



Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

ILIN Institut für Lernen und
Innovation in Netzwerken

 **Fraunhofer**
ISI

Digitalisierungs- und Verlagerungs- verhalten in der deutschen Industrie

Trends und Zusammenhänge

Ihre Ansprechpartner:

Prof. Dr. Steffen Kinkel
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik
Institut für Lernen und Innovation in Netzwerken (ILIN)
Moltkestr. 30, 76133 Karlsruhe
Tel.: 0721 925-2915; E-Mail: steffen.kinkel@hs-karlsruhe.de

Angela Jäger
Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe
Tel.: 0721 6809-322; E-Mail: angela.jaeger@isi.fraunhofer.de

Im Auftrag des



INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	5
1 Zielsetzung und Vorgehen	6
2 Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen im Zeitverlauf	7
3 Charakteristika der bei Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen aktiven Betriebe	8
4 Motive von Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen	11
5 Ziel- und Herkunftsregionen von Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen	13
6 Digitalisierungstechnologien in der deutschen Industrie	15
7 Zusammenhang zwischen der Nutzung von Digitalisierungstechnologien und betrieblichen Leistungskennziffern	20
8 Zusammenhang zwischen der Nutzung von Digitalisierungstechnologien und Produktionsverlagerungen bzw. Rückverlagerungen	23

Zusammenfassung

Produktionsverlagerungen ins Ausland verharren weiterhin auf einem sehr geringen Niveau. Lediglich 9 Prozent der Betriebe des deutschen Verarbeitenden Gewerbes haben von 2013 bis Mitte 2015 Teile ihrer Produktion ins Ausland verlagert – kaum mehr als beim bisherigen Tiefstand von 2012. Gleichzeitig sind Rückverlagerungen von Produktionskapazitäten wieder leicht angestiegen. Derzeit kommt damit auf jeden dritten Verlagerer ein Rückverlagerer von Produktion. Die wichtigsten Gründe für Rückverlagerungen sind nach wie vor Einbußen bei der Flexibilität und Lieferfähigkeit sowie Qualitätsprobleme, die jeweils von mehr als der Hälfte der Betriebe angeführt werden.

Die EU 13 sind mit mehr als der Hälfte der Nennungen nach wie vor die bevorzugte Zielregion für Produktionsverlagerungen, gefolgt von China mit drei von zehn und dem restlichen Asien mit zwei von zehn Nennungen. Bei den Herkunftsregionen von Rückverlagerungen zeigen sich erstmals deutliche Verschiebungen. Mit einem Drittel kommen die meisten Rückverlagerungen aus den westlichen EU-Kernstaaten (EU 15), vornehmlich zur Konzentration von Kapazitäten am deutschen Hauptstandort. Dagegen gingen die Rückverlagerungsaktivitäten aus den EU 13 deutlich von etwa der Hälfte auf nunmehr ein Zehntel zurück. Die deutschen Industrieunternehmen scheinen die Qualität, Flexibilität und Koordination der dortigen Produktion zwischenzeitlich im Griff zu haben.

Zwischen der Nutzung von Digitalisierungstechnologien in den betrieblichen Wertschöpfungsprozessen und der Verlagerungsneigung der Betriebe zeigen sich interessante Zusammenhänge. Zwar verlagern bei der Digitalisierung „fortgeschrittene“ Betriebe die Produktion ebenso häufig ins Ausland, aber mit anderen Strategien. Im Vergleich zu Unternehmen, die bei der Digitalisierung zurückhaltender agieren, suchen sie öfter die Nähe zu Kunden und seltener geringere Lohnkosten.

Ein klarer, positiver Zusammenhang zeigt sich indes zwischen der Digitalisierungsintensität und der Rückverlagerungsneigung der Betriebe. Demnach verlagern bei der Digitalisierung „fortgeschrittene“ Betriebe signifikant häufiger Teile ihrer Produktion wieder an den deutschen Standort zurück als Betriebe mit geringer Digitalisierungsnutzung in der Produktion. Hier greifen zwei Erklärungsmuster: Zum einen kann der Einsatz von Digitalisierungstechnologien zu einer erhöhten Automatisierung und Produktivität des deutschen Produktionsstandorts führen, so dass der Lohnkostenanteil geringer, geringe Lohnkosten weniger attraktiv und Skaleneffekte wichtiger werden, was Rückverlagerungen begünstigt. Zum zweiten kann der Einsatz von Digitalisierungstechnologien zu einer erhöhten Flexibilität und Fähigkeit zur individualisierten Produktion genutzt werden, die eine effiziente Bedienung individueller Kundenwünsche ermöglicht und Anreize für Firmen bietet, die Produktion in die Nähe ihrer europäischen Kunden zurückzuholen. **Demnach kann der intensive Einsatz von Digitalisierungstechnologien signifikant zu attraktiveren Produktionsbedingungen mit erhöhter Wertschöpfung am deutschen Standort beitragen.**

1 Zielsetzung und Vorgehen

Diese Analyse versucht der gesamtwirtschaftlich relevanten Frage nachzugehen, welchen Beitrag die zunehmende Digitalisierung der Produktion zur Sicherung der Wertschöpfung am Produktions- und Innovationsstandort Deutschland leisten kann. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist, welchen Einfluss die betriebliche Nutzung von Digitalisierungstechnologien auf das Verlagerungs- und Rückverlagerungsverhalten deutscher Unternehmen hat. Vor diesem Hintergrund werden folgende Fragen detailliert analysiert:

1. Wie viele und welche Betriebe haben in den Jahren 2014 bis 2015 Teile ihrer Produktion ins Ausland verlagert und wie viele Betriebe haben im gleichen Zeitraum Teile ihrer Produktion wieder an den deutschen Standort zurückverlagert?
2. Welcher Zusammenhang zeigt sich zwischen dem Grad der betrieblichen Digitalisierung und betrieblichen Leistungskennziffern wie der Arbeitsproduktivität, Gesamtfaktorproduktivität oder Termintreue?
3. Welcher Zusammenhang zeigt sich zwischen dem Grad der betrieblichen Digitalisierung und der Neigung zu Produktionsverlagerungen ins Ausland bzw. Rückverlagerung aus dem Ausland? Geht eine intensivere Digitalisierung mit weniger Auslandsverlagerungen oder mehr Rückverlagerungen einher?

