

NUTZUNG VON INDUSTRIEROBOTERN UND DEREN AUSWIRKUNG AUF BETRIEBSEBENE

Cornelius Moll und Angela Jäger | Fraunhofer ISI

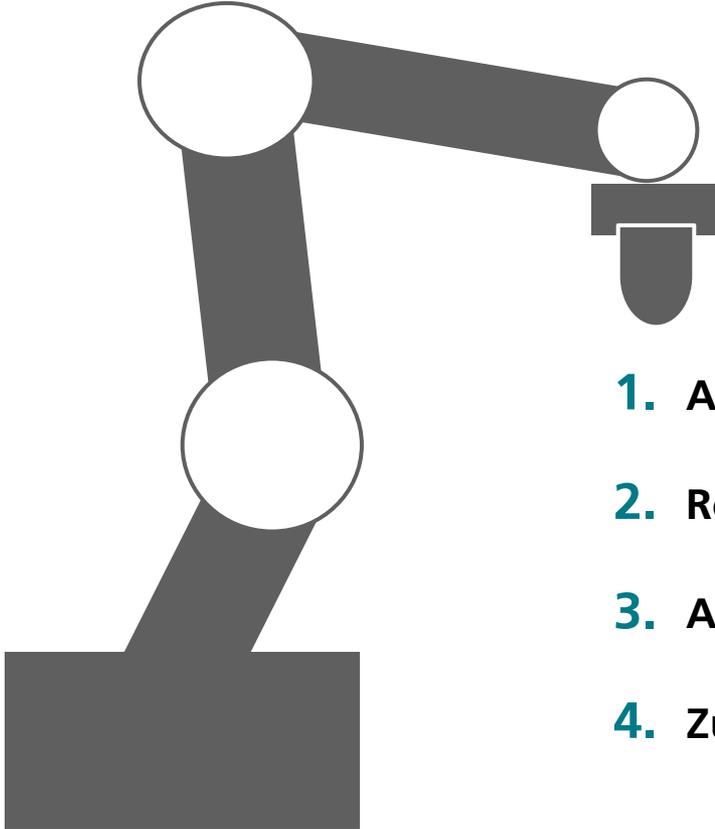
Konferenz: Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0

Stuttgart | 19. September 2016



© By BMW Werk Leipzig (<http://bmw-werk-leipzig.de>) [CC BY-SA 2.0 de (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/de/deed.en>)], via Wikimedia Commons

Gliederung



- 1. Ausgangslage und Problemstellung**
- 2. Roboternutzung in der Produktion**
- 3. Auswirkungen von Roboternutzung**
- 4. Zusammenfassung und Ausblick**

1. Ausgangslage und Problemstellung



Technologische
Weiterentwicklung



Zunehmende
Einsatzbereiche
Größere
Anzahl



Potenziale von Roboternutzung

- Höhere **Produktivität**
- Bessere **Qualität**
- Arbeiten in gefährlicher **Umgebung**

Ängste in der Öffentlichkeit

- **Verlust** von **Industriearbeitsplätzen**
- Nur noch Jobs für Hochqualifizierte

Bedarf an belastbaren Erkenntnissen :

- ▶ Verbreitung und **Einsatz** von Robotern in der Produktion
- ▶ Erkenntnisse aus der **Diffusionsdynamik** in der Industrie
- ▶ **Wirkmechanismen** des Einsatzes von Robotern

