Wurden die Verfahren der künstlichen Intelligenz von Ihrem Unternehmen selbst oder von Dritten entwickelt?
 Vor allem selbst entwickelt..... 1 Vor allem von Dritten entwickelt..... 2 Sowohl als auch..... 3

12.6 Seit wann nutzt Ihr Unternehmen Verfahren der künstlichen Intelligenz?
 Jahr des erstmaligen Einsatzes von künstlicher Intelligenz in Ihrem Unternehmen (Schätzung genügt) ca.

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Die möglichen KI-Verfahren wurden in vier grobe Kategorien eingeteilt: Sprachverstehen (d.h. Verfahren zur Sprach- und Texterkennung und Textgenerierung, z.B. mit Hilfe von Natural Language Processing Technologien), Bilderkennung (z.B. auf Basis von Computer Vision Technologien), maschinelles Lernen (z.B. auf Basis von neuronalen Netzen) sowie wissensbasierte Systeme (u.a. über die Nutzung kognitiver Modellierung oder semantischer Technologien). Zusätzlich wurde den Unternehmen die Möglichkeit einer Textantwort gegeben, die später einer der vier Kategorien zugeordnet wurde. Die möglichen Anwendungsgebiete für KI wurden zu

fünf Kategorien zusammengefasst (Produkte/Dienstleistungen, Prozesse, Kundenkommunikation, Datenanalyse, andere Bereiche).

Die KI-Indikatoren stellen dabei Bestandsvariablen dar, insofern sie den Stand der KI-Nutzung zum Befragungszeitpunkt (Frühjahr/Sommer 2019) erfassen. Um eine zeitliche Dimension aufzunehmen, wurde auch nach dem Ersteinführungszeitpunkt von KI im Unternehmen gefragt. Außerdem wurde erfasst, ob die eingesetzte KI vor allem vom Unternehmen selbst, vor allem von Dritten oder sowohl vom Unternehmen selbst als auch von Dritten entwickelt wurde.

Von den Unternehmen im Berichtskreis der Innovationserhebung (Unternehmen ab 5 Beschäftigte in der Industrie und überwiegend unternehmensorientierten Dienstleistungen, insgesamt knapp 300.000 Unternehmen) gaben 5,8 Prozent (= ca. 17.500) an, dass sie im Jahr 2019 KI im Unternehmen eingesetzt haben (vgl. auch Rammer 2020). Dabei handelt es sich um den aktiven Einsatz von KI. Nicht eingeschlossen sind Formen der passiven KI-Nutzung, d.h. wenn z.B. ein Unternehmen Angebote Dritter (wie digitale Verkaufsplattformen) nutzt, die auf KI zurückgreifen. Der größere Teil setzte überwiegend extern entwickelte KI ein (3,5 Prozent aller Unternehmen), 0,9 Prozent griffen auf vor allem intern entwickelte KI zurück und 1,4 Prozent nutzten KI-Methoden, die sowohl intern als auch extern entwickelt wurden (Tabelle 1). Ein Fünftel der KI einsetzenden Unternehmen zählt zu den schon langjährigen Nutzern von KI (erstmaliger Einsatz vor 2011), während gut ein Viertel erst 2018 oder 2019 erstmals auf KI zurückgegriffen haben.

Tabelle 1: Verbreitung des KI-Einsatzes in Unternehmen in Deutschland im Jahr 2019

| | Anteil an allen Unternehmen* (%) |
|---|----------------------------------|
| Unternehmen mit KI-Einsatz | 5,8 |
| darunter: vor allem mit intern entwickelten KI-Verfahren | 0,9 |
| darunter: vor allem mit extern entwickelten KI-Verfahren | 3,5 |
| darunter: sowohl mit intern als auch mit extern entwickelten KI-Verfahren | 1,4 |
| darunter: erstmaliger KI-Einsatz vor 2011 | 1,2 |
| darunter: erstmaliger KI-Einsatz zwischen 2011 und 2015 | 1,1 |
| darunter: erstmaliger KI-Einsatz zwischen 2016 und 2017 | 1,9 |
| darunter: erstmaliger KI-Einsatz 2018 oder 2019 | 1,6 |

* Unternehmen mit 5 oder mehr Beschäftigten in der Industrie (WZ 5 bis 39) und in überwiegend unternehmensorientierten Dienstleistungen (WZ 46, 49-53, 58-66, 69, 70.2, 71-74, 78-82)

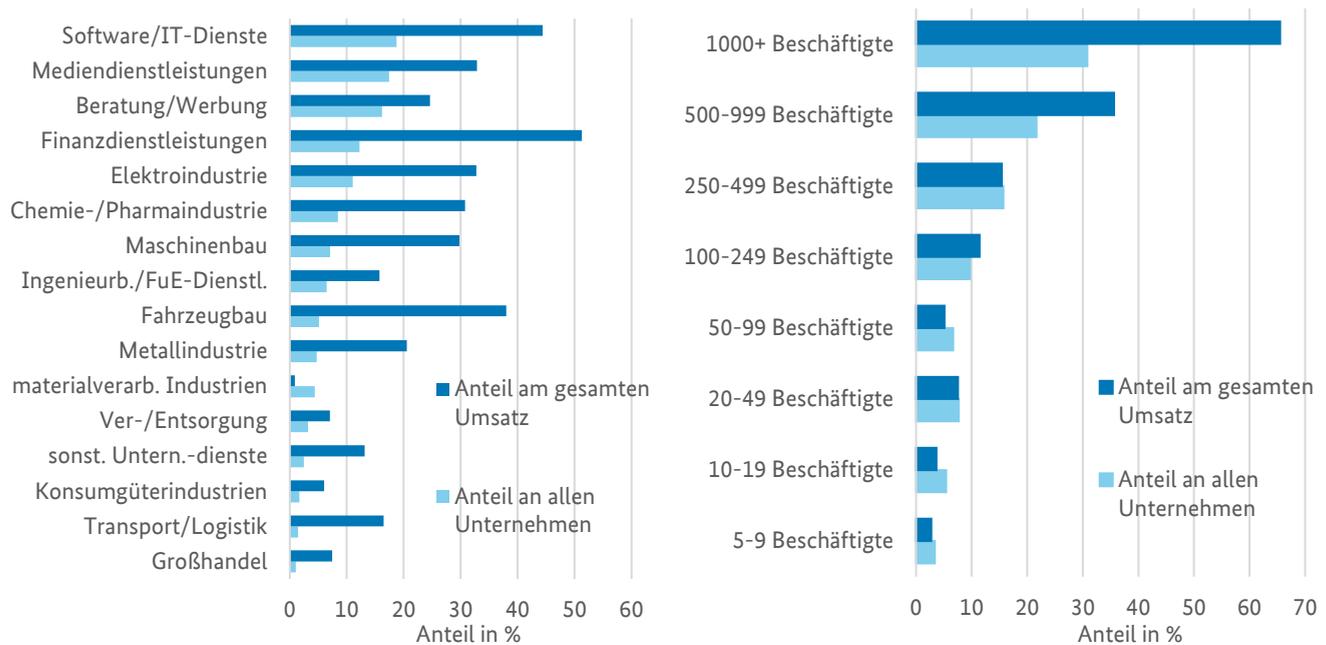
Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Wenngleich der Einsatz von KI unter den Unternehmen in Deutschland nicht sehr weit verbreitet ist, so ist der Anteil der KI einsetzenden Unternehmen an der gesamten Beschäftigung und dem gesamten Umsatz aller Unternehmen im Berichtskreis der Innovationserhebung sehr hoch. Er liegt in Bezug auf die Beschäftigung bei 19 Prozent (d.h. knapp 3,1 Mio. Beschäftigte in KI einsetzenden Unternehmen) und in Bezug auf den Umsatz bei 23 Prozent (d.h. knapp 1.250 Mrd. € Umsatz von KI einsetzenden Unternehmen).

Die höchsten Anteile von KI einsetzenden Unternehmen sind unter großen Unternehmen sowie im Bereich der wissensintensiven Dienstleistungen (Software/IT, Medien, Beratung/Werbung, Finanzdienste) zu finden (Abbildung 2). In der Industrie liegen die forschungsintensiven Branchen Elektro, Chemie/Pharma und Maschinenbau voran. Gemessen am Umsatz zeigt sich die höchste Verbreitung von KI einsetzenden Unternehmen

in den Finanzdienstleistungen, der Branche Software/IT-Dienstleistungen und dem Fahrzeugbau. Unter den Unternehmen mit 1.000 oder mehr Beschäftigten setzen umsatzgewichtet fast zwei Drittel der Unternehmen KI ein.

Abbildung 2: Anteil der Unternehmen mit KI-Einsatz in Deutschland 2019 nach Branchengruppen und Größenklassen



Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Der Einsatz von KI erstreckt sich über unterschiedliche KI-Verfahren und Anwendungsgebiete. Sowohl Verfahren des maschinellen Lernens als auch der Bilderkennung und wissensbasierter Systeme sind in etwa jedem zweiten KI nutzenden Unternehmen anzutreffen. Die häufigsten Anwendungsgebiete sind im Bereich Produkte/Dienstleistungen sowie zur Automatisierung von Prozessen. Die häufigsten Kombinationen von Verfahren und Anwendungsgebieten betreffen die Nutzung maschinellen Lernens im Bereich Produkte/Dienstleistungen und Prozessautomatisierung sowie Verfahren der Bilderkennung in der Prozessautomatisierung (Tabelle 2). Diese Kombinationen von Verfahren und Anwendungsgebieten berichtet jeweils knapp ein Drittel der KI-Nutzer.

Tabelle 2: KI-Einsatz in Unternehmen in Deutschland im Jahr 2019 nach KI-Verfahren und Anwendungsgebieten

| KI-Verfahren | Anwendungsgebiete | | | | | Gesamt |
|-------------------------|------------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|------------|
| | Produkte, Dienstleist. | Automat. Prozesse | Kunden-kommun. | Daten-ana-lyse | andere Bereiche | |
| Sprachverstehen | 15 | 15 | 8 | 7 | 5 | 30 |
| Bildererkennung | 24 | 24 | 5 | 11 | 3 | 49 |
| Maschinelles Lernen | 32 | 32 | 9 | 17 | 4 | 55 |
| Wissensbasierte Systeme | 25 | 25 | 10 | 16 | 4 | 46 |
| Gesamt | 60 | 56 | 22 | 34 | 11 | 100 |

Anteil an allen Unternehmen mit KI-Einsatz in %.

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

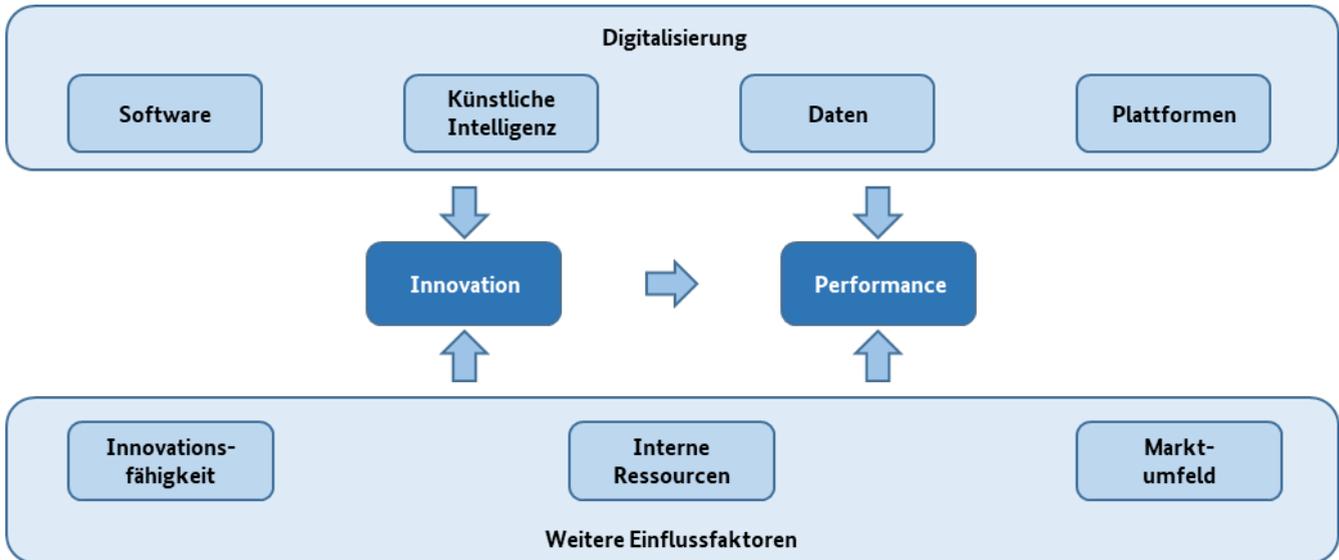
2.2 Beitrag von KI zu Innovation und Performance

Der Zusammenhang zwischen dem Einsatz von KI im Unternehmen und der Innovationsleistung bzw. der wirtschaftlichen Performance wird mit Hilfe von statistischen Verfahren (Regressionsanalysen) ermittelt. Dabei wird berücksichtigt, dass Innovationsleistung und wirtschaftliche Performance von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden, die gleichzeitig auch Einfluss darauf haben können, ob und wie ein Unternehmen KI einsetzt. Durch die simultane Berücksichtigung dieser Faktoren kann der eigenständige Beitrag von KI abgebildet werden.

Zu beachten ist dabei, dass der Zusammenhang zwischen KI-Nutzung und Innovationsleistung bzw. wirtschaftlicher Performance kein einfacher Ursache-Wirkungs-Mechanismus ist. Die Entscheidung, KI einzusetzen, ist Teil einer Unternehmensstrategie. Unternehmen versuchen, unter den spezifischen Marktbedingungen und mit den ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen ein Geschäftsmodell zu entwickeln und zu verfolgen, das eine bestmögliche Verwertung des im Unternehmen eingesetzten Kapitals verspricht. Von daher gehen KI-Nutzung und der Einsatz anderer wettbewerbsrelevanter Assets Hand in Hand und stehen in engem Zusammenhang mit der konkreten Innovationsstrategie (z.B. Technologieführerschaft, Kostenführerschaft durch Prozesseffizienz, Nischenmarktpositionierung) und den Performancezielen (z.B. Grad der Marktdurchdringung, Wachstum, Rendite). Wenn im Folgenden von "Beitrag von KI" gesprochen wird, so ist damit der strukturelle Zusammenhang zwischen der Entscheidung eines Unternehmens, KI-Verfahren einzusetzen, und den von dem Unternehmen erzielten Innovations- und Performanceergebnissen gemeint. Er gibt an, ob Unternehmen, die auf KI setzen, höhere oder niedrigere Ergebnisse erzielen als Unternehmen, deren Strategie und Geschäftsmodell ohne KI auskommt. Der Beitrag von KI wird dabei differenziert nach der Art des KI-Einsatzes im Unternehmen, d.h. nach KI-Verfahren und Anwendungsgebieten, nach interner oder externer Entwicklung von KI sowie nach dem Ersteinführungszeitpunkt von KI im Unternehmen.