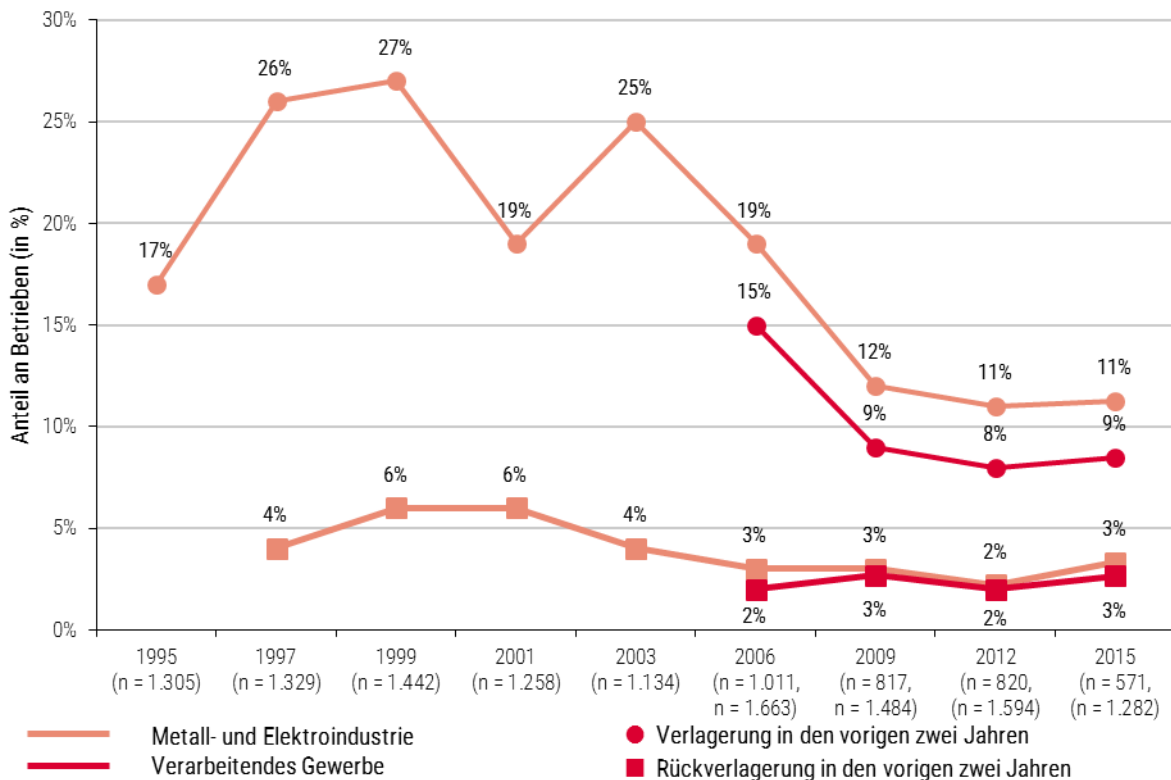
Um diesen wichtigen Fragen nachzugehen, wurde die Erhebung *Modernisierung der Produktion* des Fraunhofer ISI ausgewertet. Die aktuelle Erhebungswelle von 2015 umfasst die Angaben von insgesamt 1.282 zufällig ausgewählten Betrieben (Jäger/Maloca 2016). Sie bietet damit ein repräsentatives Abbild des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland hinsichtlich Größenklassen, Branchenstruktur und regionaler Verteilung. Die Umfrage adressierte alle Branchen des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland (WZ 2008-Klassen 10 bis 33 mit mindestens 20 Beschäftigten). Zur Sicherstellung der Repräsentativität der Ergebnisse und der Vergleichbarkeit mit früheren Analysen wurden die Erhebungsdaten zum Verlagerungs- und Rückverlagerungsverhalten hinsichtlich Größenklassen, Branchen und Regionalstruktur analog zur Grundgesamtheit aller Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes mit 20 und mehr Beschäftigten gewichtet.

2 Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen im Zeitverlauf

Lediglich 9 Prozent der Betriebe des deutschen Verarbeitenden Gewerbes haben von 2013 bis Mitte 2015 Teile ihrer Produktion ins Ausland verlagert. Damit liegt dieser Wert kaum höher als die 8 Prozent bei der letzten Erhebung im Jahr 2012, die den niedrigsten Stand seit der Messung von Produktionsverlagerungen ab Mitte der Neunzigerjahre darstellten (Abbildung 1). Der seit 2003 stetig rückläufige Trend hat damit noch nicht umgekehrt. Weiterhin bauen nur wenige Betriebe inländische Produktionskapazitäten zugunsten ausländischer Standorte ab. Dies impliziert nicht, dass die deutsche Industrie den Ausbau ihrer internationalen Aktivitäten stoppt. Expansive Aktivitäten, bei denen im Ausland zusätzliche Kapazitäten aufgebaut werden, wurden in dieser Betrachtung nicht analysiert.

Rückverlagerungen von Produktionskapazitäten sind gegenüber der Befragung von 2012 wieder leicht angestiegen. Etwa 3 Prozent der Industriebetriebe haben von 2013 bis Mitte 2015 Teile ihrer Produktion aus dem Ausland nach Deutschland zurückverlagert. Dies bedeutet nicht notwendigerweise, dass ein Auslandsstandort geschlossen werden musste, vielmehr können auch Teilkapazitäten zurück transferiert worden sein. Im aktuellen Erhebungszeitraum kommt damit auf jeden dritten Verlagerer ein Rückverlagerer von Produktionsaktivitäten. Ein Anteil von etwa 3 Prozent Rückverlagerern wirkt unerheblich, entspricht hochgerechnet auf das gesamte deutsche Verarbeitende Gewerbe aber etwa 500 bis 550 Rückverlagerungen pro Jahr.