1. Ausgangslage und Problemstellung

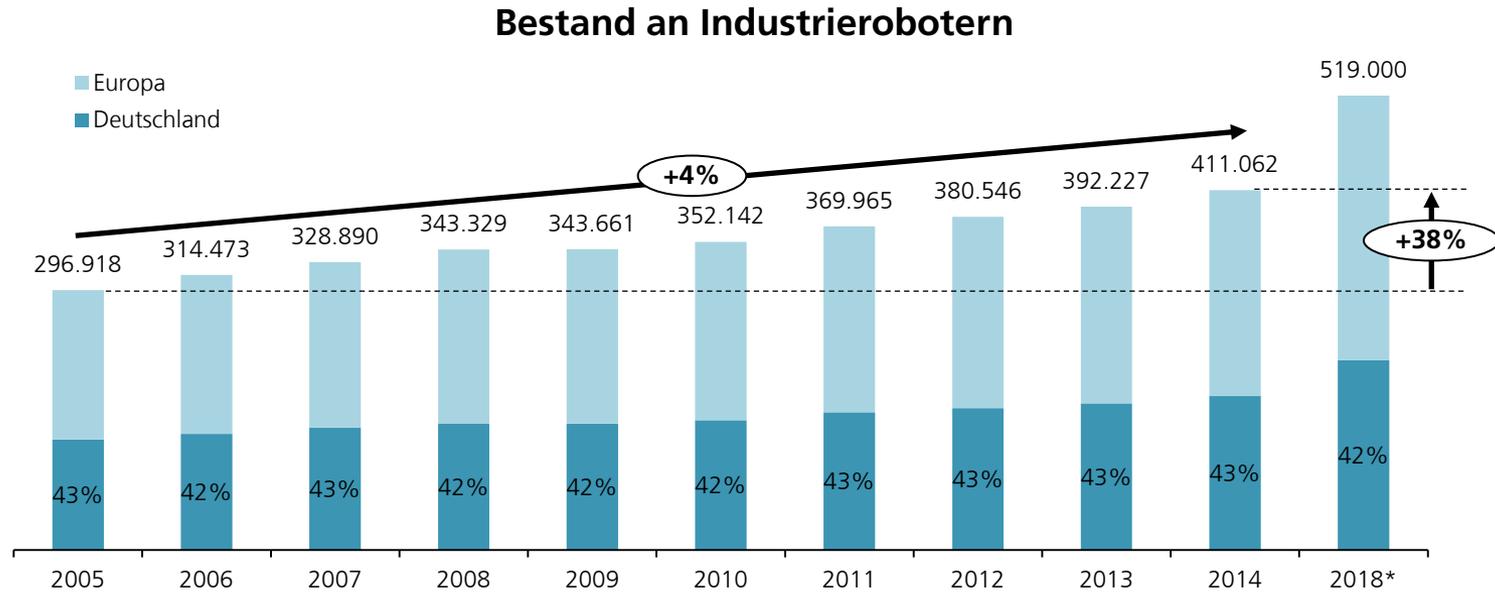
- **Empirische Befunde** zu Auswirkungen von Roboternutzung noch immer **rar** (*Brynjolfsson und McAfee 2011, Kromann et al. 2011, Autor und Dorn 2013, Frey und Osborne 2013, Gorle und Clive 2013, Goos et al. 2014, Gaetz und Michaels 2015*)
- Quantitative Studien meist auf Grundlage **makro-ökonomischer Daten** auf **Länder-** oder **Branchenebene** ohne Beachtung der **Wirkmechanismen auf Betriebsebene** und ohne Beachtung der Wirkung in der Produktion



Bedarf an **empirischen Studien**, die **Roboternutzung** und andere **potenzielle Einflussfaktoren** von **Beschäftigungseffekten** auf **Betriebsebene** untersuchen

2. Roboternutzung in der Produktion

Industrieroboter in Deutschland und Europa



Quelle: Daten von World Robotics 2013, IFR 2015

* Prognose

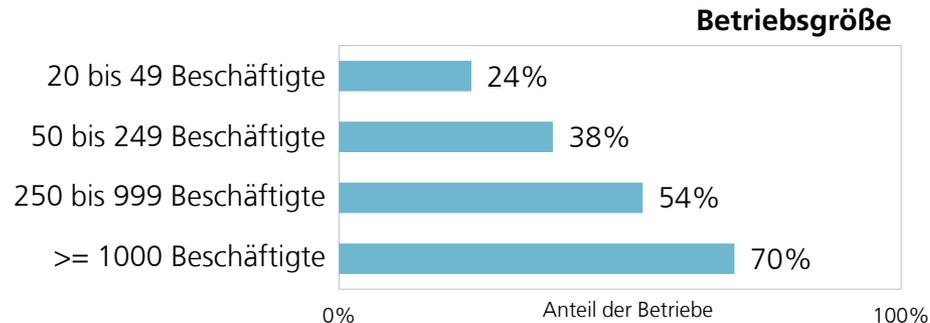
- Stetige Zunahme des Bestands
- Deutschland ist Land mit den meisten Robotern in Europa und fünfgrößter Nutzer von Industrierobotern weltweit
- Fast jeder zweite Industrieroboter Europas in Deutschland eingesetzt

IFR World Robotics Daten:

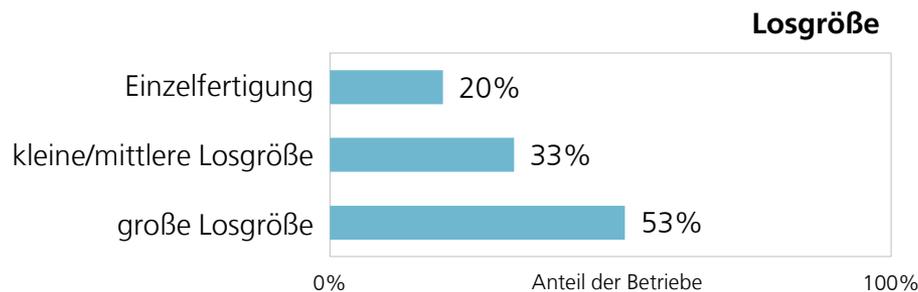
Bestand an Industrierobotern entweder von nationalen Robotik-Verbänden erhoben und gemeldet oder konsolidierten Verkaufszahlen von Industrieroboterherstellern weltweit kumuliert

2. Roboternutzung in der Produktion

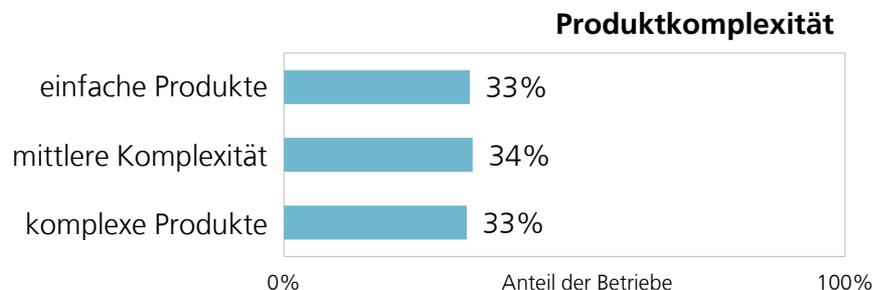
Charakteristika von Roboternutzern



- Anteil an Roboternutzern unter großen und sehr großen Betrieben dreimal höher als bei kleinen und mittleren Betrieben
- ➔ gegenüber 2006 geringe Verschiebung zugunsten kleiner und mittlerer Betriebe



- immer noch große Unterschiede bei Roboternutzung in Abhängigkeit von Losgröße
- ➔ gegenüber 2006 Zunahme des Anteils an Robotiknutzern bei großer Lotgröße



- keine Unterschiede in Roboternutzung bei veränderter Produktkomplexität
- ➔ leichte Zunahme bei Betrieben mit komplexen Produkten gegenüber 2006
- ➔ Erweiterung der Nutzungsmöglichkeiten.

Quelle: European Manufacturing Survey 2012, 7 Länder, Fraunhofer ISI

European Manufacturing Survey (EMS) – 2012 – 7 Länder

Repräsentative Erhebung des Verarbeitenden Gewerbes in verschiedenen europäischen Ländern auf **Betriebsebene**, N ~ 3000 in 2012, **7 Länder**: AT, CH, D, SE, ES, F, NL. **Gewichtete Daten**.

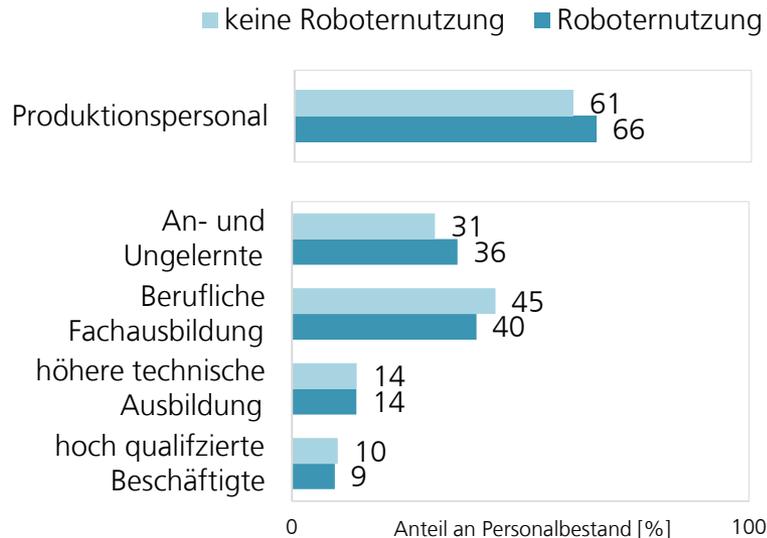
Vergleich mit Analyseergebnissen basierend auf EMS Daten 2006/2003.