Um den Beitrag von KI zu den Innovationsergebnissen und der wirtschaftlichen Performance zu bestimmen, wird ein konzeptionelles Modell zugrunde gelegt, das zwei Gruppen von Einflussfaktoren unterscheidet (Abbildung 3).

Abbildung 3: Grundstruktur des Modells zur Analyse der Rolle von KI für Innovation und Performance



Quelle: ZEW

Die erste Gruppe bildet den Einsatz von Digitalisierung im Unternehmen ab. Neben der Nutzung von KI-Verfahren werden drei weitere Aspekte als zentral für den Innovationserfolg und die Erzielung wirtschaftlicher Ergebnisse angesehen:

- Softwareaktivitäten, d.h. eigene Programmierungsfähigkeiten sowie der Erwerb von Programmierleistungen und Softwareprogrammen von Dritten,
- Aufbau und Pflege von Datenbanken sowie Vorhandensein von Datenanalysekapazitäten,
- Nutzung von digitalen Plattformen als Zugangsweg zu Daten und Wissen (u.a. soziale Medien, offene Plattformen, Crowdsourcing, Open Source Software).

Die Annahme ist dabei, dass die KI-Nutzung und die anderen Digitalisierungsaktivitäten jeweils eigenständige Beiträge zu Innovation und Performance leisten können. So können Unternehmen, die in Software investieren, eher in der Lage sein, digitale Komponenten in Produkte und Dienstleistungen einzubinden, digitale Lösungen für auftretende Probleme zu finden oder Innovationen erfolgreicher umzusetzen, z.B. weil sie rascher und effektiver neue Produkte und Dienstleistungen in bestehende IT-Strukturen und Abläufe integrieren können. Ähnlich lässt sich auch für das Vorhandensein von Datenkompetenz und die Nutzung digitaler Plattformen argumentieren. Betont werden muss, dass diese drei Aspekte natürlich nicht die Gesamtheit möglicher Digitalisierung im Unternehmen abbildet. Wir gehen aber davon aus, dass Unternehmen, die Kapazitäten und Kompetenzen im Bereich Software, Daten und Plattformen haben, auch in anderen relevanten Digitalisierungsbereichen tendenziell besser aufgestellt sein werden, sodass diese drei Aspekte gute Indikatoren für das Digitalisierungsniveau in einem Unternehmen sein sollten.

Die zweite Gruppe von Einflussfaktoren umfasst verschiedene andere Unternehmensmerkmale und Rahmenbedingungen, die Innovations- und Unternehmenserfolg bestimmen können. Dazu zählen erstens die innovativen Fähigkeiten und Kapazitäten eines Unternehmens. Diese werden über folgende Indikatoren abgebildet:

- Vorliegen von FuE-Aktivitäten, differenziert nach kontinuierlichen Aktivitäten (d.h. dem Vorhandensein von Personal, das sich vorrangig mit FuE befasst) und gelegentlichen Aktivitäten (d.h. FuE wird nur anlassbezogen durchgeführt),
- Höhe der Ausgaben für Innovationsaktivitäten (in Relation zum Umsatz des Unternehmens),
- formales Qualifikationsniveau der Beschäftigten (Anteil Hochschulabsolventen).

Zweitens werden die allgemeinen Ressourcen, die einem Unternehmen zur Verfügung stehen, berücksichtigt. Indikatoren hierfür sind:

- Größe des Unternehmens (Anzahl Beschäftigte),
- Unternehmensalter (als Messgröße für Markterfahrung und Reputation),
- Sachkapitalausstattung (Sachvermögen je Beschäftigten),
- Zugehörigkeit zu einer Unternehmensgruppe,
- Höhe der Marketingaufwendungen in Relation zum Umsatz (nur zur Erklärung des direkten wirtschaftlichen Innovationserfolgs),
- Nutzung von Patenten und Marken zum Schutz des intellektuellen Eigentums des Unternehmens (nur zur Erklärung der wirtschaftlichen Performance).¹

Drittens spielt das Marktumfeld des Unternehmens eine entscheidende Rolle. Dieses wird über folgende Indikatoren abgebildet:

- Branche, in der ein Unternehmen tätig ist (anhand von 23 Branchengruppen),
- Unternehmensstandort (Bundesland),
- Wettbewerbsintensität, gemessen über einen Index, der angibt, inwieweit das Wettbewerbsumfeld durch kurze Produktzyklen, hohe technologische Unsicherheit, leichte Substituierbarkeit von Produkten/Dienstleistungen, hohe Bedrohung durch Markteintritte, schwer vorhersehbare Handlungen der Konkurrenten, schwer vorhersehbare Nachfrageentwicklung, hohe Konkurrenz aus dem Ausland sowie hohe Preiselastizität der Nachfrage gekennzeichnet ist,
- Exporte in Relation zum Umsatz als Maß für die Bedeutung von Exportmärkten (nur zur Erklärung der wirtschaftlichen Performance).

Die Innovationsleistung eines Unternehmens wird anhand von Indikatoren gemessen, die die Einführung und erfolgreiche Anwendung von Innovationen abbilden sollen. Dabei wird zwischen Produktinnovationen (die auch Dienstleistungsinnovationen einschließen) und Prozessinnovationen (inkl. Verfahren und Methoden im Bereich Organisation und Marketing) unterschieden:

- Produktinnovationen:
 - Einführung von Produktinnovationen
 - Art der Produktinnovationen: physische Waren inkl. Software und digitale Produkte einerseits und Dienstleistungen inkl. digitale Dienstleistungen andererseits
 - Neuheitsgrad der Produktinnovationen: Marktneuheiten vs. Nachahmerinnovationen, Weltmarktneuheiten, Neuheitsgrad in Bezug auf das bestehende Produktangebot und die eingesetzten Technologien
 - Erfüllung der in die Produktinnovationen gesetzten Erwartungen

¹ Im Zuge der Modellentwicklung wurden auch weitere Aspekte wie z.B. die Finanzierungssituation (Bonitätsindex) oder die Zugehörigkeit zu einer Unternehmensgruppe als Erklärungsgrößen in Betracht gezogen. Diese erwiesen sich aber als nicht relevant, im Wesentlichen, weil sie hoch mit anderen Einflussfaktoren korrelieren und keinen eigenständigen, zusätzlichen Erklärungsbeitrag liefern.

- Umsatz, der mit Produktinnovationen erzielt wurde, differenziert nach Nachahmerinnovationen, Marktneuheiten insgesamt und Weltmarktneuheiten
- Prozessinnovationen:
 - Einführung von Prozessinnovationen
 - Art der Prozessinnovationen: Fertigungsverfahren, logistische Verfahren, Verfahren der Informationsverarbeitung, Verfahren für Administration/Verwaltung, Methoden der Organisation von Geschäftsprozessen, Methoden der Arbeitsorganisation, Marketingmethoden
 - Erfüllung der in die Prozessinnovationen gesetzten Erwartungen
 - Erzielung von Kostensenkungen durch Prozessinnovationen
 - Ausmaß der Kostensenkung je Stück bzw. Vorgang, die durch Prozessinnovationen erzielt wurde

Die wirtschaftliche Performance eines Unternehmens wird über zwei Gruppen von Performance-Indikatoren gemessen:

- Wachstum:
 - Wachstum des Umsatzes
 - Wachstum der Beschäftigtenzahl
- Finanzielles Ergebnis:
 - Umsatzrendite
 - Umsatzproduktivität (Umsatz je Beschäftigten)

Bei der Analyse der Einflussfaktoren der wirtschaftlichen Performance wird anstelle der Innovationsfähigkeit der Innovationsoutput (Einführung von Produkt- oder Prozessinnovationen) berücksichtigt, da es nicht primär die Investitionen in innovative Lösungen, sondern die tatsächlich realisierten Innovationen sind, von denen ein Performancebeitrag ausgeht. Bei der Analyse der Umsatzproduktivität wird das Ausgangsniveau der Produktivität (im Jahr 2016) mit berücksichtigt, sodass der Einfluss von KI (und anderer Erklärungsfaktoren) de facto den Beitrag zur Veränderung der Produktivität misst.

Zu allen Modellvariablen liegen Messgrößen aus der Erhebungswelle 2019 des MIP vor. Die Indikatoren zu Digitalisierung und zu den weiteren Einflussfaktoren beziehen sich auf die Situation im Jahr 2018. Die Einflussfaktoren stellen primär Bestandsgrößen dar, insofern sie die in der Vergangenheit im Unternehmen akkumulierten Fähigkeiten und Kapazitäten messen, die im Jahr 2018 zur Verfügung standen. Die Innovationsleistung und die wirtschaftliche Performance werden ebenfalls für das Jahr 2018 (bzw. im Fall des Wachstums: für die Entwicklung von 2016 bis 2018) gemessen.

Der Beitrag von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance wird über Regressionsmodelle geschätzt, wobei je nach Innovations- und Performanceindikator unterschiedliche Modelltypen zum Einsatz kommen (Probit-Modelle, Kleinste-Quadrate-(OLS)Regressionen, Intervallregressionen).²

² Der Autor dankt Dirk Czarnitzki (Katholische Universität Leuven, Belgien) für die Unterstützung bei der Spezifikation der Modellschätzungen.

3. Gesamtwirtschaftlicher Beitrag von KI zu Innovation und Unternehmensperformance

3.1 Einführung von Produkt- und Prozessinnovationen

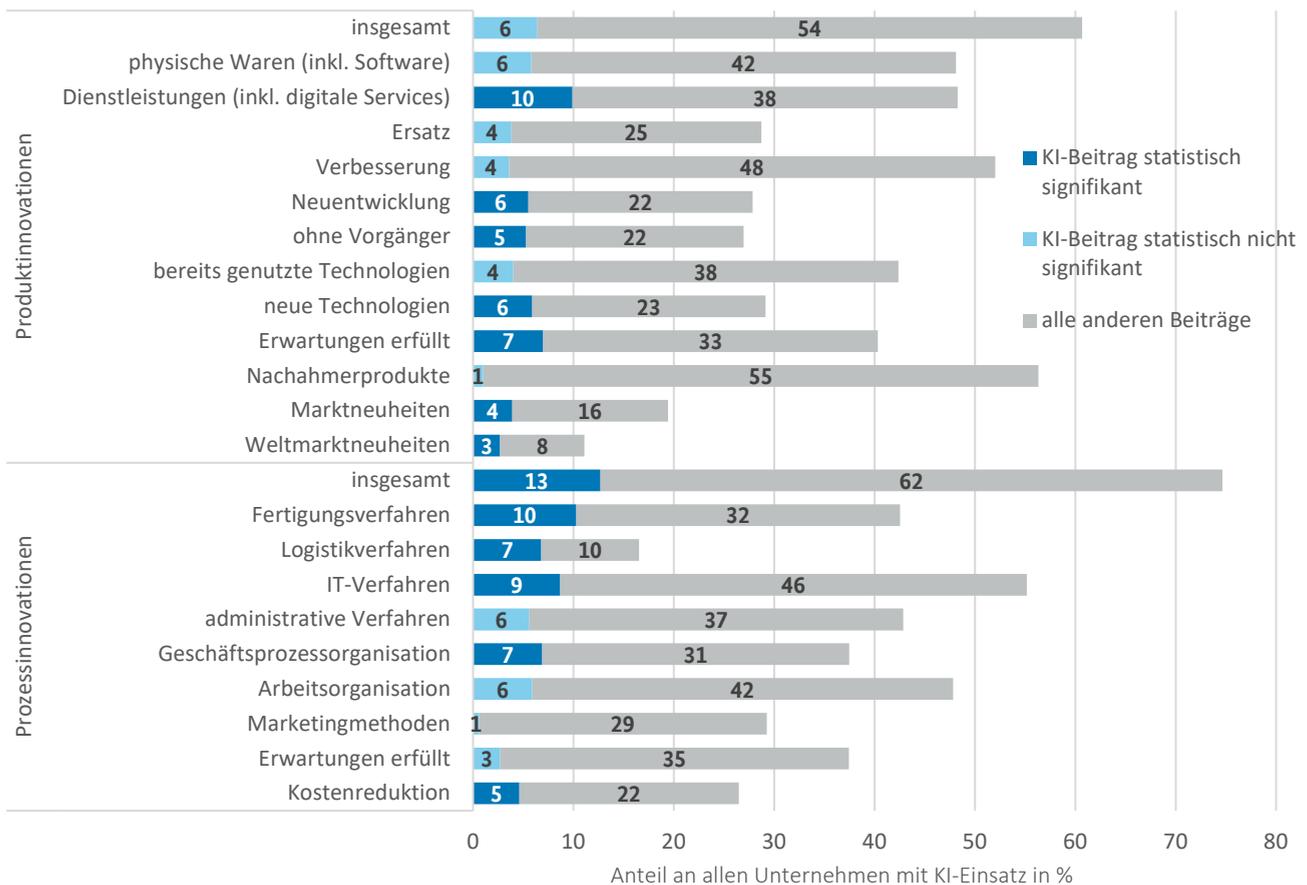
Unternehmen, die KI einsetzen, führen deutlich häufiger Innovationen ein. Dies gilt allerdings nicht für alle Arten von Produkt- und Prozessinnovationen, die in der Innovationserhebung unterschieden werden. Der Beitrag von KI ist für Prozessinnovationen höher als für Produktinnovationen. Bei Produktinnovationen zeigen sich statistisch signifikante Beiträge vor allem bei Innovationen mit höherem Neuheitsgrad. Bei Prozessinnovationen zeigen sich die stärksten Effekte bei Fertigungs-, Logistik- und IT-Verfahren (vgl. Abbildung 4).

Für Produktinnovationen insgesamt liegt der Anteil der Unternehmen mit solchen Innovationen aufgrund des KI-Einsatzes um 6 Prozentpunkte höher als er zu erwarten wäre, wenn die Unternehmen auf den Einsatz von KI verzichtet hätten. Allerdings weist dieser Effekt eine hohe statistische Fehlerwahrscheinlichkeit auf. Dies liegt daran, dass für Unternehmen, die Produktinnovationen im Bereich physischer Waren (inkl. Software) eingeführt haben, KI keinen signifikanten Beitrag leistet, während sich für Dienstleistungsinnovationen ein deutlich positiver Beitrag von 10 Prozentpunkten zeigt. Relativ hohe und statistisch signifikante Beiträge leistet KI in Bezug auf die Einführung von vollständig neu entwickelten Produktinnovationen (6 Prozentpunkte) und Produktinnovationen, die kein Vorgängerprodukt im Unternehmen haben (5 Prozentpunkte). Gemessen an der relativ geringen Verbreitung derartig anspruchsvoller Innovationen (in 28 bzw. 27 Prozent aller Unternehmen mit KI-Einsatz) ist dies ein merklicher Beitrag. Noch höher ist der KI-Beitrag in Bezug auf die Einführung von Marktneuheiten (4 Prozentpunkte KI-Beitrag, bei insgesamt 19 Prozent der KI einsetzenden Unternehmen mit Marktneuheiten). Der höchste relative Beitrag zeigt sich für die Einführung von Weltmarktneuheiten, d.h. Produktinnovationen mit dem höchsten Neuheitsgrad. Insgesamt wiesen 2018 11 Prozent der Unternehmen mit KI-Einsatz solche Innovationen auf. Knapp 3 Prozentpunkte dieses Anteilswerts sind alleine auf den KI-Einsatz zurückzuführen.