Abbildung 1: Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen im Zeitvergleich

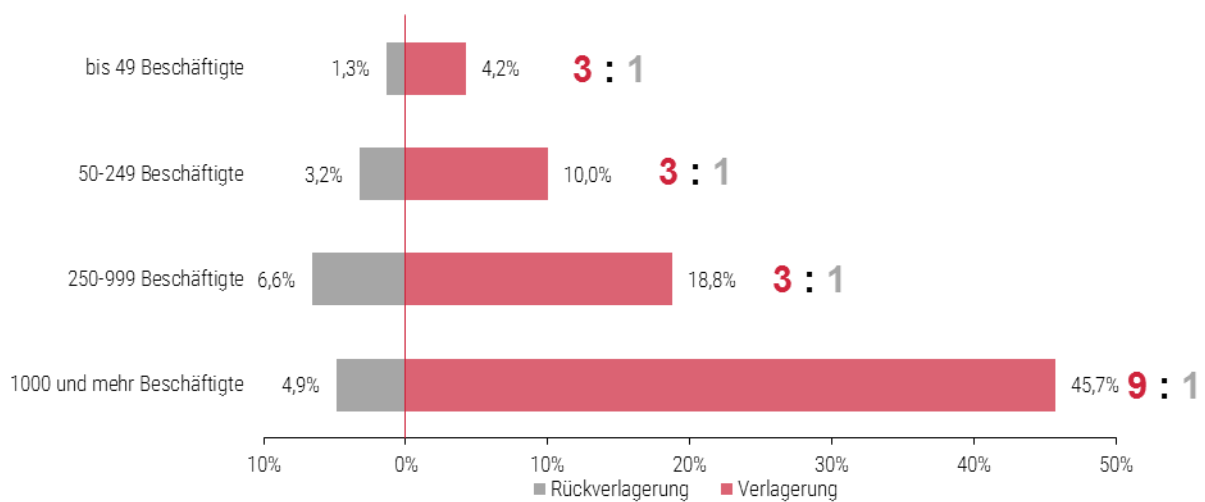


3 Charakteristika der bei Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen aktiven Betriebe

Das Phänomen der Produktionsverlagerung ist stark abhängig von der Größe der Betriebe (Abbildung 2). Große Betriebe mit 1000 und mehr Beschäftigten waren von Mitte 2013 bis 2015 zu 46 Prozent aktiv. Mit absteigenden Betriebsgrößenklassen reduziert sich dieser Anteil über 19 Prozent und 10 Prozent bis zu 4 Prozent bei Betrieben mit weniger als 50 Beschäftigten. Beim Anteil der Rückverlagerungen ist dieser Zusammenhang mit der Betriebsgröße weniger eindeutig. Am häufigsten verlagern hier nicht die großen Betriebe mit 1000 und mehr Beschäftigten (5 Prozent) Teile ihrer Produktion aus dem Ausland zurück, sondern Betriebe mit 250 bis 999 Beschäftigten (7 Prozent). Bei den mittleren und kleinen Betrieben sind 3 Prozent bzw. 1 Prozent bei Rückverlagerung aktiv.

Damit ist auch die Quote der verlagernden Betriebe im Verhältnis zu den rückverlagernden Betrieben bei den großen Betrieben mit 1000 mehr Beschäftigten deutlich höher. Hier kommt auf jeden neunten Verlagerer ein Rückverlagerer, während dieses Verhältnis bei allen Größenklassen mit weniger als 1000 Beschäftigten ziemlich stabil bei 3:1 liegt. Dies deutet darauf hin, dass große Betriebe strategisch nachhaltigere Verlagerungsentscheidungen treffen als kleine und mittlere Betriebe, die flexibler auf auftretende Probleme oder sich ändernde Faktorbedingungen vor Ort reagieren müssen.

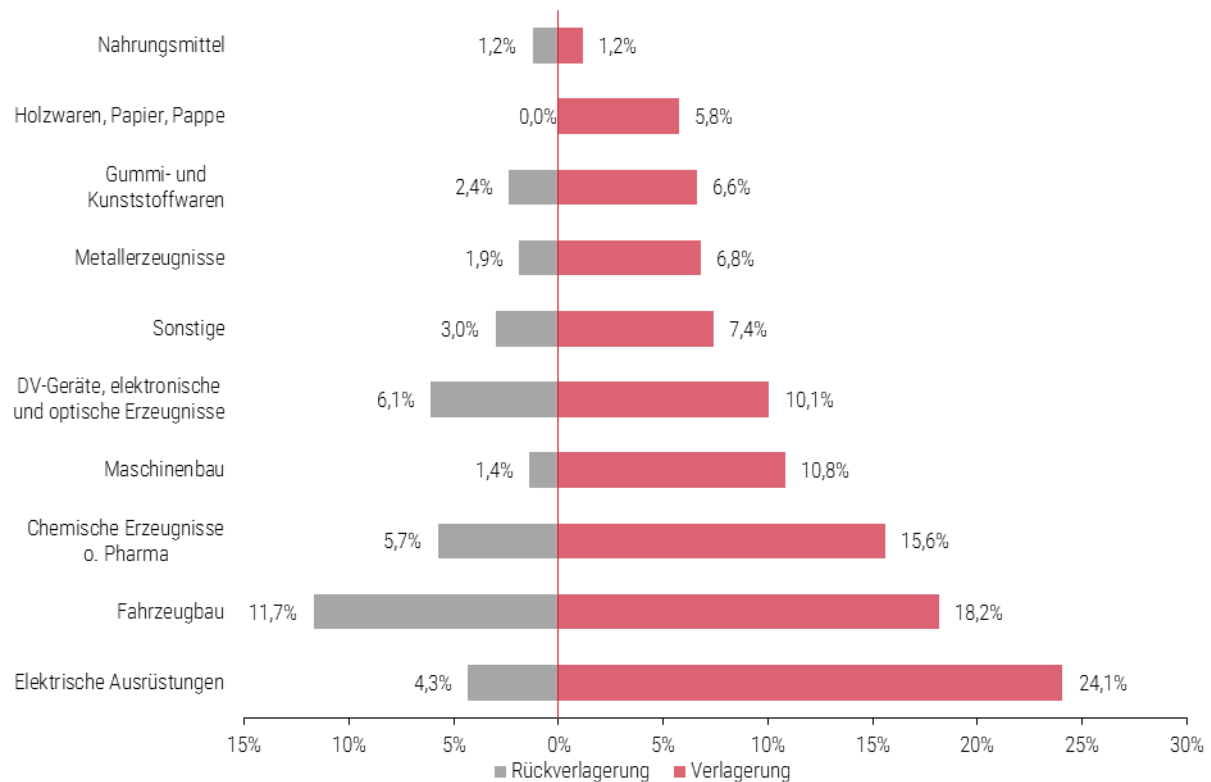
Abbildung 2: Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen nach Betriebsgröße



Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

Die verlagerungsintensivsten Branchen (Abbildung 3) sind die Hersteller elektrischer Ausrüstungen (24 Prozent verlagernde Betriebe). Mit schon deutlichem Abstand folgen der Fahrzeugbau mit seinen Zulieferern (18 Prozent) und die Chemische Industrie (16 Prozent). Das breite Mittelfeld reicht vom Maschinenbau (11 Prozent) bis zu den Herstellern von Gummi und Kunststoffwaren (7 Prozent). Am seltensten verlagern Betriebe der stark regional orientierten Nahrungsmittelindustrie (1 Prozent). Nach wie vor verlagern vor allem Unternehmen aus Branchen, in denen ein höherer Anteil manueller Tätigkeit erforderlich ist, wie beispielsweise Montage- oder Konfektionierungstätigkeiten. Eine Ausnahme bildet erstmals die chemische Industrie, deren Verlagerungsniveau sich seit der letzten Erhebung verdoppelt hat. Das ebenfalls vergleichsweise hohe Rückverlagerungsniveau deutet darauf hin, dass unterausgelastete Kapazitäten zunehmend flexibel in Märkte mit hohen Wachstumsquoten verschoben werden.

Abbildung 3: Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen nach Branche

Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

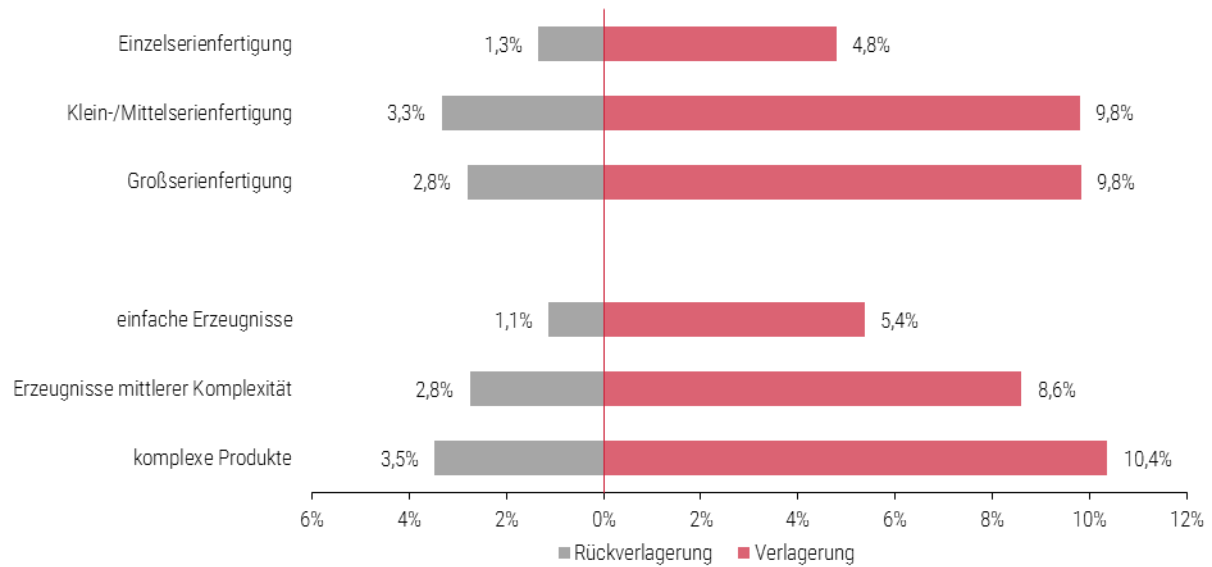
Bei den Rückverlagerungen hat mit deutlichem Abstand der Fahrzeugbau den höchsten Anteil rückverlagernder Betriebe (12 Prozent). Überdurchschnittlich aktiv sind hier überdies noch die chemische Industrie (6 Prozent), die Hersteller von DV-Geräten, Elektronik und Optik (6 Prozent) sowie die Hersteller elektrischer Ausrüstungen (6 Prozent). Alle anderen Branchen verlagern unterdurchschnittlich häufig Teile ihrer Produktion an den deutschen Standort zurück.

Damit ist auch die Quote der verlagernden Betriebe im Verhältnis zu den rückverlagernden Betrieben zwischen den Branchen sehr unterschiedlich. Diese reicht von 1,6 Verlagerern pro Rückverlagerer im Fahrzeugbau bis zu 8 Verlagerern pro Rückverlagerer im Maschinenbau und zeigt die unterschiedliche Flexibilität der jeweiligen Standortstrategien. Während im Fahrzeugbau von einem sehr flexiblen Offshoring und Reshoring bzw. Outsourcing und Insourcing gesprochen werden kann, sind die Lokalisierungsentscheidungen im Maschinenbau eher unverrückbar. Diese traditionell stark exportorientierte Branche scheint Verlagerungsentscheidungen lediglich dann zu treffen, wenn die Faktorbedingungen oder Kundenanforderungen dies unumgänglich machen.