2. Roboternutzung in der Produktion

Roboternutzung und Qualifikation

Deskriptive Analysen zeigen, dass Roboternutzer

- mehr Produktionspersonal einsetzen
- einen höheren Anteil geringer qualifizierter Mitarbeiter haben



Quelle: European Manufacturing Survey 2012, 7 Länder, Fraunhofer ISI

Multiple Analysen zeigen Einfluss auf Roboternutzung von

- Land
- Betriebsgröße
- Branche
- Losgröße (Spezialisierung von Bedeutung)
- Anteil von Produktionspersonal
- Export

Keine Bedeutung des Qualifikationsniveaus

Schlussfolgerungen

- ➔ Betriebe mit einem hohen Anteil an Produktionspersonal weisen eine höhere Chance auf, Roboter in der Produktion zu nutzen - auch bei Kontrolle auf Produktions- und Betriebscharakteristika.
- ➔ Klassische Annahme empirisch nicht haltbar

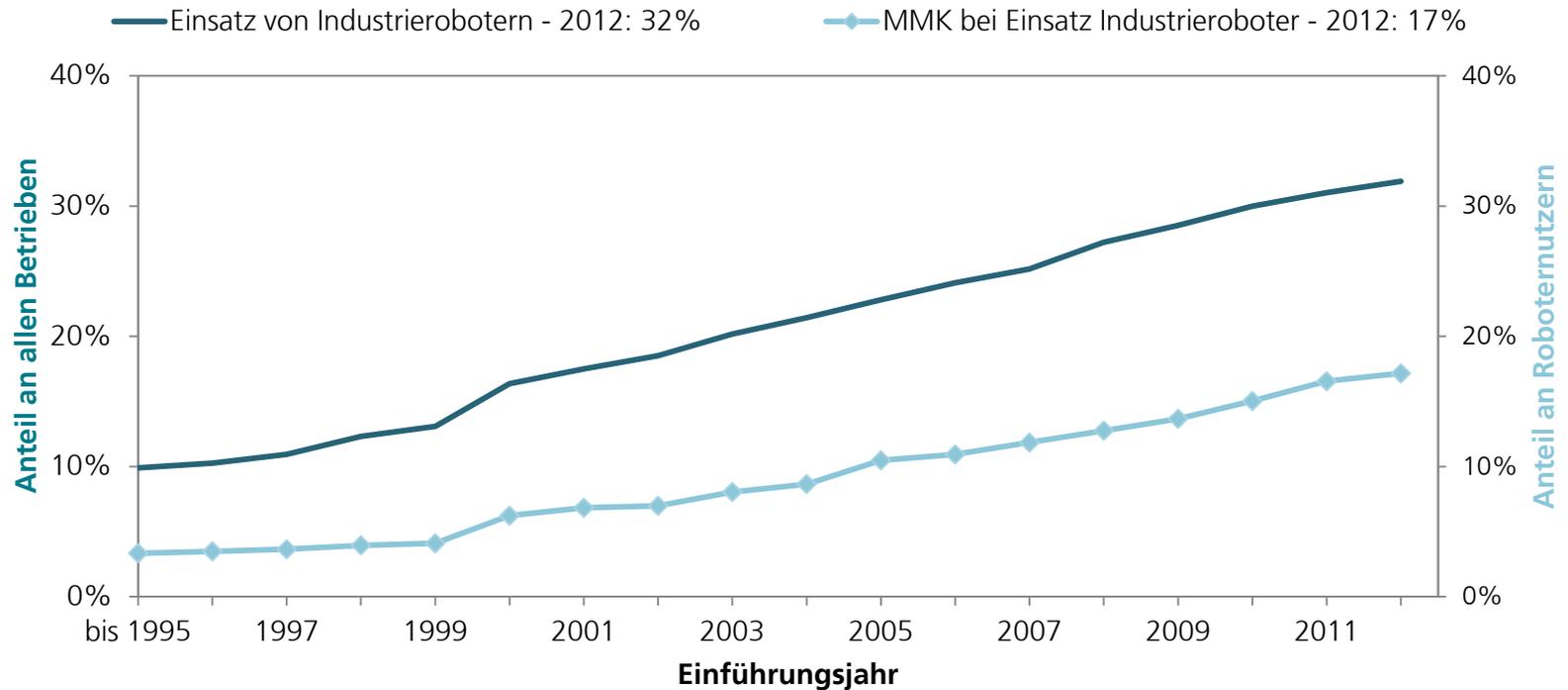
European Manufacturing Survey (EMS) – 2012 – 6 Länder