2018 wiesen 75 Prozent der KI einsetzenden Unternehmen in Deutschland Prozessinnovationen auf. 13 Prozentpunkte dieses Anteilswerts können dem Einsatz von KI zugeschrieben werden. Der höchste Beitragswert von KI zu einzelnen Arten von Prozessinnovationen zeigt sich im Bereich Fertigungsverfahren: 10 Prozent der KI einsetzenden Unternehmen führten solche Innovationen alleine deshalb ein, weil sie KI-Verfahren nutzen; dies ist fast ein Viertel aller Prozessinnovatoren in diesem Bereich. Für IT-Verfahren liegt der KI-Beitrag bei 9 Prozent, womit etwa jeder sechste Prozessinnovator in diesem Bereich aufgrund von KI eine IT-Verfahrensinnovation eingeführt hat (z.B. neue Methoden der Datenanalyse oder -verarbeitung). Der höchste relative Anteil ergibt sich für Prozessinnovationen im Bereich Logistik. Diese sind nur wenig verbreitet (17 Prozent aller KI einsetzenden Unternehmen), aber 7 Prozentpunkte (d.h. rund zwei Fünftel) dieses Anteilswerts sind alleine KI zuzurechnen. Ein signifikanter Beitrag von KI zeigt sich außerdem für Prozessinnovationen im Bereich Geschäftsprozesse (inkl. Gestaltung von Außenbeziehungen des Unternehmens). Hierzu zählen u.a. Innovationen

im Bereich Qualitätsmanagement, Customer-Relationship, Supply-Chain-Management und Kooperationsvereinbarungen. 5 Prozent der KI einsetzenden Unternehmen konnten aufgrund der KI-Nutzung mit Hilfe von Prozessinnovationen ihre Kosten je Stück oder Vorgang senken. Das ist knapp ein Fünftel aller Prozessinnovatoren mit Kostensenkungen.

Abbildung 4: Beitrag von KI zur Einführung von Innovationen durch KI einsetzende Unternehmen (Referenzjahr 2018)



Lesehilfe: Im Jahr 2018 haben 75 % der Unternehmen in Deutschland, die KI einsetzen, Prozessinnovationen eingeführt. Bei 13 % der KI einsetzenden Unternehmen wurde die Einführung von Prozessinnovationen erst durch den KI-Einsatz ermöglicht. 62 % der KI einsetzenden Unternehmen haben Prozessinnovationen eingeführt, die nicht erst durch den Einsatz von KI ermöglicht wurden.

Ergebnisse von gewichteten Probit-Schätzungen (d.h. Unternehmensbeobachtungen wurden mit einem Faktor gewichtet, der angibt, wie viele andere Unternehmen durch ein beobachtetes Unternehmen repräsentiert werden).

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Der gesamtwirtschaftliche Beitrag von KI zur Einführung von Innovationen lässt sich bestimmen, indem die Anzahl der KI einsetzenden Unternehmen, die aufgrund des KI-Einsatzes eine bestimmte Innovation eingeführt haben, in Relation gesetzt wird zur Gesamtzahl der Unternehmen mit solchen Innovationen (d.h. KI einsetzende plus nicht KI einsetzende). Tabelle 3 veranschaulicht diese Berechnung am Beispiel des Anteils der Unternehmen mit Weltmarktneuheiten. Von den rund 17.500 KI einsetzenden Unternehmen in Deutschland haben auf Basis des Ergebnisses der Modellschätzung 2,7 Prozent aufgrund des KI-Einsatzes eine Weltmarktneuheit eingeführt, d.h. rund 470 Unternehmen. Von den insgesamt 1.950 KI einsetzenden Unternehmen in

Deutschland mit Weltmarktneuheiten haben weitere ca. 1.480 Weltmarktneuheiten eingeführt, ohne dass diese auf den KI-Einsatz zurückgehen. Damit haben rund 24 Prozent aller KI einsetzenden Unternehmen mit Weltmarktneuheiten solche Innovationen aufgrund des Einsatzes von KI eingeführt. Insgesamt gab es im Jahr 2018 rund 12.900 Unternehmen in Deutschland, die Weltmarktneuheiten eingeführt haben. Die 470 Unternehmen, die Weltmarktneuheiten aufgrund des KI-Einsatzes einführen konnten, machen 3,7 Prozent dieser Unternehmen aus. Dies ist der gesamtwirtschaftliche Beitrag von KI.

Tabelle 3: Berechnung des gesamtwirtschaftlichen Beitrags von KI zu Innovationen am Beispiel Anzahl Unternehmen mit Weltmarktneuheiten

| | Anzahl | Anteil in % | |
|---|---------|-------------|-------|
| Unternehmen mit KI-Einsatz | 17.500 | 100,0 | |
| Unternehmen mit KI-Einsatz, die Weltmarktneuheiten eingeführt haben | 1.950 | 11,1 | 100,0 |
| Unternehmen mit KI-Einsatz, die aufgrund des KI-Einsatzes Weltmarktneuheiten eingeführt haben | 470 | 2,7 | 24,3 |
| Unternehmen in Deutschland (im Berichtskreis der Innovationserhebung) | 299.600 | 100,0 | |
| Unternehmen in Deutschland mit Weltmarktneuheiten insgesamt | 12.900 | 4,2 | 100,0 |
| Unternehmen mit KI-Einsatz, die aufgrund des KI-Einsatzes Weltmarktneuheiten eingeführt haben | 470 | 0,2 | 3,7 |

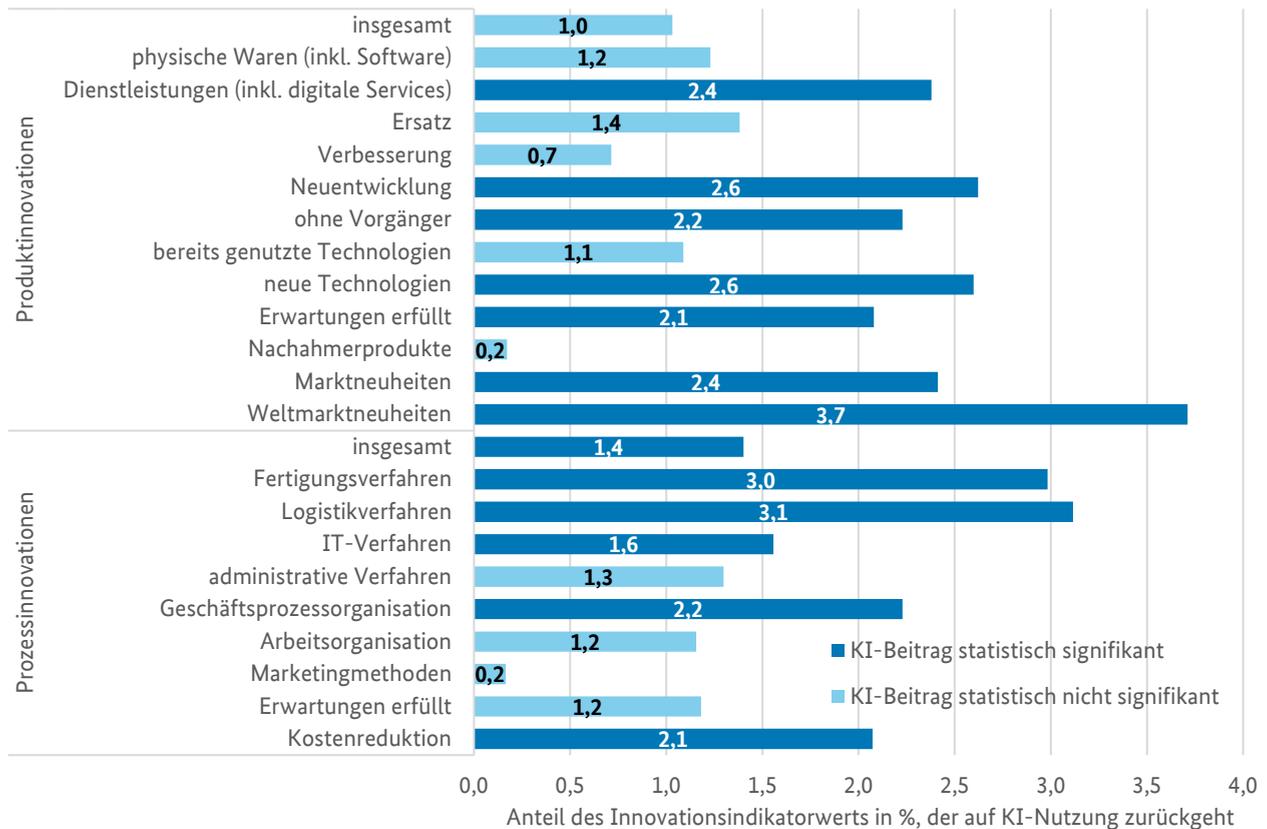
Alle Angaben beziehen sich auf den Berichtskreis der Innovationserhebung (Unternehmen mit 5 oder mehr Beschäftigten in Industrie und überwiegend unternehmerorientierten Dienstleistungen).

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Führt man diese Berechnungen für alle untersuchten Indikatoren zur Einführung von Produkt- und Prozessinnovationen durch, so zeigt sich, dass Weltmarktneuheiten den höchsten KI-Beitrag aufweisen (Abbildung 5). Ein gesamtwirtschaftlicher KI-Beitrag von ca. 2,5 Prozent zeigt sich für Dienstleistungsinnovationen, für vollständige Neuentwicklungen von Produktinnovationen, für Produktinnovationen auf Basis neuer Technologien und für Marktneuheiten.

Der KI-Beitrag zur Prozessinnovatorenquote in Deutschland im Jahr 2018 liegt bei 1,4 Prozentpunkten. Das sind rund 2.200 Unternehmen, die aufgrund des KI-Einsatzes Prozessinnovationen realisiert haben. Im Bereich Logistik- und Fertigungsverfahren haben 3,1 bzw. 3,0 Prozent aller Unternehmen mit solchen Innovationen diese Innovationen aufgrund des KI-Einsatzes hervorgebracht. 2,1 Prozent aller Unternehmen in Deutschland, die Kosteneinsparungen mit Hilfe von Prozessinnovationen realisiert haben, konnten diese Rationalisierungserfolge dank KI-Anwendungen erreichen.

Abbildung 5: Gesamtwirtschaftlicher Beitrag von KI zur Einführung von unterschiedlichen Arten von Produkt- und Prozessinnovationen in Deutschland 2018



Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

3.2 Direkte wirtschaftliche Erträge von Innovationen

Der Beitrag von KI zur Einführung von bestimmten Arten von Innovationen wird stark von den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) bestimmt, da diese das Gros aller Unternehmen (auch im Bereich der KI nutzenden) ausmachen. Für die gesamtwirtschaftlichen Beiträge von KI zum Innovationserfolg, also z.B. zum Umsatz mit neuen Produkten oder zu den mit Prozessinnovationen erzielten Kosteneinsparungen, spielen dagegen die großen Unternehmen eine herausragende Rolle, da sie für den größten Teil des Umsatzes der deutschen Wirtschaft verantwortlich sind und bei ihnen auch der größte Teil der Kosten anfällt.

Die Bedeutung des Einsatzes von KI für den Innovationserfolg kann in KMU und Großunternehmen sehr unterschiedlich ausfallen. Realisiert z.B. ein KMU ein neues Geschäftsmodell oder neue Produkt- und Dienstleistungsangebote auf Basis einer KI-Anwendung, so können die damit erzielten Umsätze rasch einen großen Teil der gesamten Erlöse des Unternehmens ausmachen, auch wenn der erzielte Umsatz in absoluten Größen nur im Bereich weniger Millionen Euro liegt. In Großunternehmen ist es dagegen weniger wahrscheinlich, dass die Innovationen, die aufgrund neuer KI-Anwendungen hervorgebracht wurden, einen hohen Anteil am Gesamtumsatz erreichen, da große Unternehmen i.d.R. viele verschiedene Innovationswege verfolgen, sehr unterschiedliche Technologien einsetzen und über ein sehr großes Produktportfolio verfügen. Gleichwohl können

die auf KI-Einsatz basierenden Innovationen einen hohen Umsatzbetrag von mehreren hundert Millionen Euro ausmachen.

Um diesen Umstand zu berücksichtigen, wird der Beitrag von KI zum direkten wirtschaftlichen Innovationserfolg für zwei alternative Indikatoren des Innovationserfolgs untersucht:

- Anteil des Umsatzes, der mit Produktinnovationen erzielt wurde (differenziert nach Marktneuheiten/Weltmarktneuheiten sowie Nachahmerinnovationen) sowie Anteil der Kosten je Stück oder Vorgang, der mit Hilfe von Prozessinnovationen reduziert werden konnte.
- Höhe des Umsatzes, der mit Produktinnovationen erzielt wurde, und Höhe der eingesparten Kosten.³

Die Schätzergebnisse für die erste Alternative werden stark von den kleinen bis mittelgroßen Unternehmen getrieben, während die Schätzergebnisse für die zweite Alternative stärker von den sehr großen Unternehmen bestimmt werden. Um den gesamtwirtschaftlichen Beitrag von KI zu approximieren, werden die Schätzergebnisse der ersten Alternative für die Gruppe der Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten genutzt, während die Schätzergebnisse für die zweite Alternative zur Berechnung des gesamtwirtschaftlichen Beitrags von KI im Bereich der Unternehmen mit 1.000 oder mehr Beschäftigten herangezogen werden. Für mittelgroße Unternehmen mit 250 bis unter 1.000 Beschäftigten werden hälftig die Schätzergebnisse der beiden Alternativen verwendet.

Da die beiden Alternativen erwartungsgemäß unterschiedliche Ergebnisse erbringen und die Zuordnung der Ergebnisse zu den Größenklassen der Unternehmen auf Annahmen beruht, sind die im Folgenden ausgewiesenen gesamtwirtschaftlichen Beiträge von KI zum direkten wirtschaftlichen Innovationserfolg mit gewissen Unsicherheiten behaftet.