Aus Abbildung 4 wird ersichtlich, dass auch ein Zusammenhang zwischen der Produktkomplexität und der Seriengröße in der Produktion einerseits und der Verlagerungs- bzw. Rückverlagerungsneigung der Betriebe andererseits besteht. Demnach verlagern Hersteller komplexer und mittelkomplexer Produkte merklich häufiger Produktionsaktivitäten ins Ausland – und auch wieder zurück – als Hersteller einfacher Erzeugnisse. Dies hängt zum einen mit der Anzahl der Komponenten der Produkte selbst zusammen. Mit höherer Produktkomplexität steigt die Zahl der Komponenten und Baugruppen, deren Fertigungsprozess teilweise keine Kernkompetenz darstellt, eher wenig anspruchsvoll ist und erhebliche Anteile manueller Tätigkeiten enthält, die sich für eine Auslagerung in Niedriglohnstandorte besonders eignen. Zum zweiten ist die Herstellung einfacher Erzeugnisse oftmals auch einfacher automatisierbar, so

dass die Lohnkosten hier weniger ins Gewicht fallen und eine wirtschaftliche Produktion am deutschen Standort realisiert werden kann.

Abbildung 4: Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen nach Seriengröße und Produktkomplexität



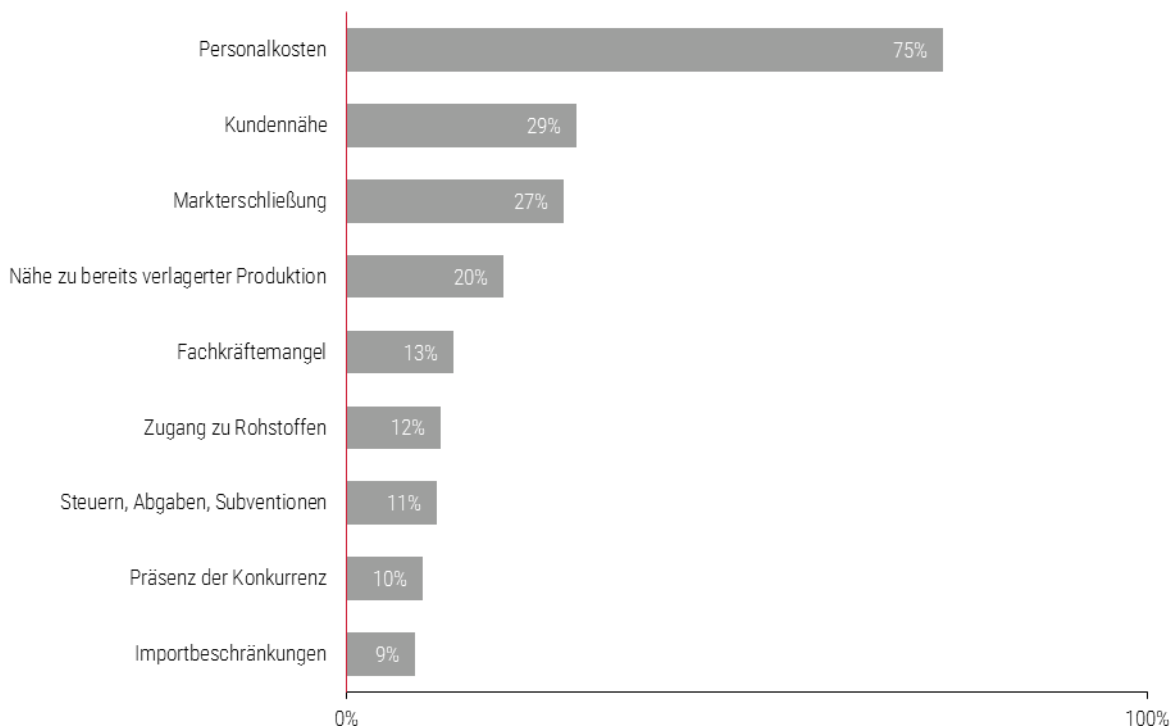
Erhebung Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

Mit Blick auf die Seriengröße in der Produktion fällt auf, dass Betriebe, die für ihre Kunden in individueller Einzelfertigung produzieren, deutlich seltener Produktion ins Ausland verlagern als Mittel- und Großserienfertiger. Dies zeigt die Vorteile einer facharbeitergestützten Fertigung mit hoher Flexibilität am deutschen Standort, die mit hoher lokaler Konzentration und wenig Koordinationsaufgaben in grenzüberschreitenden Wertschöpfungsketten besser in der Lage ist, individuelle Kundenwünsche flexibel und zeitnah zu bedienen. Diese Flexibilitätsvorteile der inländischen Produktion für kundenindividuelle Lösungen spielen auch im Kontext der Nutzung und der Potenziale von Digitalisierungstechnologien in der Produktion (auf dem Weg zur „Industrie 4.0“) eine wichtige Rolle, wie die weiteren Ausführungen zeigen werden.