Repräsentative Erhebung des Verarbeitenden Gewerbes in verschiedenen europäischen Ländern auf **Betriebsebene**, N ~ 3000 in 2012, **6 Länder**: AT, CH, D, SE, F, NL. **Gewichtete Daten.**

2. Roboternutzung in der Produktion

Nutzung von Mensch-Maschine-Kooperation

Nutzung von Industrierobotern und Mensch-Maschine-Kooperation unter Robotiknutzern



Erhebung Modernisierung der Produktion 2012, Fraunhofer ISI

- nur jeder sechste Betrieb mit Industrierobotern nutzt MMK Technologien
- Diffusion von MMK langsamer als von Industrierobotern – besonders in Deutschland wenig verbreitet

European Manufacturing Survey (EMS) – 2012 – 7 Länder

Repräsentative Erhebung des Verarbeitenden Gewerbes in verschiedenen europäischen Ländern auf Betriebsebene, N ~ 3000 in 2012, 7 Länder: AT, CH, D, SE, ES, F, NL. Gewichtete Daten.

3. Auswirkungen von Roboternutzung

Analyse von betrieblichem Ergebnis

Analyse der Wirkung auf Produktivität

- *Wertschöpfung* (Umsatz-Vorleistung) je Beschäftigten [Tausend Euro]
⇒ Transformation : natürlicher Logarithmus
- *Faktorproduktivität*
⇒ Transformation : natürlicher Logarithmus

Ausprägungen der Indikatoren

Perzentil 05	Median	Perzentil 95
35,0	93,3	283,3

Perzentil 05	Median	Perzentil 95
0,909	1,621	3,697

Analyse der Wirkung auf Beschäftigung

- *Entwicklung der Anzahl an Beschäftigten* im Betrieb [% pro Jahr]
⇒ Teilung in positiven und negativen Entwicklung
⇒ Transformation: natürlicher Logarithmus
⇒ getrennte Regression für beide Entwicklungstrends
⇒ Transformation: binäre Unterscheidung positiver und negativer Trend
⇒ logistische Regression zur Prüfung.

Beschäftigungsentwicklung

Perzentil 05	Median	Perzentil 95
-8,7	1,9	19,0

Positive Beschäftigungsentwicklung

Perzentil 05	Median	Perzentil 95
1,2	5,6	25,0

Negative Beschäftigungsentwicklung

Perzentil 05	Median	Perzentil 95
-16,7	-4,0	-1,0

European Manufacturing Survey (EMS)

Repräsentative Erhebung des Verarbeitenden Gewerbes in verschiedenen europäischen Ländern auf **Betriebsebene**, N ~ 3000 in 2012, **7 Länder**: AT, CH, D, SE, ES, F, NL. **Gewichtete Daten.**

3. Auswirkungen von Roboternutzung

Wertschöpfung je Beschäftigtem

Konstrukt	Einfluss auf Modell (Δ in R^2)	Sig.	Wirkrichtung
Land	9.2%	***	
Firmengröße	1.1%	***	↑
Sektor	2.3%	***	
Export	0.5%	**	↑
Wertschöpfungstiefe	2.5%	***	↑
Strategie	0.1%	n.s.	
Firmenalter	0.1%	n.s.	
Produktinnovation	0.1%	n.s.	
Losgröße	0.6%	**	↑
Make to order	0.6%	**	↓
gering/mittel qual. MA	1.4%	***	↓
(Intensiver) Robotereinsatz	0.5%	**	↑
N	1,354		
corr. R^2 / Sig.	0.206	***	

Multivariate Analysen

- Wesentliche Determinanten
 - ... Produktionscharakteristika,
 - ... Betriebscharakteristika
 - ... Exportorientierung
- ... zusätzlich Wertschöpfungstiefe von großer Bedeutung
- ... außerdem weisen Betriebe mit (intensiver) Roboternutzung eine signifikant höhere Wertschöpfung auf
- ... geringer qualifizierte Mitarbeiter führen zu einer Verringerung der Wertschöpfung je Beschäftigtem

Signifikanzniveau: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, n.s. $p > 0.1$

Schlussfolgerungen

- Der Einsatz von Industrierobotern geht mit höherer Arbeitsproduktivität einher.
- Jenseits der Produktion bestehen mehrere Stellschrauben.