Für die fünf Indikatoren zum Innovationserfolg – Umsatz/Umsatzanteil von Produktinnovationen, Umsatz/Umsatzanteil von Nachahmerinnovationen, Umsatz/Umsatzanteil von Marktneuheiten, Umsatz/Umsatzanteil von Weltmarktneuheiten, Kostensenkung/Kostensenkungsanteil – zeigen sich für zwei Indikatoren sehr starke positive Beiträge des Einsatzes von KI für beide Modellalternativen (vgl. Abbildung 6):

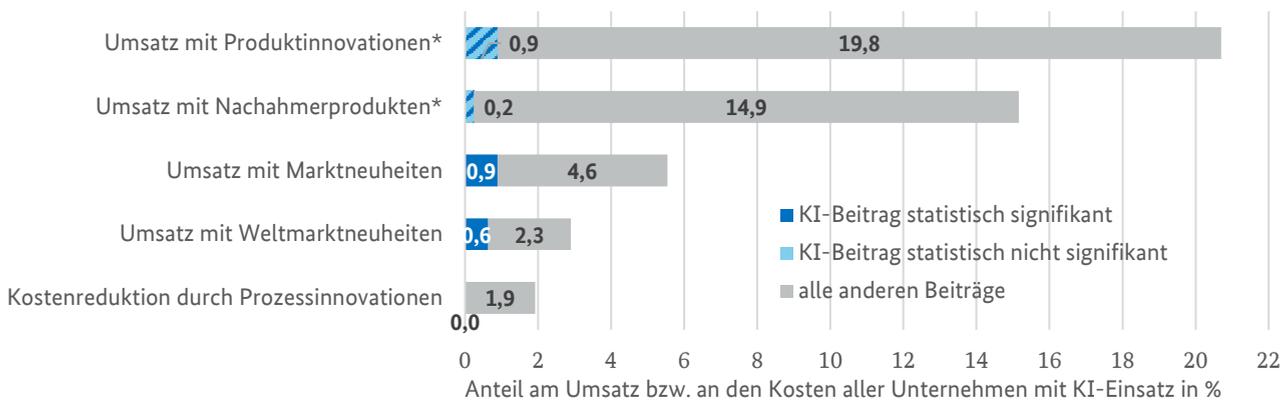
- KI einsetzende Unternehmen erzielen deutlich höhere Umsätze und Umsatzanteile mit Marktneuheiten. Bei einem durchschnittlichen Umsatzanteil von Marktneuheiten von 5,5 Prozent können 0,9 Prozentpunkte dem Einsatz von KI zugerechnet werden.
- Für den Umsatz mit Weltmarktneuheiten (der im Umsatz mit Marktneuheiten enthalten ist) zeigen sich noch größere relative Beiträge von KI. Bei einem durchschnittlichen Umsatzanteil von Weltmarktneuheiten von 2,9 Prozent in KI einsetzenden Unternehmen gehen 0,6 Prozentpunkte (d.h. rund jeder 5. mit Weltmarktneuheiten erlöste Euro) auf den KI-Einsatz zurück.

Für den Umsatz mit Produktneuheiten insgesamt sowie für den Umsatz mit Nachahmerinnovationen zeigen sich nur für die zweite Modellalternative, d.h. für die absolute Höhe des erzielten Umsatzes, statistisch signifikante Ergebnisse, nicht aber für die Modellalternative auf Basis der Umsatzanteile. Dies deutet darauf hin, dass

³ Die Modelle zur Erklärung der Höhe des Innovationsumsatzes und der Kosteneinsparungen werden in einer Log-Log-Spezifikation geschätzt, d.h. sowohl die Innovationserfolgsmaße als auch die Höhe der Innovationsausgaben gehen logarithmiert in das Modell ein. Der vom Modell geschätzte Beitrag von KI gibt somit an, um wie viel Prozent sich Umsätze oder Kosteneinsparungen in KI einsetzenden Unternehmen aufgrund des KI-Einsatzes erhöht haben.

es vor allem die größeren Unternehmen sind, die mit Hilfe von KI höhere Innovationsumsätze auch dann erzielen, wenn es sich bei den Produktinnovationen nicht um Marktneuheiten handelt, sondern um Innovationen, die Wettbewerber in ähnlicher Form schon zuvor auf den Markt gebracht haben. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn ein Unternehmen mit Hilfe von KI-Anwendungen die Funktionalität oder den Kundennutzen seiner Produkte erhöht und dabei auf Ansätze zurückgreift, die andere Unternehmen bei ihren Produkten bereits früher eingesetzt haben. Der relative Beitrag von KI zum Umsatzanteil von Nachahmerinnovationen in KI einsetzenden Unternehmen (der im Durchschnitt bei 15,1 Prozent liegt) ist mit 0,2 Prozentpunkten sehr gering. Für den Umsatzanteil von Produktinnovationen insgesamt (also von Marktneuheiten plus Nachahmerinnovationen) zeigen die Schätzungen einen KI-Beitrag von 0,9 Prozentpunkten bei einem durchschnittlichen Umsatzanteil von 20,7 Prozent.

Abbildung 6: Beitrag von KI zum direkten wirtschaftlichen Innovationserfolg von KI einsetzenden Unternehmen (Referenzjahr 2018)



* Beitrag von KI zum Umsatz mit Produktinnovationen und zum Umsatz mit Nachahmerinnovationen ist nur im Fall von Log-Log-Spezifikationen signifikant, d.h. vor allem in mittelgroßen bis sehr großen Unternehmen.

Lesehilfe: Im Jahr 2018 lag der Umsatzanteil mit Marktneuheiten in Unternehmen in Deutschland, die KI einsetzen, bei 5,5 %. Von diesem Anteilswert gehen 0,9 %-Punkte auf den Beitrag von KI zurück, 4,6 %-Punkte auf andere Beiträge.

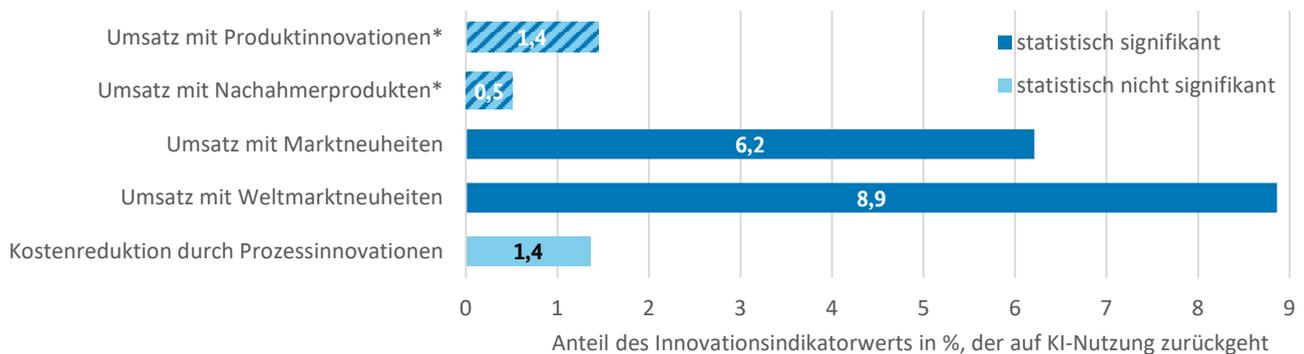
Ergebnisse von gewichteten Probit-Schätzungen (d.h. Unternehmensbeobachtungen wurden mit einem Faktor gewichtet, der angibt, welcher Umsatz der deutschen Wirtschaft - im Berichtskreis der Innovationserhebung - durch ein beobachtetes Unternehmen repräsentiert wird).

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Für Kosteneinsparungen aufgrund von Prozessinnovationen können keine statistisch signifikanten KI-Beiträge in KI einsetzenden Unternehmen festgestellt werden. Dies bedeutet, dass die Unternehmen, die aufgrund des KI-Einsatzes kostensenkende Prozessinnovationen realisieren konnten (5 Prozent aller KI einsetzenden Unternehmen), damit Kosteneinsparungen erzielt haben, die sich nicht signifikant von den Kosteneinsparungen der Unternehmen unterscheiden, die ohne KI-Einsatz ihre Kosten senken konnten. Dieses Ergebnis stützt somit nicht den Befund anderer Studien, die nahe legen, dass KI sehr hohe Rationalisierungswirkungen zeitigt (vgl. Arntz et al. 2017).

Bezieht man die von KI einsetzenden Unternehmen aufgrund des KI-Einsatzes erzielten Innovationsumsätze auf die gesamten Innovationsumsätze der deutschen Wirtschaft im Jahr 2018, so ergibt sich ein gesamtwirtschaftlicher Beitrag von KI zum Umsatz mit Weltmarktneuheiten von 8,9 Prozent (Abbildung 7). Das entspricht einem KI-basierten Umsatzvolumen mit Weltmarktneuheiten der deutschen Wirtschaft im Jahr 2018 von ca. 7,6 Mrd. €.

Abbildung 7: Gesamtwirtschaftlicher Beitrag von KI zum direkten wirtschaftlichen Innovationserfolg von Unternehmen in Deutschland 2018



* Beitrag von KI zum Umsatz mit Produktinnovationen und zum Umsatz mit Nachahmerinnovationen ist nur im Fall von Log-Log-Spezifikationen signifikant, d.h. vor allem in mittelgroßen bis sehr großen Unternehmen.

Lesehilfe: Im Jahr 2018 gingen 8,9 Prozent des Umsatzes, den die deutsche Wirtschaft mit Weltmarktneuheiten erzielt hat, auf den Einsatz von KI zurück.

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Für Marktneuheiten insgesamt (also auch einschließlich von Marktneuheiten, die nur neu sind für einen regionalen Teilmarkt wie z.B. den deutschen oder den europäischen Markt) ergibt sich ein Beitrag von 6,2 Prozent. Das KI-basierte Umsatzvolumen von Marktneuheiten beträgt in der deutschen Wirtschaft damit rund 11 Mrd. €.

Tabelle 4: Höhe des Innovationsumsatzes der deutschen Wirtschaft im Jahr 2018, der auf den Einsatz von KI zurückgeführt werden kann

| in Mrd. € | Umsatz mit Produktinnovationen insgesamt | Umsatz mit Marktneuheiten insgesamt | Umsatz mit Weltmarktneuheiten |
|-------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|
| KMU (<250 Beschäftigte) | n.s. | 3,1 | 2,3 |
| Großunternehmen | 7,7 | 7,9 | 5,3 |
| Gesamt | n.s. | 11,0 | 7,6 |

n.s.: Werte sind statistisch nicht signifikant und daher nicht ausgewiesen.

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Der Umsatz mit Produktinnovationen insgesamt, der aufgrund des Einsatzes von KI erzielt werden konnte, machte 2018 rund 1,4 Prozent des gesamten Umsatzes mit Produktinnovationen der deutschen Wirtschaft aus. Diese Zahl ist allerdings mit einer höheren Unsicherheit behaftet, da sich nur im Bereich der größeren Unternehmen ein signifikanter Beitrag von KI nachweisen lässt. Betrachtet man nur diesen statistisch nachweisbaren Beitrag, der primär im Bereich mittelgroßer bis sehr großer Unternehmen auftritt, so ergibt sich ein Umsatzvolumen von rund 7,7 Mrd. €. Tabelle 4 fasst die Hauptergebnisse zur Höhe des Innovationsumsatzes der deutschen Wirtschaft, der auf den Einsatz von KI zurückgeführt werden kann, zusammen.

Um die Höhe des KI-basierten Innovationsumsatzes einzuordnen, kann ein Vergleich mit der Höhe der Ausgaben für die Entwicklung und Einführung von KI-Anwendungen in den Unternehmen der deutschen Wirtschaft gezogen werden. Diese lagen im Jahr 2019 bei rund 4,8 Mrd. € (vgl. Rammer et al. 2020). Selbst wenn man nur eine durchschnittliche Umsatzrendite (von 6,4 Prozent in den KI einsetzenden Unternehmen, siehe den

folgenden Abschnitt) für den Umsatz mit Marktneuheiten zugrunde legt, ergäbe sich ein Return on Investment für die KI-Ausgaben von fast 15 Prozent. Dies zeigt, dass es sich für die Unternehmen lohnt, in KI zu investieren.

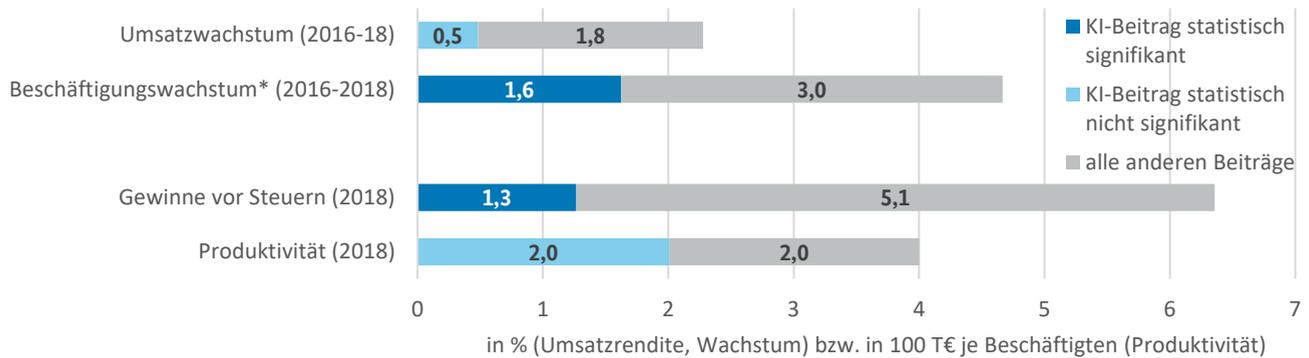
3.3 Wirtschaftliche Performance

Der Beitrag von KI zur wirtschaftlichen Performance wird anhand des Umsatz- und Beschäftigungswachstums der Unternehmen und des finanziellen Erfolgs (Umsatzrendite, Produktivität) gemessen. Die zentralen Ergebnisse sind (vgl. Abbildung 8):

- Der Einsatz von KI trägt zu einer merklich höheren Umsatzrendite bei. Im Durchschnitt betrug die Umsatzrendite von KI einsetzenden Unternehmen in Deutschland im Jahr 2018 etwa 6,4 Prozent. 1,3 Prozentpunkte können dem Einsatz von KI zugeschrieben werden. Damit ging ein Fünftel der Gewinne auf das Konto von KI-Anwendungen.
- Die Beschäftigung in KI einsetzenden Unternehmen nahm von 2016 bis 2018 um 4,6 Prozent zu, wovon 1,6 Prozentpunkte auf den Einsatz von KI zurückgeführt werden können. Allerdings ist dieser positive Beitrag vor allem bei den kleineren bis mittelgroßen Unternehmen zu vermuten, da er sich nur bei ungewichteten Modellschätzungen zeigt, während bei gewichteten Schätzungen der positive Effekt etwas unterhalb der statistischen Signifikanzgrenze bleibt.
- Auf die Entwicklung des Umsatzes zwischen 2016 und 2018 hat der KI-Einsatz keinen signifikanten Einfluss. Ebenfalls kein statistisch signifikanter Einfluss zeigt sich für die Produktivitätsentwicklung.