4 Motive von Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen

Die Reduktion der Personalkosten ist nach wie vor das dominierende Motiv für Produktionsverlagerungen ins Ausland (Abbildung 5). Drei Viertel der verlagernden Betriebe nennen dies als einen entscheidenden Grund für ihre Verlagerungsentscheidung. Auf den Rangplätzen zwei und drei folgen mit jeweils knapp 30 Prozent der Nennungen die Nähe des Produktionsstandorts zu Schlüsselkunden im Ausland sowie die Markterschließung im Zielland. Jeder fünfte, verlagernde Betrieb nennt die Nähe zu bereits verlagerten Produktionskapazitäten als einen wichtigen Grund. Mit dann bereits deutlichem Abstand folgt der Mangel an qualifizierten Fachkräften im Inland (13 Prozent der Nennungen), der für Produktionsverlagerungen ins Ausland erfreulicherweise (noch) kein dominierender Faktor zu sein scheint. Gleiches gilt für den Zugang zu Rohstoffen im Ausland als Verlagerungsmotiv (12 Prozent), das in etwa gleich wichtig als bei der letzten Erhebung eingeschätzt wird. Jeweils etwa ein Zehntel der verlagernden Betriebe nennt Steuern, Abgaben und Subventionen, die Präsenz der Konkurrenz im Zielland oder lokale Importbeschränkungen als Verlagerungsgrund. Diese Motive sind damit zwar von einer gewissen Bedeutung, aber für die Mehrheit der Verlagerungsentscheidungen nicht zentral determinierend.

Abbildung 5: Motive für Produktionsverlagerungen ins Ausland

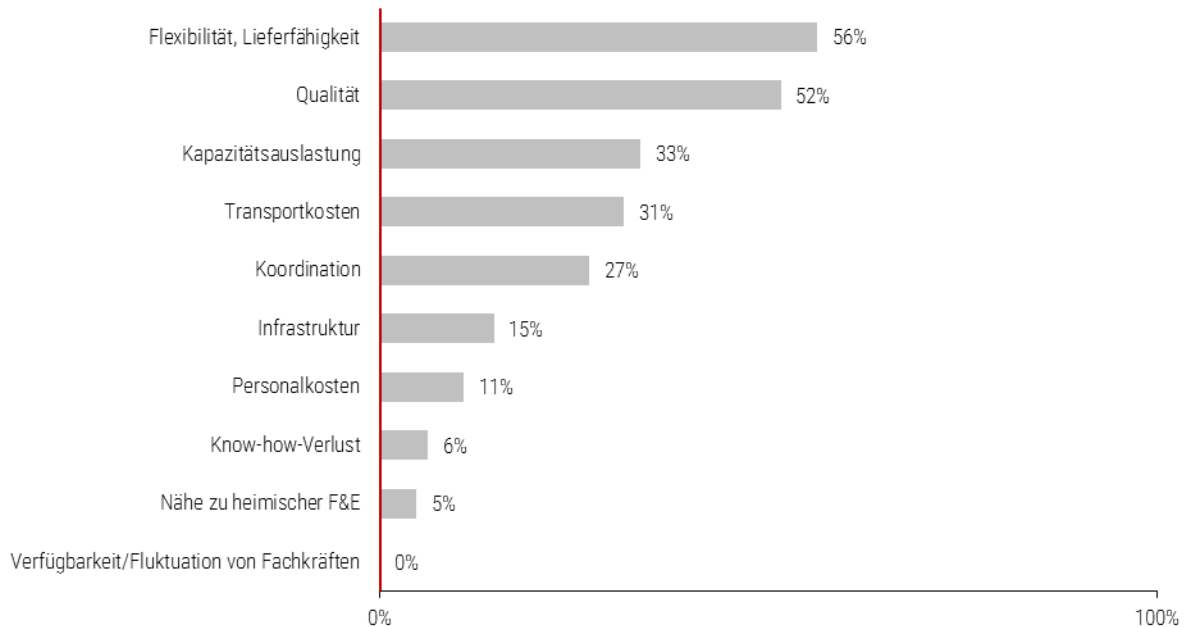


Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

An erster und zweiter Stelle der Rückverlagerungsgründe stehen Einbußen bei der Flexibilität und Lieferfähigkeit mit 56 Prozent und Qualitätsprobleme mit 52 Prozent der Nennungen (Abbildung 6). Sie sind damit wiederum die wichtigsten beiden Rückverlagerungsmotive und in ihrer Bedeutung seit der letzten Erhebung quasi unverändert. Die reduzierte Flexibilität und Lieferfähigkeit kann sowohl auf Problemen und Distanzen in der eigenen Lieferkette zwischen den Standorten als auch auf dem eingeschränkten Zugriff auf lokale Zuliefernetzwerke im Ausland beruhen. Hinter Qualitätsproblemen verbergen sich unterschätzte Zeitdauern für die Sicherstellung der angestrebten Produkt- und

Prozessqualität in Ländern mit anderer Mentalität und Kultur sowie daraus folgende Aufwendungen für die interne Qualitätssicherung.

Abbildung 6: Motive für Rückverlagerungen aus dem Ausland



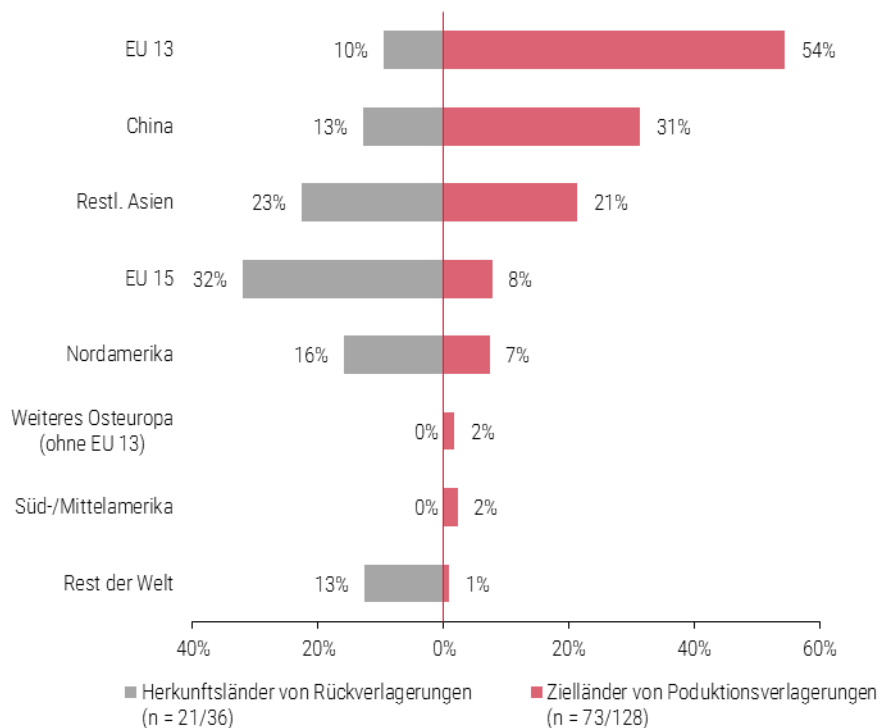
Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