Hinweis:

Schätzung über lineares Regressionsmodell.
Abhängige Variable: Logarithmus der Arbeitsproduktivität

3. Auswirkungen von Roboternutzung

Faktorproduktivität

Konstrukt	Einfluss auf Modell (Δ in R^2)	Sig.	Wirk- richtung
Land	2.7%	***	
Firmengröße	0.7%	***	↑
Sektor	3.1%	***	
Export	0.2%	n.s.	
Wertschöpfungstiefe	11.0%	***	↑
Komplexität	0.0%	n.s.	
Losgröße	0.3%	*	U
Make to order	0.6%	**	↓
(Intensiver) Robotereinsatz	0.1%	n.s.	
<i>Model fit</i>			
N	1,505		
corr. R^2 / Sig.	0.161	***	

Signifikanzniveau: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, n.s. $p > 0.1$

Multivariate Analysen

- Wesentliche Determinanten
 - ... Betriebscharakteristika
 - ... zusätzlich Wertschöpfungstiefe mit größter Bedeutung
 - ... Produktionscharakteristika und Exportorientierung hingegen mit deutlich geringerer Bedeutung
- Kein zusätzlicher Effekt durch die Verwendung von Industrierobotern und
- keine Relevanz des Qualifikationsniveaus der Mitarbeiter und von strategischer Ausrichtung oder Innovation

Schlussfolgerungen

- Der Einsatz von Industrierobotern ist nicht mit einer höheren Faktorproduktivität verbunden.
- Für diese Gesamtproduktivität ist insbesondere die Art der Wertschöpfung maßgeblich.

Hinweis:

Schätzung über lineares Regressionsmodell.
Abhängige Variable: Logarithmus der Faktorproduktivität

3. Auswirkungen von Roboternutzung

Beschäftigungsentwicklung

Konstrukt	Positiver Trend		Negativer Trend		
	Δ in ΔR^2	Sig.	Δ in ΔR^2	Sig.	
Land	2,4%	***	0,8%	n.s.	
Firmengröße	0,1%	n.s.	4,7%	***	↑
Branche	1,7%	**	3,3%	*	
Export	0,1%	n.s.	0,7%	n.s.	↓
Wertschöpfungstiefe	0,1%	n.s.	0,7%	n.s.	
Strategie	0,1%	n.s.	0,3%	n.s.	
Firmenalter	1,8%	***	0,0%	n.s.	↓
Neue Produkte	0,2%	n.s.	0,1%	n.s.	
Umsatzentwicklung (intensiver)	10,6%	***	3,2%	***	↑
Robotereinsatz	0,1%	n.s.	0,9%	*	↓
<i>Model fit</i>					
N	956		481		
corr. R ² / Sig.	21% / ***		10% / ***		

Signifikanzniveau: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, n.s. $p > 0.1$

Multivariate Analysen

- Positive Beschäftigungsentwicklung hängt wesentlich von Umsatzentwicklung
- ...eher jüngere Firmen wachsen
- ... Branche, Land, Firmengröße nur mit geringerem Einfluss
- ... negative Beschäftigungsentwicklung besonders bei größeren Firmen
- ... kein Einfluss von Roboternutzung bzw. Indiz, dass Roboternutzung negative Beschäftigungsentwicklung dämpft
- Tests mit verschiedenen Modellen

Schlussfolgerungen

- Robotiknutzung führt nicht zu Beschäftigungsreduktion, vielmehr dämpft es einen negativen Trend
- Gute Performanz am Markt ist das wesentliche Kriterium für Beschäftigung.