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht bedeuten die positiven KI-Beiträge im Bereich Umsatzrendite und Beschäftigungswachstum, dass im Jahr 2018 rund 6 Prozent der Gewinne vor Steuern, die von Unternehmen in Deutschland im Berichtskreis der Innovationserhebung erzielt worden waren, auf den Einsatz von KI zurückgeführt werden können (Abbildung 9). Dies sind rund 15 Mrd. €. Dabei ist zu beachten, dass dieser Gewinnbeitrag nicht nur von innovativen Produkten, sondern auch durch KI-Anwendungen in Standardprodukten oder Produkten, die schon vor mehr als drei Jahren eingeführt wurden (das ist in der Innovationsindikatorik der Schwellenwert, der innovative von nicht innovativen Produkten trennt) sowie aus positiven Ergebnisbeiträgen durch den KI-Einsatz in Prozessen und internen Abläufen stammt.

Abbildung 8: Beitrag von KI zu Wachstum und finanziellem Erfolg von KI einsetzenden Unternehmen



* Beitrag von KI zum Beschäftigungswachstum ist nur im Fall von nicht gewichteten Regressionen signifikant, d.h. vor allem in kleineren und mittelgroßen Unternehmen.

Lesehilfe: Im Jahr 2018 erzielten die Unternehmen in Deutschland, die KI einsetzen, eine durchschnittliche Umsatzrendite von 6,4 %. Von diesem Anteilswert gehen 1,3 %-Punkte auf den Beitrag von KI zurück, 5,1 %-Punkte auf andere Beiträge.

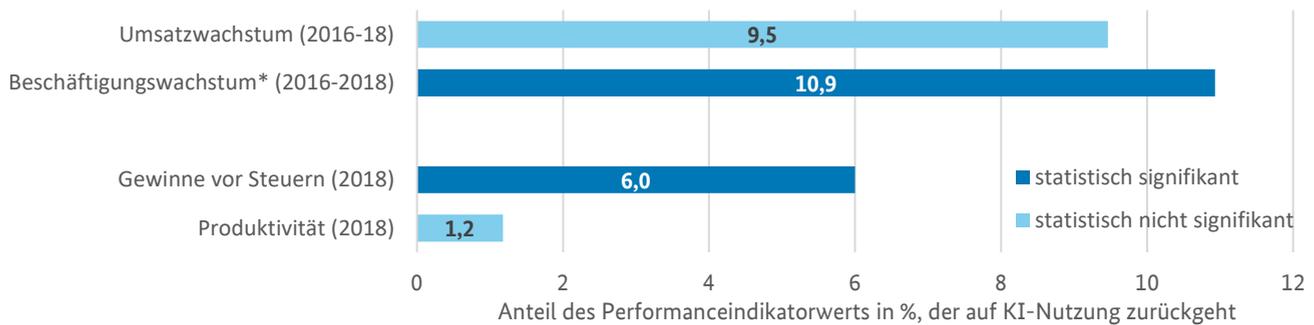
Ergebnisse von gewichteten Intervallregressionen und OLS-Regressionen.

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Die positiven Beschäftigungsbeiträge bedeuten gesamtwirtschaftlich, dass fast 11 Prozent des Beschäftigungszuwachses zwischen 2016 und 2018 in den Unternehmen des Berichtskreises der Innovationserhebung dem Einsatz von KI zugeordnet werden kann. Dieser sehr hohe Anteilswert resultiert daraus, dass die KI einsetzenden Unternehmen ein überdurchschnittliches Beschäftigungswachstum in diesem Zeitraum aufgewiesen haben und für fast ein Drittel des gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungszuwachses verantwortlich sind. Da wiederum gut ein Drittel des Beschäftigungszuwachses in den KI einsetzenden Unternehmen der Nutzung von KI zuzuschreiben ist, ergibt sich dieser hohe Beschäftigungsbeitrag von KI. In absoluten Zahlen, und eingeschränkt auf die kleinen bis mittelgroßen Unternehmen, in denen sich die statistisch signifikanten Beiträge überwiegend realisiert haben dürften, ergibt dies ein Beschäftigungswachstum von rund 48.000 Stellen zwischen 2016 und 2018.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die höheren Umsätze mit Marktneuheiten (und insbesondere Weltmarktneuheiten) den KI einsetzenden Unternehmen Wettbewerbsvorteile verschaffen, die auch in höhere Renditen umgesetzt werden können. Allerdings zeigt sich kein Umsatzanstieg, d.h. der Umsatz mit KI-basierten Innovationen ersetzt Umsätze, die zuvor mit Produkten ohne KI-Einsatz erzielt wurden. Gleichzeitig führt KI zu einem merklichen Aufbau von Beschäftigung, vermutlich weil die Umsetzung von KI-Ansätzen die Einstellung neuer Spezialisten erfordert und am Beginn des Einsatzes von neuen KI-Anwendungen sich Abläufe erst neu einspielen müssen und noch nicht optimiert sind. Dies zeigt sich auch darin, dass KI nicht zu einer höheren Produktivität in den KI einsetzenden Unternehmen beiträgt. Dieses Paradoxon konnte schon früher für den Einsatz der Digitalisierung im Maschinenbau beobachtet werden (vgl. Rammer et al. 2018).

Abbildung 9: Gesamtwirtschaftlicher Beitrag von KI zu Wachstum und finanziellem Erfolg von Unternehmen in Deutschland 2018



* Beitrag von KI zum Beschäftigungswachstum ist nur im Fall von nicht gewichteten Regressionen signifikant, d.h. vor allem in kleineren und mittelgroßen Unternehmen.

Lesehilfe: Im Jahr 2018 gingen 6,0 % des Gewinns vor Steuern, den die Unternehmen der deutschen Wirtschaft erzielt haben, auf den Einsatz von KI zurück.

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

3.4 Beitrag von anderen Digitalisierungsaktivitäten

Der Einsatz von Verfahren der Künstlichen Intelligenz stellt nur einen Baustein in der Nutzung der Digitalisierung zur Steigerung von Innovationsergebnissen und wirtschaftlicher Performance dar. In dem konzeptionellen Modell (vgl. Abbildung 3) wurde die Bedeutung weiterer Digitalisierungsaktivitäten betont, die den KI-Einsatz ergänzen bzw. überhaupt erst ermöglichen. In den Modellschätzungen wurden hierfür drei Indikatoren verwendet: Softwareaktivitäten, d.h. eigene Programmierungsfähigkeiten sowie der Erwerb von Programmierleistungen und Softwareprogrammen Dritter; Datenbankaktivitäten, d.h. der Aufbau und die Pflege von eigenen Datenbanken sowie das Vorhalten von Datenanalysekapazitäten; sowie die Nutzung digitaler Plattformen wie soziale Medien, Crowdsourcing, Open Source Software, oder offener Plattformen.

Die Modellschätzungen zeigen, dass diese Digitalisierungsaktivitäten einen zum Teil sehr großen Beitrag zur Einführung von Innovationen leisten (Tabelle 5).⁴ Für fast alle Indikatoren zu Produktinnovationen und Prozessinnovationen zeigt sich ein deutlicher und statistisch signifikanter Zusammenhang. Zu beachten ist dabei, dass die Beiträge dieser Digitalisierungsaktivitäten wesentlich mehr Unternehmen betreffen als die KI-Beiträge und damit eine deutlich stärkere gesamtwirtschaftliche Wirkung entfalten können. Während nur 5,8 Prozent der Unternehmen KI einsetzen, weisen fast 50 Prozent Softwareaktivitäten und über 30 Prozent Datenbankaktivitäten auf; rund ein Drittel der Unternehmen in Deutschland nutzt digitale Plattformen.

Insbesondere die Nutzung digitaler Plattformen geht mit einer deutlich höheren Wahrscheinlichkeit einher, Produkt- oder Prozessinnovationen einzuführen. Einzig für die Einführung von Weltmarktneuheiten, für Produktinnovationen, die kein Vorgängerprodukt im Unternehmen haben (und damit den Einstieg in ein neues Marktsegment darstellen), sowie für Prozessinnovationen im Bereich Logistikverfahren zeigt sich kein signifi-

⁴ Tabelle 5 zeigt die marginalen Effekte von gewichteten Probit-, OLS- und Intervallregressionen. Die Höhe der Beiträge von Softwareaktivitäten, Datenbankaktivitäten und der Nutzung digitaler Plattformen kann in derselben Weise interpretiert werden wie die in Abbildung 3 (Einführung von Innovationen), Abbildung 5 (Innovationserfolge) und Abbildung 7 (wirtschaftliche Performance) dargestellten Beiträgen von KI.

kanter Beitrag von digitalen Plattformen. Der Zusammenhang zwischen Innovationen und digitalen Plattformen ist dabei nicht kausal in dem Sinn, dass aus der Plattformnutzung Innovationen resultieren, sondern weist darauf hin, dass eine Unternehmensstrategie, die auf die Nutzung digitaler Plattformen abzielt, eng mit einer Strategie der innovativen Erneuerung des Leistungsangebots einher geht. Oft ist es auch notwendig, Produkte und Prozesse neu zu entwickeln oder zumindest wesentlich zu verbessern, um in eine Plattformökonomie einzusteigen.

Unternehmen, die in den Aufbau, die Pflege und die Analyse eigener Datenbanken investieren, weisen ebenfalls für fast alle Innovationsarten höhere Werte auf. Lediglich für Marktneuheiten (inkl. Weltmarktneuheiten) und die vollständige Neuentwicklungen von Produkten, Dienstleistungsinnovationen und Geschäftsprozessinnovationen ist kein signifikanter Zusammenhang festzustellen. Für Softwareaktivitäten ist der Konnex zu Innovationen etwas weniger stark ausgeprägt, allerdings sind diese Aktivitäten eine wichtige Grundlage für die Einführung von Marktneuheiten, darunter auch für Weltmarktneuheiten.

Für den direkten wirtschaftlichen Innovationserfolg sind diese drei Digitalisierungsaktivitäten im Vergleich zum Einsatz von KI jedoch von geringerer Bedeutung. Von Softwareaktivitäten geht kein signifikanter Beitrag zum Innovationserfolg aus, für die Nutzung digitaler Plattformen beschränkt er sich auf den Umsatz mit Nachahmerinnovationen sowie auf die durch Prozessinnovationen erzielten Kosteneinsparungen. Für den Innovationserfolg mit Marktneuheiten (inkl. Weltmarktneuheiten) spielen Datenbankaktivitäten eine merkliche Rolle, wenngleich ihr Beitrag hinter dem des KI-Einsatzes zurückbleibt: Unternehmen mit Datenbankaktivitäten weisen einen um 0,6 Prozent höheren Umsatz mit Weltmarktneuheiten auf, während für den KI-Einsatz dieser Wert bei 2,6 Prozent liegt. Auch für den Umsatz mit Marktneuheiten insgesamt ist der Beitrag von Datenbankaktivitäten (+1,1 Prozent) geringer als für den Einsatz von KI (+ 2,0 Prozent).

An diesem Ergebnis zeigt sich, dass es nicht die systematische Nutzung von Daten alleine ist, die Unternehmen Innovationsvorteile verschafft, sondern dass erst durch den Einsatz von KI positive Innovationsergebnisse in erheblichem Umfang erzielt werden können.

Die wirtschaftliche Performance der Unternehmen wird von den anderen drei Digitalisierungsaktivitäten faktisch nicht beeinflusst. Einzig für das Beschäftigungswachstum zeigt sich ein schwach positiver statistischer Zusammenhang im Fall von Datenbankaktivitäten. Zur Höhe der Umsatzrendite leisten Software-, Datenbank- und Plattformaktivitäten keinen merklichen Beitrag. Damit macht KI den Unterschied, wenn es um den Transfer von Digitalisierung in finanzielle Ergebnisse geht.

Tabelle 5: Beitrag von Digitalisierungsaktivitäten zu Innovation und wirtschaftlicher Performance

| | Softwareaktivitäten | Datenbankaktivitäten | Nutzung digitaler Plattformen |
|--|---------------------|----------------------|-------------------------------|
| - Produktinnovationen insgesamt | 6,4 | 6,9 *** | 7,2 *** |
| - physische Waren (inkl. Software) | 5,8 | 6,4 *** | 5,9 *** |
| - Dienstleistungen (inkl. digitale Services) | 9,9 *** | 3,6 | 7,8 *** |
| - Ersatz für veraltete Produkte/Dienstleistungen | 3,8 | 5,3 *** | 4,9 *** |
| - Verbesserung bestehender Produkte/Dienstleist. | 3,6 | 4,6 ** | 7,4 *** |
| - vollständige Neuentwicklung | 5,5 ** | 2,3 | 3,2 ** |
| - kein Vorgängerprodukt im Unternehmen | 5,3 ** | 7,2 *** | 2,2 |
| - auf Basis schon zuvor genutzter Technologien | 4,0 | 4,6 ** | 4,6 ** |
| - auf Basis neuer Technologien | 5,9 ** | 3,1 * | 4,5 *** |
| - Erwartungen erfüllt | 7,0 ** | 4,4 ** | 7,4 *** |
| - Nachahmerinnovationen | 1,0 | 5,0 ** | 8,6 *** |
| - Marktneuheiten | 3,9 ** | 1,7 | 3,9 *** |
| - Weltmarktneuheiten | 2,7 *** | -0,2 | 0,6 |
| - Prozessinnovationen insgesamt | 12,7 *** | 14,7 *** | 11,1 *** |
| - Fertigungsverfahren | 10,3 *** | 3,7 * | 9,0 *** |
| - Logistikverfahren | 6,8 *** | 4,4 ** | 2,7 |
| - IT-Verfahren | 8,7 ** | 17,1 *** | 9,2 *** |
| - administrative Verfahren | 5,6 | 10,5 *** | 12,1 *** |
| - Geschäftsprozessmethoden | 6,9 ** | 3,0 | 10,3 *** |
| - Arbeitsorganisationsmethoden | 5,9 | 4,0 * | 11,6 *** |
| - Marketingmethoden | 0,6 | 7,4 *** | 7,3 *** |
| - Erwartungen erfüllt | 2,7 | 7,9 *** | 9,0 *** |
| - Kostenreduktion | 4,6 * | 7,4 *** | 6,9 *** |
| - Umsatz mit Produktinnovationen insgesamt^{a)} | 0,3 | 0,4 | 1,9 ** |
| - Umsatz mit Nachahmerinnovationen ^{a)} | 0,7 | 0,4 | 1,8 ** |
| - Umsatz mit Marktneuheiten ^{a)} | -0,4 | 1,1 ** | 1,1 |
| - Umsatz mit Weltmarktneuheiten ^{a)} | -0,4 | 0,6 * | 0,5 |
| - Kostensenkung durch Prozessinnovationen ^{a)} | 0,6 | 0,6 | 1,2 |
| - Umsatzanteil von Produktinnovationen insgesamt | -0,9 | 1,2 | 1,6 |
| - Umsatzanteil von Nachahmerinnovationen | -0,8 | 1,2 | 2,0 ** |
| - Umsatzanteil von Marktneuheiten | -0,7 | 0,6 | 0,5 |
| - Umsatzanteil von Weltmarktneuheiten | -0,3 | 0,4 | 0,3 |
| - Kostenreduktionsanteil durch Prozessinnovationen | 0,4 | 0,1 | 1,0 *** |
| - Umsatzwachstum | -2,9 | 1,9 | -4,2 |
| - Beschäftigungswachstum | 0,4 | 2,5 * | -0,1 |
| - Umsatzrendite | 0,4 | 0,1 | 0,1 |
| - Produktivität ^{b)} | 12,0 | 5,0 | -1,0 |

Beitrag in %-Punkten. - a) Veränderung des Umsatzes bzw. der Kostensenkung in %. - b) in 1.000 € Umsatz je Beschäftigten.