An dritter und vierter Stelle folgen mit jeweils etwa einem Drittel der Nennungen die mangelnde Auslastung der Kapazitäten vor Ort bzw. Möglichkeiten zur optimierten Auslastung der Kapazitäten am inländischen Standort sowie die Reduktion der Transportkosten zwischen den verschiedenen Standorten der Produktion. Etwas mehr als ein Viertel der rückverlagernden Betriebe nennt zudem unterschätzte Kosten und Aufwendungen für die Koordination und Betreuung des ausländischen Produktionsstandorts, die vom heimischen Stammsitz zu erbringen sind, als wesentlichen Entscheidungsgrund. Die Qualität der Infrastruktur (15 Prozent der Nennungen) sowie die Höhe oder Steigerung der Personalkosten (11 Prozent) sind bereits deutlich seltener für Rückverlagerungen mitentscheidend und haben sich in ihrer Wichtigkeit seit der letzten Erhebung nicht grundlegend verändert. Die restlichen Faktoren wie die Gefahr des Know-how-Verlustes am ausländischen Standort, die Nähe zur heimischen F&E oder die Verfügbarkeit bzw. Fluktuation von Fachkräften am Auslandsstandort spielen eine sehr untergeordnete oder gar keine Rolle für Rückverlagerungsentscheidungen. Insbesondere letzteren Aspekt scheint das lokale Management in den meisten Fällen „im Griff“ zu haben.

5 Ziel- und Herkunftsregionen von Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen

Die 13 neuen, seit 2004 der EU beigetretenen mittel- und osteuropäischen Länder (EU 13) sind mit 54 Prozent der Nennungen nach wie vor die bevorzugte Zielregion für Produktionsverlagerungen ins Ausland (Abbildung 7). An zweiter Stelle der attraktivsten Verlagerungsregionen und als wichtigstes Einzelzielland folgt China mit 31 Prozent der Nennungen. Das restliche Asien (außer China) haben 21 Prozent der verlagernden Betriebe als Zielregion gewählt. Mit bereits deutlichem Abstand folgen die Länder der EU 15 und Nordamerika als weitere Verlagerungsregionen. Fast keine Verlagerungen mehr werden in die osteuropäischen Länder außerhalb der EU getätigt. Insgesamt hat sich die Bedeutung der einzelnen Zielregionen gegenüber der letzten Erhebung kaum merklich verändert.

Abbildung 7: Ziel- und Herkunftsregionen von Verlagerungen und Rückverlagerungen



Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

Demgegenüber hat sich die Bedeutung einzelner Herkunftsregionen von Rückverlagerungen gegenüber der letzten Erhebung deutlich gewandelt. Die meisten Rückverlagerungen kommen nun zu 32 Prozent aus den „alten“ EU-Kernstaaten (EU 15), ein Anstieg um 15 Prozentpunkte seit der letzten Erhebung (Abbildung 7). Hier scheinen vermehrt Konzentrationen von Kapazitäten am Hauptstandort, zur Optimierung der Auslastung oder zur technisch-organisatorischen Verbesserung der Prozesse, eine Rolle zu spielen (Tabelle 1). Auch die Rückverlagerungsneigung aus Nordamerika hat deutlich auf einen neuen Höchststand (16 Prozent) zugenommen. Politische Faktoren wie der anstehende Brexit oder die Trump'sche Industrie- und Handelspolitik können für diese Veränderungen aufgrund des Zeitpunkts der Erhebung (Ende 2015) noch nicht ausschlaggebend sein, möglicherweise aber veränderte Währungsrelationen aufgrund eines steigenden Dollar-Kurses.

In etwa gleich geblieben sind die Rückverlagerungsaktivitäten aus China (13 Prozent) und dem restlichen Asien (23 Prozent). Dagegen hat die Rückverlagerungsintensität aus den „neuen“ mittel- und osteuropäischen EU-Mitgliedsstaaten (EU 13) im Vergleich zur letzten Erhebung signifikant von damals fast 50 Prozent auf heute nur noch 10 Prozent abgenommen. Auffällig ist, dass keines der untersuchten Rückverlagerungsmotive in diesen Ländern von überproportionaler Bedeutung ist. Die deutschen Industrieunternehmen scheinen die Qualität und Koordination der dortigen Produktion in der Zwischenzeit im Griff zu haben, während sich die Personalkostenprogression vor Ort offenbar auf einem akzeptablen Niveau bewegt. Die Flexibilität und Lieferfähigkeit sowie die Transportkosten nach Deutschland waren aufgrund der geringen räumlichen Distanz ohnehin nie ein überbordendes Problem.

Die Gegenüberstellung der wichtigsten Motive für die verschiedenen Regionen von Verlagerungen und Rückverlagerungen zeigt weitere, interessante Zusammenhänge (Tabelle 1). So sind Produktionsverlagerungen in die EU 13 vorrangig kostengetrieben und weniger durch Markt- und Kundenzugang geprägt. Verlagerungen nach China und in das restliche Asien fokussieren dagegen primär auf die dortigen Wachstumsmärkte und Kunden. Erwartungsgemäß haben zudem Produktionsverlagerungen nach Nordamerika vorrangig Märkte und Kunden im Visier. Etwas überraschend suchen die Unternehmen in Osteuropa außerhalb der EU-Grenzen ebenfalls neue Märkte und weniger Kostenvorteile – hier könnte der Zugang zum russischen Markt eine prägende Rolle spielen.