Hinweis:

Schätzung über lineares Regressionsmodell. Test auch anhand logistischer Regressionen.
Abhängige Variable: Logarithmus der positiven/negativen Beschäftigungsentwicklung

4. Zusammenfassung und Ausblick

Roboter, Produktivität und Beschäftigung

Roboter

- Industrieroboter spielen eine immer **wichtigere Rolle**
- Trotz technologischer Weiterentwicklungen bei Industrierobotern
 - immer noch hohe **Hürden für KMU**
 - zurückhaltende Nutzung für **kundenspezifische Fertigung** oder **flexible Produktionsprozesse**

- Trotz eines über 30-jährigen Diffusionsprozesses
 - immer noch **Produktivitätseffekte** durch Roboter
 - hohen **Re-Investitionsquoten**
 - ➔ Diffusionsprozess weiterhin im Gange

Produktivität

Beschäftigung

- **Industrieroboter** sind **keine Job-Killer**
 - keine nachweisbaren negativen Effekte
 - Produktionsbeschäftigte sind Basis für Robotereinsatz

4. Zusammenfassung und Ausblick

Roboter, Qualifikation und Digitalisierung

Qualifikation

- Arbeit in der Produktion auch mit Industrierobotern
- wenige Unterschiede in **Qualifikationsstruktur**

➔ **Änderung in der Wertschöpfung** durch **Digitalisierung** lässt **Veränderungen** der **Arbeitsinhalte** und **-anforderungen** erwarten

- **Roboternutzer investieren früher** und in **größerem Umfang** in Digitalisierungstechnologien
- Überraschend **geringer Anteil** an Betrieben nutzt **fortschrittliche Technologien** wie Mensch-Maschine-Kommunikation

Digitalisierung

- ➔ **Unterschiedliche Einführungsgründe und damit unterschiedliche Dynamiken:**
- Nutzung von **Industrierobotern** zielen maßgeblich auf **Prozessautomatisierung** und -optimierung
 - **Digitalisierung** zielt zusätzlich meist auch auf die **Verknüpfung** von Prozessen, Innovationsprozessen oder Änderung von Wertschöpfungsprozessen – Änderung der Geschäftsmodelle

Forschungsbedarfe

- ➔ Empirische Untersuchung **direkter betrieblicher Auswirkungen**
- ➔ Untersuchung der Veränderungen in der **Wertschöpfung(skette)**
- ➔ Untersuchung der Auswirkungen auf den **Arbeitsmarkt**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für
System- und Innovationsforschung ISI



Cornelius Moll
cornelius.moll@isi.fraunhofer.de



Angela Jäger
angela.jaeger@isi.fraunhofer.de

Studien

- ➔ [Jäger et al. \(2015\) Analysis of the impact of robotic systems on employment in the European Union](#)
- ➔ [Beckert et al. \(2016\) Automatisierung und Robotik-Systeme](#)
- ➔ Jäger et al. (2016) Analysis of the impact of robotic systems on employment in the European Union – 2012 data update, in Kürze erscheinend

Quellen

- Autor, D. und Dorn, D. (2013): The growth of low skill service jobs and the polarization of the US labor market, *American Economic Review*, Vol. 103 No. 5, S. 1553–1597.
- Brynjolfsson, E. und McAfee, A. (2011): *Race against the machine. How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*, Digital Frontier Press. Lexington, Mass.
- Frey, C.B. und Osborne, M.A. (2013): *The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?* Oxford Martin School.
- Goos, Marten; Manning, Alan; Salomons, Anna (2014): Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring. In: *American Economic Review* 104 (8), S. 2509–2526.
- Gorle, P. und Clive, A. (2013): *Positive Impact of Industrial Robots on Employment*, updated 2013, International federation of robotics IFR (Hrsg.), London.
- Graetz, G.; Michaels, G. (2015): *Robots at Work*. Hg. v. Centre for Economic Performance. The London School of Economics and Political Science. London.
- IFR (2013): *World robotics 2013. Industrial robots*. Frankfurt am Main: VDMA.
- IFR (2015): *World robotics 2015. Industrial Robots and Service Robots. Executive Summary*. Frankfurt am Main: VDMA.
- Jaeger, A., Moll, C., Som, O., Zanker, C., Kinkel, S. und Lichtner, R. (2015): *Analysis of the impact of robotic systems on employment in the European Union. Final report*. European Commission, Directorate-General of Communications Networks, Content & Technology. Publications Office of the European Union. Luxembourg.
- Kromann, Lene; Skaksen, Jan Rose; Sørensen, Anders (2011): *Automation, labor productivity and employment – a cross country comparison*. CEPR, Copenhagen Business School.