***, **, *: statistisch signifikant bei <1 %, <5 %, <10 % Fehlerwahrscheinlichkeit.

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

4. Zur Rolle der Art des KI-Einsatzes

Im vorangegangenen Abschnitt wurde der generelle Beitrag von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance der deutschen Wirtschaft dargestellt. KI wird von den Unternehmen in sehr unterschiedlicher Weise eingesetzt, d.h. es wird auf verschiedene KI-Verfahren zurückgegriffen, KI wird für unterschiedliche Unternehmensfunktionen und Anwendungen genutzt, es kann auf selbst entwickelte KI-Lösungen oder auf von Dritten entwickelte KI zurückgegriffen werden, und die Unternehmen können auf umfangreiche oder nur geringe Erfahrungen in der Nutzung von KI aufbauen. In diesem Abschnitt wird untersucht, inwieweit diese Unterschiede eine Rolle für den Beitrag von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance spielen. Methodisch werden hierzu dieselben Erklärungsmodelle wie im vorangegangenen Abschnitt herangezogen. Allerdings werden anstelle des generellen KI-Indikators (also ob ein Unternehmen KI einsetzt oder nicht) Indikatoren für die verschiedenen Einsatzformen von KI in die Modellschätzungen aufgenommen:

- KI-Verfahren: Sprachverstehen, Bilderkennung, maschinelles Lernen, wissensbasierte Systeme
- Anwendungsgebiete von KI: Produkte/Dienstleistungen, Prozesse, Kundenkommunikation, Datenanalyse, andere Bereiche
- Breite des KI-Einsatzes: Anzahl der eingesetzten Kombinationen von KI-Verfahren und KI-Anwendungsgebieten (d.h. wie viele unterschiedliche KI-Verfahren in verschiedenen Anwendungsgebieten eingesetzt werden, wobei der maximale Wert 20 ist, da vier Verfahren und fünf Anwendungsgebiete unterschieden werden)
- Entwicklung der KI-Verfahren: vor allem vom Unternehmen selbst, vor allem durch Dritte, sowohl vom Unternehmen selbst als auch durch Dritte
- Ersteinführungszeitpunkt von KI im Unternehmen: vor 2011, 2011 bis 2015, 2016-2017, 2018 oder Anfang 2019.

4.1 KI-Verfahren und KI-Anwendungsgebiete

Von den vier oben genannten Kategorien von KI-Verfahren weisen Verfahren der Bildgebung (u.a. auf Basis von Computer Vision Technologien) die stärksten positiven Beiträge zur Innovationsleistung der KI einsetzenden Unternehmen auf. Gleichzeitig steigern KI-Anwendungen im Bereich der Automatisierung von Prozessen die Wahrscheinlichkeit, Innovationen einzuführen und damit höhere direkte wirtschaftliche Erträge zu erzielen (Tabelle 6). Dies gilt sowohl im Bereich von Prozessinnovationen als auch für Produktinnovationen. Während die starke positive Wirkung KI-basierter Bilderkennung und Prozessautomatisierung im Bereich von Prozessinnovationen unmittelbar einleuchtet, überrascht der positive Beitrag im Bereich von Produktinnovationen. Hier ist zu vermuten, dass durch verbesserte Produktionsverfahren auch die Produktqualität und -funktionalität verbessert werden konnte. Der Einsatz von Verfahren des maschinellen Lernens zeigt im Bereich von Produktinnovationen für einzelne Innovationsarten (Weltmarktneuheiten, Innovationen ohne Vorgängerprodukt im Unternehmen) positive Beiträge. Im Prozessinnovationsbereich ist nur ein relativ schwacher positiver Effekt auf die Einführung von Logistikverfahren zu beobachten. Die Nutzung wissensbasierter Systeme, z.B. über kognitive Modellierung oder semantische Technologien, zeigt nur vereinzelt positive Beiträge zur Innovationsleistung. Von Methoden des Sprachverstehens geht nahezu kein Einfluss auf die Innovationsperformance der KI einsetzenden Unternehmen aus.

Tabelle 6: Beitrag von KI-Verfahren und Anwendungsgebieten zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance

| | KI-Verfahren | | | | | Anwendungsgebiete | | | |
|--|--------------|-----|----|----|----|-------------------|----|----|----|
| | SV | BE | ML | WS | PD | AP | KK | DA | AB |
| Einführung von Innovationen | | | | | | | | | |
| - Produktinnovationen insgesamt | | ++ | + | | | ++ | | | |
| - phys. Waren (inkl. Software) | | +++ | | | | +++ | | | |
| - Dienstleist. (inkl. digitale Services) | | + | + | | ++ | | | | ++ |
| - vollständige Neuentwicklung | | + | | | ++ | ++ | | | |
| - kein Vorgängerprodukt im Untern. | | | ++ | | | + | + | | |
| - auf Basis neuer Technologien | | + | | | | | | | |
| - Erwartungen erfüllt | | +++ | | | | +++ | | | |
| - Marktneuheiten | | +++ | | | | +++ | | | |
| - Weltmarktneuheiten | | | ++ | | | | | | |
| - Prozessinnovationen insgesamt | | | | | | ++ | | | |
| - Fertigungsverfahren | | | | | | +++ | | | |
| - Logistikverfahren | | ++ | + | + | | + | | | |
| - IT-Verfahren | | +++ | | | ++ | ++ | | | |
| - Geschäftsprozessmethoden | | | | | | ++ | + | | |
| - Marketingmethoden | | | | ++ | + | | + | | |
| - Kostenreduktion | | +++ | | | + | ++ | | | |
| Innovationserfolge | | | | | | | | | |
| - Umsatz mit Produktinnovat. insg. | + | ++ | ++ | | + | ++ | | | |
| - Umsatz mit Nachahmerinnovat. | | ++ | | | | | | | |
| - Umsatz mit Marktneuheiten | | + | + | + | + | + | | | |
| - Umsatz mit Weltmarktneuheiten | | | + | | + | | | | |
| - Kostensenk. durch. Prozessinnovat. | | + | | + | ++ | + | - | | |
| wirtschaftliche Performance | | | | | | | | | |
| - Umsatzrendite | | | | ++ | | | | + | |
| - Beschäftigungswachstum | | | | | + | | | | |

SV: Sprachverstehen; BE: Bilderkennung; ML: maschinelles Lernen; WS: wissensbasierte Systeme; PD: Produkte, Dienstleistungen; AP: Automatisierung von Prozessen; KK: Kundenkommunikation; DA: Datenanalyse; AB: andere Bereiche.

+++, ++, + (---, --, -): Stärke des statistisch signifikanten positiven (negativen) Beitrags.

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

KI-Anwendungen im Bereich Produkte und Dienstleistungen zeigen überraschenderweise nur wenig statistisch signifikante positive Beiträge zur Einführung von Produktinnovationen. Dies lässt sich damit erklären, dass zwar relativ viele Unternehmen solche KI-Anwendungen aufweisen (60 Prozent aller KI einsetzenden Unternehmen, vgl. Tabelle 2), dadurch aber die Hervorbringung von Produktinnovationen nicht wahrscheinlicher wird im Vergleich zu Unternehmen ohne KI-Einsatz. KI-Anwendungen im Produkt-/Dienstleistungsbereich stellen somit einen alternativen Weg zu neuen oder verbesserten Produkten und Dienstleistungen dar, führen aber nicht zu zusätzlichen Innovationen. Im Prozessbereich tragen KI-Anwendungen im Bereich Produkte/Dienstleistungen zur häufigeren Einführung von Prozessinnovationen im Bereich IT-Verfahren bei. Dies

zeigt, dass die Integration von KI in Produktangebote oft eine innovative Anpassung von IT-Systemen erfordert. Von KI-Anwendungen im Bereich Kundenkommunikation, Datenanalyse oder anderen Bereichen gehen fast keine statistisch signifikanten Beiträge zur Innovationsleistung der Unternehmen aus.

Die Art der eingesetzten KI-Verfahren und die unterschiedlichen Anwendungsgebiete, in denen KI zum Einsatz kommt, haben kaum einen Einfluss auf die wirtschaftliche Performance der KI einsetzenden Unternehmen. Dies deutet darauf hin, dass die beobachtbaren positiven Wirkungen von KI auf Umsatzrendite und Beschäftigung nicht von einzelnen Einsatzformen ausgehen, sondern genereller Natur sind.

4.2 Breite des KI-Einsatzes im Unternehmen

Die KI einsetzenden Unternehmen in Deutschland wiesen im Jahr 2019 im Mittel 2,7 Kombinationen aus den vier unterschiedlichen KI-Verfahren und den fünf unterschiedlichen KI-Anwendungsgebieten auf. 17 Prozent der KI einsetzenden Unternehmen berichten 5 oder mehr Kombinationen. Je mehr Kombinationen realisiert wurden, desto breiter (und damit auch umfassender und komplexer) ist der Einsatz von KI im Unternehmen. Ein breiter Einsatz verspricht zum einen höhere Beiträge von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance, kann aber auch mit komplexeren Prozessen und höheren Anforderungen an die Integration von Daten und IT-Systemen einhergehen.

Die Analysen zeigen klar, dass Unternehmen, die bei KI breit aufgestellt sind, deutlich bessere Ergebnisse erzielen als Unternehmen, die sich auf nur eine oder sehr wenige KI-Anwendungen konzentrieren (Tabelle 7). Dies gilt sowohl für die Einführung von Innovationen, wie die damit erzielten Erlöse, als auch für die wirtschaftliche Performance (Umsatzrendite, Wachstum). Von allen betrachteten Indikatoren zeigt sich nur für den Umsatzanteil von Nachahmerinnovationen kein statistisch signifikanter Beitrag der KI-Breite. Dies liegt daran, dass hier ein starker nicht-linearer Zusammenhang vorliegt: Bis zu einer Breite von vier Kombinationen zeigt sich ein zunehmender positiver Zusammenhang, danach wird der Zusammenhang schwächer und negativ.

Tabelle 7: Beitrag der Breite des KI-Einsatzes zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance

| | Beitrag in % Punkten ^{a)} | | Optimale Breite ^{b)} | |
|--|---------------------------------------|-----|-------------------------------|-----------|
| | | | ungewichtet | gewichtet |
| Einführung von Innovationen | | | | |
| - Produktinnovationen insgesamt | 1,6 | * | 6 | 5 |
| - physische Waren (inkl. Software) | 1,3 | ** | 7 | 4 |
| - Dienstleistungen (inkl. digitale Services) | 2,2 | *** | 7 | 5 |
| - vollständige Neuentwicklung | 1,4 | *** | 12 | 5 |
| - kein Vorgängerprodukt im Unternehmen | 1,7 | *** | - | 7 |
| - auf Basis neuer Technologien | 0,9 | ** | - | 5 |
| - Erwartungen erfüllt | 1,1 | ** | 7 | 6 |
| - Marktneuheiten | 1,0 | *** | 10 | 5 |
| - Weltmarktneuheiten | 0,7 | *** | - | - |
| - Prozessinnovationen insgesamt | 2,1 | ** | - | 8 |
| - Fertigungsverfahren | 1,9 | *** | - | - |
| - Logistikverfahren | 1,4 | *** | 8 | - |
| - IT-Verfahren | 3,5 | *** | 12 | - |
| - Geschäftsprozessmethoden | 2,0 | *** | - | - |
| - Marketingmethoden | 1,4 | *** | - | - |
| - Kostenreduktion | 1,4 | *** | - | 5 |
| Innovationserfolge | | | | |
| - Umsatz mit Produktinnovationen insgesamt | 1,4 | *** | - | - |
| - Umsatz mit Nachahmerinnovationen | n.s. | | 4 | - |
| - Umsatz mit Marktneuheiten | 1,0 | *** | - | - |
| - Umsatz mit Weltmarktneuheiten | 0,5 | ** | - | - |
| - Kostenreduktionsanteil durch Prozessinnovationen | 0,3 | *** | - | - |
| wirtschaftliche Performance | | | | |
| - Umsatzrendite | 0,2 | ** | - | 6 |
| - Beschäftigungswachstum | 1,5 | * | - | - |

a) Veränderung des Werts des jeweiligen Indikators in %-Punkten, wenn sich die Breite des KI-Einsatzes um eine zusätzliche Kombination von KI-Verfahren und Anwendungsgebiet erhöht (auf Basis ungewichteter Regressionen). ***, **, *, n.s.: Beitrag ist statistisch signifikant bei <1 %, <5 %, <10 % Fehlerwahrscheinlichkeit bzw. nicht signifikant.

b) Wert der Breite des KI-Einsatzes, bei dem der höchste positive Beitrag gemessen wird (nur für statistisch signifikante Optima). "-" zeigt an, dass der positive Beitrag der Breite keinen Wendepunkt aufweist, d.h. der positive Beitrag gilt für jede zusätzliche Kombination, unabhängig davon, wie viele Kombinationen bereits realisiert wurden.

Lesebeispiel: Die Wahrscheinlichkeit, dass ein KI einsetzendes Unternehmen eine Marktneuheit einführt, steigt um 1,0 %-Punkte, wenn ein Unternehmen eine zusätzliche Kombination von KI-Verfahren und Anwendungsgebiet realisiert. Dieser positive Beitrag nimmt (bei ungewichteten Regressionen) bis zu einem Wert von 10 Kombinationen zu, bei einer größeren Anzahl von Kombinationen schwächt sich der positive Beitrag ab. Bei gewichteten Regressionen (die das Verhalten kleinerer Unternehmen stärker gewichten) liegt die optimale Breite bei 5 Kombinationen.

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Für alle anderen Indikatoren nimmt mit der Anzahl der KI-Kombinationen der positive Beitrag zu. Erst bei einer sehr hohen Anzahl von Kombinationen (6 bis 12) zeigen sich Wendepunkte, d.h. danach schwächt sich der KI-Beitrag zu den Innovationsindikatoren wieder ab. Allerdings weisen nur sehr wenige Unternehmen eine so breite Anwendung von KI auf. Auf Basis von gewichteten Regressionen sind die Wendepunkte etwas niedriger

(bei 5 bis 6 Kombinationen), was anzeigt, dass in kleineren Unternehmen die höchsten KI-Beiträge tendenziell bei einer geringeren Breite erzielt werden als in größeren Unternehmen.⁵

4.3 KI-Entwicklung und KI-Einführungszeitpunkt

Unternehmen, die KI-Verfahren einsetzen, die vor allem von Dritten (extern) entwickelt wurden, weisen häufiger Produktinnovationen auf als Unternehmen mit interner KI-Entwicklung (Tabelle 8). Dies gilt für anspruchsvollere Produktinnovationen (kein Vorgängerprodukt, vollständige Neuentwicklung) und für Prozessinnovationen insgesamt. Extern entwickelte KI-Verfahren tragen auch dazu bei, dass die Erwartungen der Unternehmen an die eingeführten Produktinnovationen eher erfüllt werden. Außerdem zeigt sich im Vergleich zu intern entwickelten KI-Verfahren ein höherer Produktinnovationserfolg. Offenbar können durch den Rückgriff auf externe Expertise Lernkosten reduziert und bereits etablierte Standards genutzt werden.

Erfolgsversprechend ist aber auch die Kombination von interner und externer Entwicklung von KI-Verfahren. Sie unterstützt ebenfalls die Einführung anspruchsvoller Produktinnovationen (kein Vorgängerprodukt, Weltmarktneuheiten) und führt zu merklich höheren Innovationserfolgen, insbesondere mit Marktneuheiten und darunter vor allem mit Weltmarktneuheiten. Im Prozessbereich geht eine solche KI-Entwicklungsstrategie mit der vermehrten Einführung von neuen Fertigungs- und Logistikverfahren einher und trägt zu höheren Kosteneinsparungen bei. Als Ergebnis zeigen sich auch positive Beiträge dieser KI-Entwicklungsstrategie auf die Umsatzrendite.

Eine auf interne Entwicklungsarbeit setzende KI-Strategie zeigt dagegen nur in Bezug auf die Einführung von Dienstleistungsinnovationen und bei der Einführung neuer Fertigungsverfahren positive Beiträge. Hier spielt möglicherweise die genaue Kenntnis von internen Prozessen eine große Rolle für die erfolgreiche Nutzung von KI im Rahmen von Innovationen. Für die Einführung von Weltmarktneuheiten lässt sich ein positiver, wenn gleich nur schwacher Zusammenhang erkennen, während der Umsatz mit Marktneuheiten bei primär intern entwickelter KI sogar niedriger liegt als bei Unternehmen ohne KI-Einsatz. Der positive Beitrag zur Beschäftigungsentwicklung könnte damit zusammenhängen, dass für die interne Entwicklung von KI-Verfahren ein Personalaufbau notwendig ist, sei es direkt im Entwicklungsbereich oder sei es im Zuge der Implementierung der KI-Anwendungen.

Für den Ersteinführungszeitpunkt von KI in den Unternehmen, die im Jahr 2019 KI genutzt haben, zeigt sich kein sehr klarer Zusammenhang mit Innovationsleistung und wirtschaftlicher Performance. Für die Einführung der verschiedenen Arten von Produktinnovationen erweist sich zum einen ein früherer Zeitpunkt der erstmaligen Nutzung von KI (Zeitraum 2011-2015) sowie ein späterer Zeitpunkt (2018-2019) als günstig. Für die Einführung von Weltmarktneuheiten scheint dagegen eine schon längere Erfahrung mit KI von Vorteil zu sein, denn die positiven Beiträge von KI zeigen sich nur für Unternehmen, die vor 2016 erstmals KI genutzt haben. Demgegenüber ist die Realisierung von Produktinnovationen, die vollständige Neuentwicklungen darstellen

⁵ Bei gewichteten Regressionen auf Indikatoren, die das Auftreten eines bestimmten Ereignisses in einem Unternehmen messen, erhalten kleinere Unternehmen ein höheres Gewicht als große Unternehmen. Dies liegt an den disproportionalen Ziehungswahrscheinlichkeiten für kleine und große Unternehmen in der Stichprobe des MIP. Während faktisch alle großen Unternehmen Teil der MIP-Stichprobe sind, repräsentieren kleine Unternehmen oft mehrere Dutzend andere Unternehmen.

oder für die es kein Vorgängerprodukt im Unternehmen gibt, eher wahrscheinlich, wenn das Unternehmen gerade erst in die KI-Nutzung eingestiegen ist.

Tabelle 8: Beitrag der Entwicklung von KI-Verfahren des Ersteinführungsjahrs von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance

| | Entwicklung der eingesetzten KI-Verfahren | | | Ersteinführungsjahr von KI im Unternehmen | | | |
|--------------------------------------|---|--------|-----------|---|---------|---------|---------|
| | intern | extern | int.+ext. | <2011 | '11-'15 | '16-'17 | '18-'19 |
| Einführung von Innovationen | | | | | | | |
| - Produktinnovationen insges. | | | | | ++ | | |
| - phys. Waren (inkl. Software) | | + | | | +++ | | |
| - Dienstleist. (inkl. digit. Serv.) | ++ | | | | ++ | | |
| - vollständige Neuentwicklung | | ++ | | | + | | ++ |
| - kein Vorgängerpr. im Untern. | | ++ | ++ | | | | +++ |
| - auf Basis neuer Technolog. | | | | | | | |
| - Erwartungen erfüllt | | +++ | | | | | + |
| - Marktneuheiten | | | | | | | |
| - Weltmarktneuheiten | + | | + | ++ | ++ | | |
| - Prozessinnovationen insges. | | +++ | | | | +++ | |
| - Fertigungsverfahren | ++ | ++ | +++ | ++ | | + | ++ |
| - Logistikverfahren | | | +++ | ++ | | | |
| - IT-Verfahren | | + | | | + | ++ | |
| - Geschäftsprozessmethoden | | + | | | | | |
| - Marketingmethoden | | | | | | | |
| - Kostenreduktion | | | ++ | | | | + |
| Innovationserfolge | | | | | | | |
| - Umsatz mit Produktinn. insg. | | + | +++ | + | +++ | ++ | |
| - Umsatz mit Nachahmerinn. | | + | + | | ++ | ++ | |
| - Umsatz mit Marktneuheiten | -- | ++ | +++ | | +++ | | |
| - Umsatz mit Weltmarktneuh. | | | +++ | | +++ | + | |
| - Kostensenk. durch Prozessinn. | | | + | + | ++ | + | |
| wirtschaftliche Performance | | | | | | | |
| - Umsatzrendite | | | ++ | + | | | ++ |
| - Beschäftigungswachstum | ++ | | | | | + | |

+++ , ++ , + (--- , -- , -): Stärke des statistisch signifikanten positiven (negativen) Beitrags.

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

Im Prozessinnovationsbereich ist das Bild noch weniger eindeutig. Ein klares Muster zwischen Ersteinführungszeitpunkt von KI und der Einführung von Prozessinnovationen ist nicht zu erkennen.

Dies ist deutlich anders in Bezug auf die Indikatoren zum Innovationserfolg. Die stärksten positiven KI-Beiträge sind in Unternehmen zu beobachten, die im Zeitraum 2011-2015 erstmals KI-Verfahren im Unternehmen eingesetzt haben. Ebenfalls positive, aber schwächere Beiträge zeigen sich für die Ersteinführungsjahre 2016

und 2017. Nur vereinzelt können Unternehmen, die bereits vor 2011 KI eingesetzt haben, höhere Innovationserfolge erzielen. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass es zum einen einige Zeit braucht, um mit Hilfe von KI signifikant höher Erlöse mit neuen Produkten und höhere Kosteneinsparungen zu erzielen. Zum anderen scheinen die positiven Erlösbeiträge aber auch einige Zeit anzuhalten und nicht nur kurzfristig zu sein, schwächen sich aber nach längerer Zeit wieder ab.

Die Ergebnisse für den finanziellen Erfolg (Umsatzrendite) passen allerdings nicht in dieses Bild. Sie sind signifikant höher in Unternehmen, die KI erstmals erst 2018 oder 2019 eingesetzt haben, sowie – jedoch auf schwächerem Niveau – für Unternehmen mit schon sehr langer KI-Erfahrung. Die positiven Beschäftigungsbeiträge von KI sind tendenziell bei Unternehmen zu verorten, die in den Jahren 2016-2017 erstmals KI eingesetzt haben.

5. Literatur

Arntz, M., T. Gregory, U. Zierahn (2017), Revisiting the Risk of Automation, *Economics Letters* 159, 157-160.

Cockburn, I.M., R. Henderson, S. Stern (2018): *The Impact of Artificial Intelligence on Innovation*. NBER Working Paper 24449, Cambridge, MA.

Lee, J., T. Suh, D. Roy, M. Baucus (2019): *Emerging Technology and Business Model Innovation: The Case of Artificial Intelligence*. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 5, 44 (doi:10.3390/joitmc5030044).

Rammer, C. (2020): *Dokumentation zur Innovationserhebung 2019*. Mannheim: ZEW.

Rammer, C., A. Jäger, B. Krieger, C. Lerch, G. Licht, B. Peters, A. Spielkamp (2018): *Produktivitätsparadoxon im Maschinenbau*. Studie im Auftrag der IMPULS-Stiftung. Mannheim und Karlsruhe: ZEW und Fraunhofer-ISI.

Rammer, C., I. Bertschek, B. Schuck, V. Demary, H. Goecke (2020): *Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Deutschen Wirtschaft. Stand der KI-Nutzung im Jahr 2019*. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Seifert, I., M. Bürger, L. Wangler, S. Christmann-Budian, M. Rohde, P. Gabriel, G. Zinke (2018): *Potenziale der Künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland*. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm PAiCE. Berlin: iit-Institut für Innovation und Technik in der VDI / VDE Innovation + Technik GmbH.

6. Anhang

Tabelle 9: Definition und deskriptive Statistik der Modellvariablen

| Variable | Definition | MW | StAb | Min. | Max. |
|-------------------------------------|--|------|------|------|------|
| KI-Einsatz | 1: Einsatz von Verfahren der künstlichen Intelligenz zum Befragungszeitpunkt (Mitte 2019), 0 andernfalls | 0,08 | 0,26 | 0 | 1 |
| KI zu Sprachverstehen | 1: Einsatz von KI-Verfahren im Bereich Sprachverstehen, 0 andernfalls | 0,02 | 0,15 | 0 | 1 |
| KI zu Bilderkennung | 1: Einsatz von KI-Verfahren im Bereich Bilderkennung, 0 andernfalls | 0,04 | 0,20 | 0 | 1 |
| KI zu maschinellem Lernen | 1: Einsatz von KI-Verfahren im Bereich maschinelles Lernen (inkl. maschinelles Beweisen), 0 andernfalls | 0,04 | 0,19 | 0 | 1 |
| KI zu wissensbasierten Systemen | 1: Einsatz von KI-Verfahren im Bereich wissensbasierte Systemen, 0 andernfalls | 0,03 | 0,18 | 0 | 1 |
| KI zu Produkten/ Dienstleistungen | 1: Anwendung von KI-Verfahren in Produkten oder Dienstleistungen, 0 andernfalls | 0,04 | 0,20 | 0 | 1 |
| KI zu Automatisierung von Prozessen | 1: Anwendung von KI-Verfahren zur Automatisierung von Prozessen, 0 andernfalls | 0,04 | 0,20 | 0 | 1 |
| KI zu Kundenkommunikation | 1: Anwendung von KI-Verfahren zur Kundenkommunikation, 0 andernfalls | 0,01 | 0,12 | 0 | 1 |
| KI zu Datenanalyse | 1: Anwendung von KI-Verfahren zur Datenanalyse, 0 andernfalls | 0,03 | 0,17 | 0 | 1 |
| KI zu anderen Bereichen | 1: Anwendung von KI-Verfahren in anderen Bereichen, 0 andernfalls | 0,01 | 0,09 | 0 | 1 |
| Breite des KI-Einsatzes | Anzahl der Kombinationen von KI-Verfahren und KI-Anwendungsgebieten | 0,22 | 1,01 | 0 | 16 |
| KI-Entwicklung intern | 1: Entwicklung der eingesetzten KI-Verfahren vor allem durch das Unternehmen selbst, 0 andernfalls | 0,02 | 0,12 | 0 | 1 |
| KI-Entwicklung extern | 1: Entwicklung der eingesetzten KI-Verfahren vor allem durch Dritte, 0 andernfalls | 0,03 | 0,18 | 0 | 1 |
| KI-Entwicklung intern und extern | 1: Entwicklung der eingesetzten KI-Verfahren sowohl durch das Unternehmen selbst als auch durch Dritte, 0 andernfalls | 0,02 | 0,14 | 0 | 1 |
| KI-Ersteinsatz vor 2011 | 1: erstmaliger Einsatz von KI im Unternehmen vor dem Jahr 2011, 0 andernfalls | 0,01 | 0,11 | 0 | 1 |
| KI-Ersteinsatz 2011-2015 | 1: erstmaliger Einsatz von KI im Unternehmen in den Jahren 2011 bis 2015, 0 andernfalls | 0,01 | 0,12 | 0 | 1 |
| KI-Ersteinsatz 2016-2017 | 1: erstmaliger Einsatz von KI im Unternehmen in den Jahren 2016 bis 2017, 0 andernfalls | 0,02 | 0,15 | 0 | 1 |
| KI-Ersteinsatz 2018-2019 | 1: erstmaliger Einsatz von KI im Unternehmen in den Jahren 2018 oder 2019, 0 andernfalls | 0,02 | 0,13 | 0 | 1 |
| Softwareaktivitäten | 1: Softwareprogrammierung (intern oder durch Externe) oder Erwerb von Softwareprogrammen (inkl. Lizenzen) 2016-2018, 0 andernfalls | 0,51 | 0,50 | 0 | 1 |
| Datenbankaktivitäten | 1: Aufbau/Pflege eigener Datenbanken, Ankauf von Datenbanken Dritter oder systematischer Analyse großer Datenmengen 2016-2018, 0 andernfalls | 0,33 | 0,47 | 0 | 1 |
| Nutzung digitaler Plattformen | 1: Nutzung von sozialen (web-basierten) Netzen, von Crowdsourcing, von Open Source Software oder von offenen Plattformen als Zugangsweg zum Knowhow Dritter 2015-2018, 0 andernfalls | 0,35 | 0,48 | 0 | 1 |
| kontinuierliche FuE-Tätigkeit | 1: Durchführung von internen FuE-Aktivitäten auf kontinuierlicher Basis 2016-2018, 0 andernfalls | 0,22 | 0,41 | 0 | 1 |
| gelegentliche FuE-Tätigkeit | 1: gelegentlicher Durchführung von internen FuE-Aktivitäten 2016-2018, 0 andernfalls | 0,11 | 0,32 | 0 | 1 |

| | | | | | |
|--------------------------------------|--|-------|------|-------|-------|
| Akademikeranteil | Anzahl der Beschäftigten mit Hochschulabschluss in Relation zur Anzahl der Beschäftigten insgesamt im Jahr 2018 | 0,25 | 0,29 | 0 | 1 |
| Innovationsausgaben (log) | Logarithmus der Höhe der Innovationsausgaben im Jahr 2018 (in Mio. €) | -9,05 | 5,99 | -13,8 | 8,73 |
| Innovationsintensität | Innovationsausgaben im Jahr 2018 in Relation um Umsatz | 0,04 | 0,12 | 0 | 1 |
| Alter (log) | Logarithmus der Anzahl der Jahre zwischen Gründung des Unternehmens dem Jahr 2018 | 3,16 | 0,87 | -0,69 | 6,50 |
| Beschäftigtenzahl (log) | Logarithmus der Anzahl der Beschäftigten im Jahresdurchschnitt 2018 (inkl. Selbstständige, Auszubildende und Praktikanten, ohne Leiharbeitnehmer) | 3,13 | 1,62 | -0,69 | 12,81 |
| 10-19 Beschäftigte | Anzahl der Beschäftigten im Jahr 2018 zwischen 10 und 19, 0 andernfalls | 0,22 | 0,41 | 0 | 1 |
| 20-49 Beschäftigte | Anzahl der Beschäftigten im Jahr 2018 zwischen 20 und 49, 0 andernfalls | 0,21 | 0,40 | 0 | 1 |
| 50-99 Beschäftigte | Anzahl der Beschäftigten im Jahr 2018 zwischen 50 und 99, 0 andernfalls | 0,11 | 0,32 | 0 | 1 |
| 100-249 Beschäftigte | Anzahl der Beschäftigten im Jahr 2018 zwischen 100 und 249, 0 andernfalls | 0,09 | 0,29 | 0 | 1 |
| 250-499 Beschäftigte | Anzahl der Beschäftigten im Jahr 2018 zwischen 250 und 499, 0 andernfalls | 0,04 | 0,20 | 0 | 1 |
| 500-999 Beschäftigte | Anzahl der Beschäftigten im Jahr 2018 zwischen 500 und 999, 0 andernfalls | 0,02 | 0,15 | 0 | 1 |
| 1.000+ Beschäftigte | Anzahl der Beschäftigten im Jahr 2018 1.000 oder mehr, 0 andernfalls | 0,02 | 0,15 | 0 | 1 |
| Wettbewerbsintensität | Summe des Ausmaßes des Zutreffens (3=trifft voll zu, 2=trifft eher zu, 1=trifft zu, 0=trifft nicht zu) folgender Merkmale des Wettbewerbsumfelds: "kurze Produktzyklen", "hohe technologische Unsicherheit", "leichte Substituierbarkeit von Produkten/Dienstleistungen", "hohe Bedrohung durch Markteintritte", "schwer vorhersehbare Handlungen der Konkurrenten", "schwer vorhersehbare Nachfrageentwicklung", "hohe Konkurrenz aus dem Ausland", "hohe Preiselastizität der Nachfrage" | 10,91 | 4,40 | 0 | 24 |
| Marketingintensität | Aufwendungen für Marketing 2018 (Werbung, Marketingstrategien, Markt- und Kundennutzungsforschung, Einführung neuer Vertriebswege) in Relation zum Umsatz | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 1,85 |
| Kapitalintensität | Sachanlagevermögen zu Jahresbeginn 2018 in Mio. € in Relation zur Anzahl der Beschäftigten im Jahresdurchschnitt 2018 | 0,11 | 0,56 | 0,00 | 32,73 |
| Patentnutzung | 1: Nutzung von Patenten 2016-2018 zum Schutz des intellektuellen Eigentums des Unternehmens, 0 andernfalls | 0,15 | 0,35 | 0 | 1 |
| Markennutzung | 1: Nutzung von Marken 2016-2018 zum Schutz des intellektuellen Eigentums des Unternehmens, 0 andernfalls | 0,18 | 0,38 | 0 | 1 |
| Teil einer Unternehmensgruppe | 1: Unternehmen ist Teil eines Konzerns oder eines Zusammenschlusses mehrerer Unternehmen, 0 andernfalls | 0,28 | 0,45 | 0 | 1 |
| Exportquote | Umsatzerlöse mit Kunden außerhalb Deutschlands 2018 in Relation zum Umsatz insgesamt | 0,14 | 0,25 | 0 | 1 |
| Einführung Produktinnovationen (PdI) | 1: Einführung von neuen oder verbesserten Produkten oder Dienstleistungen 2016-2018, die sich merklich von den zuvor vom Unternehmen angebotenen Produkten oder Dienstleistungen unterscheiden, 0 andernfalls | 0,40 | 0,49 | 0 | 1 |
| Einführung PdI physische Waren | 1: Produktinnovation im Bereich physische Waren (inkl. Software, digitale Produkte), 0 andernfalls | 0,29 | 0,45 | 0 | 1 |
| Einführung PdI Dienstleistungen | 1: Produktinnovation im Bereich Dienstleistungen (inkl. digitaler Dienstleistungen), 0 andernfalls | 0,24 | 0,43 | 0 | 1 |
| Einführung PdI Ersatz | 1: Produktinnovationen sind Ersatz für nicht mehr zeitgemäße oder veraltete Produkte oder Dienstleistungen, 0 andernfalls | 0,17 | 0,37 | 0 | 1 |
| Einführung PdI Verbesserung | 1: Produktinnovationen sind Verbesserungen von bestehenden Produkten oder Dienstleistungen, 0 andernfalls | 0,32 | 0,46 | 0 | 1 |
| Einführung PdI Neuentwicklung | 1: Produktinnovation stellen vollständige Neuentwicklungen von Produkten oder Dienstleistungen dar, 0 andernfalls | 0,17 | 0,38 | 0 | 1 |

| | | | | | |
|---|---|--------|-------|-------|-------|
| Einführung PdI ohne Vorgängerprodukt | 1: Produktinnovationen haben keine Vorgängerprodukte/-dienstleistungen im Unternehmen, 0 andernfalls | 0,17 | 0,38 | 0 | 1 |
| Einführung PdI existierende Technologien | 1: Produktinnovationen basieren auf schon zuvor im Unternehmen genutzten Technologien/Konzepten, 0 andernfalls | 0,24 | 0,43 | 0 | 1 |
| Einführung PdI neue Technologien | 1: Produktinnovationen basieren auf für das Unternehmen neuen Technologien/Konzepten, 0 andernfalls | 0,18 | 0,38 | 0 | 1 |
| Einführung PdI Erwartungen erfüllt | 1: Produktinnovationen haben die in sie gesetzten Erwartung erfüllt oder übertroffen, 0 andernfalls | 0,21 | 0,41 | 0 | 1 |
| Einführung PdI Nachahmerinnovationen | 1: Produktinnovationen sind in gleicher oder ähnlicher Form schon zuvor von anderen Unternehmen im Markt angeboten worden, 0 andernfalls | 0,31 | 0,46 | 0 | 1 |
| Einführung PdI Marktneuheiten | 1: Produktinnovationen wurden von dem Unternehmen als erster Anbieter im Markt eingeführt, 0 andernfalls | 0,14 | 0,35 | 0 | 1 |
| Einführung PdI Weltmarktneuheiten | 1: Produktinnovationen wurden von dem Unternehmen als erster Anbieter im Weltmarkt eingeführt, 0 andernfalls | 0,06 | 0,23 | 0 | 1 |
| Einführung Prozessinnovationen (PzI) | 1: Einführung von neuen oder verbesserten Prozessen oder Verfahren 2016-2018, die sich merklich von den zuvor im Unternehmen eingesetzten Prozessen oder Verfahren unterscheiden, 0 andernfalls | 0,54 | 0,50 | 0 | 1 |
| Einführung PzI Fertigung | 1: Prozessinnovationen im Bereich Produktionsverfahren, Verfahren zur Dienstleistungserbringungen oder Verfahren im Entwicklungsbereich, 0 andernfalls | 0,26 | 0,44 | 0 | 1 |
| Einführung PzI Logistik | 1: Prozessinnovationen im Bereich logistische Verfahren, Auslieferungs- oder Vertriebsmethoden, 0 andernfalls | 0,12 | 0,32 | 0 | 1 |
| Einführung PzI Informationsverarbeitung | 1: Prozessinnovationen im Bereich Informationsverarbeitung (Hardware, Software, Datenanalyse), 0 andernfalls | 0,34 | 0,47 | 0 | 1 |
| Einführung PzI Administration | 1: Prozessinnovationen im Bereich unterstützende Verfahren für Administration und Verwaltung, 0 andernfalls | 0,25 | 0,43 | 0 | 1 |
| Einführung PzI Geschäftsprozesse | 1: Prozessinnovationen im Bereich Methoden zur Organisation von Geschäftsprozessen und der Gestaltung von Außenbeziehung 0 andernfalls | 0,22 | 0,41 | 0 | 1 |
| Einführung PzI Arbeitsorganisation | 1: Prozessinnovationen im Bereich Methoden der Arbeitsorganisation, 0 andernfalls | 0,29 | 0,45 | 0 | 1 |
| Einführung PzI Marketing | 1: Prozessinnovationen im Bereich Marketingmethoden, 0 andernfalls | 0,20 | 0,40 | 0 | 1 |
| Einführung PzI Erwartungen erfüllt | 1: Prozessinnovationen haben die in sie gesetzten Erwartung erfüllt oder übertroffen, 0 andernfalls | 0,24 | 0,43 | 0 | 1 |
| Einführung PzI Kostenreduktion | 1: Prozessinnovationen haben zu einer Senkung der Kosten je Stück oder Vorgang geführt, 0 andernfalls | 0,17 | 0,37 | 0 | 1 |
| Umsatz mit Produktinnovationen (log) | Logarithmus des Umsatzes, der 2018 mit 2016-2018 eingeführten Produktinnovationen erzielt wurde (in Mio. €) | -8,80 | 6,59 | -13,8 | 10,80 |
| Umsatz mit Nachahmerinnovationen (log) | Logarithmus des Umsatzes, der 2018 mit 2016-2018 eingeführten Nachahmerinnovationen erzielt wurde (in Mio. €) | -9,65 | 6,24 | -13,8 | 9,20 |
| Umsatz mit Marktneuheiten (log) | Logarithmus des Umsatzes, der 2018 mit 2016-2018 eingeführten Marktneuheiten erzielt wurde (in Mio. €) | -12,24 | 4,30 | -13,8 | 8,69 |
| Umsatz mit Weltmarktneuheiten (log) | Logarithmus des Umsatzes, der 2018 mit 2016-2018 eingeführten Weltmarktneuheiten erzielt wurde (in Mio. €) | -13,14 | 2,92 | -13,8 | 8,28 |
| Kostensenkung durch Prozessinnovationen (log) | Logarithmus der Kosteneinsparungen im Jahr 2018, die mit 2016-2018 eingeführten Prozessinnovationen erzielt wurde (in Mio. €) | -11,85 | 4,67 | -13,8 | 8,36 |
| Umsatzanteil von Produktinnovationen | Anteil des Umsatzes 2018 in %, der mit 2016-2018 eingeführten Produktinnovationen erzielt wurde | 9,78 | 19,74 | 0 | 100 |
| Umsatzanteil von Nachahmerinnovationen | Anteil des Umsatzes 2018 in %, der mit 2016-2018 eingeführten Nachahmerinnovationen erzielt wurde | 7,01 | 16,07 | 0 | 100 |
| Umsatzanteil von Marktneuheiten | Anteil des Umsatzes 2018 in %, der mit 2016-2018 eingeführten Marktneuheiten erzielt wurde | 2,01 | 9,23 | 0 | 100 |
| Umsatzanteil von Weltmarktneuheiten | Anteil des Umsatzes 2018 in %, der mit 2016-2018 eingeführten Weltmarktneuheiten erzielt wurde | 0,76 | 5,97 | 0 | 100 |

| | | | | | |
|----------------------------------|--|------|------|------|------|
| Kostenreduktionsanteil durch PzI | Anteil der 2018 realisierten Kostensenkung je Stück/Vorgang an den durchschnittlichen Kosten je Stück/Vorgang in %, die mit 2016-2018 eingeführten Prozessinnovationen erzielt wurde | 1,43 | 4,86 | 0 | 80 |
| Umsatzwachstum | Veränderung des Umsatzes zwischen 2016 und 2018 in % | 14,1 | 54,5 | -79 | 1000 |
| Beschäftigungswachstum | Veränderung der Beschäftigtenzahl zwischen 2016 und 2018 in % | 7,2 | 37,5 | -83 | 700 |
| Umsatzrendite <0 % | 1: Gewinne vor Steuern im Jahr 2018 unter 0 % des Umsatzes des Jahres 2018, 0 andernfalls | 0,10 | 0,30 | 0 | 1 |
| Umsatzrendite 0 bis <2 % | 1: Gewinne vor Steuern im Jahr 2018 zwischen 0 und unter 2 % des Umsatzes des Jahres 2018, 0 andernfalls | 0,14 | 0,35 | 0 | 1 |
| Umsatzrendite 2 bis <4 % | 1: Gewinne vor Steuern im Jahr 2018 zwischen 2 und unter 4 % des Umsatzes des Jahres 2018, 0 andernfalls | 0,16 | 0,36 | 0 | 1 |
| Umsatzrendite 4 bis <7 % | 1: Gewinne vor Steuern im Jahr 2018 zwischen 4 und unter 7 % des Umsatzes des Jahres 2018, 0 andernfalls | 0,18 | 0,38 | 0 | 1 |
| Umsatzrendite 7 bis <10 % | 1: Gewinne vor Steuern im Jahr 2018 zwischen 7 und unter 10 % des Umsatzes des Jahres 2018, 0 andernfalls | 0,14 | 0,35 | 0 | 1 |
| Umsatzrendite 10 bis <15 % | 1: Gewinne vor Steuern im Jahr 2018 zwischen 10 und unter 15 % des Umsatzes des Jahres 2018, 0 andernfalls | 0,13 | 0,33 | 0 | 1 |
| Umsatzrendite 15 % und mehr | 1: Gewinne vor Steuern im Jahr 2018 von 15 % oder mehr des Umsatzes des Jahres 2018, 0 andernfalls | 0,15 | 0,36 | 0 | 1 |
| Produktivität | Umsatz je Beschäftigten (in Vollzeitstellen) im Jahr 2018 in 1.000 € | 0,20 | 0,36 | 0,01 | 7,60 |

MW: Mittelwert; StAb: Standardabweichung; Min.: Minimumwert; Max.: Maximumwert
Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2019