Tabelle 1: Signifikanz der wichtigsten Motive für verschiedene Regionen von Verlagerungen und Rückverlagerungen

Gründe für Produktionsverlagerungen	EU 13	China	Restl. Asien	EU 15	Nordamerika	Osteuropa (o. EU 13)	Süd-/ Mittelamerika	Rest der Welt
Personalkosten	+***			-*			-.**	
Markterschließung	-.***	+***	+**		+*	+*		
Kundennähe	-.***	+***	+*		+*			
Nähe zu verlagelter Produktion		-.**						
Gründe für Rückverlagerungen	EU 13	China	Restl. Asien	EU 15	Nordamerika	Osteuropa (o. EU 13)	Süd-/ Mittelamerika	Rest der Welt
Flexibilität, Lieferfähigkeit		(+)		(-)				
Qualität								
Kapazitätsauslastung	(-)			+***				
Transportkosten	(-)							
Koordination					(-)			
Personalkosten								

Anmerkung: Signifikanzniveaus: *** = 1%, ** = 5%, * = 10%
(x) = deutliches, aber aufgrund geringer Fallzahlen nicht signifikantes Muster

Bei den Rückverlagerungsmotiven zeigen sich außer der bereits thematisierten, überdurchschnittlichen Bedeutung der Kapazitätsauslastung für Rückverlagerungen aus den EU 15 keine signifikanten Zusammenhänge. Eindeutige, wenn auch aufgrund der geringen Fallzahlen nicht signifikante Muster zeigen sich noch für Rückverlagerungen aus China, für die überdurchschnittlich häufig Einbußen bei der Flexibilität und Lieferfähigkeit als Gründe angeführt werden. Dies lässt sich durch die langen, grenzüberschreitenden Lieferketten zwischen Stammsitz und lokaler Produktionsstätte erklären und schränkt die flexible Belieferung von Komponenten oder Produkten in beide Richtungen ein. Bei Rückverlagerungen aus den EU 13 fällt auf, dass Aspekte der Transportkosten und Kapazitätsauslastung eine untergeordnete Rolle spielen, da die Lieferdistanzen beherrschbar und die Funktion und Produkte des Standorts aufgrund der vorrangigen Kostenorientierung ggf. andere sind als am deutschen Stammsitz.

6 Digitalisierungstechnologien in der deutschen Industrie

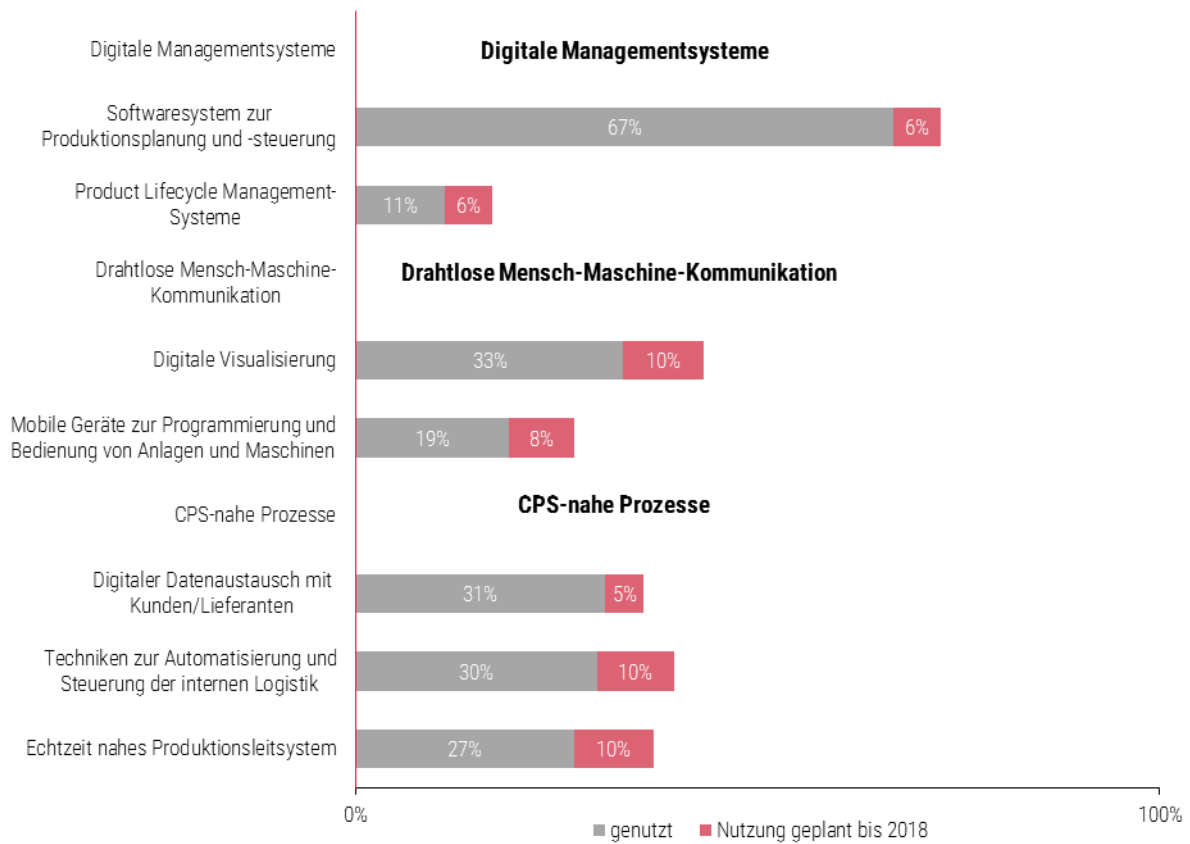
Zur Einschätzung und Typisierung der Digitalisierungsbestrebungen in der deutschen Industrie wurde die betriebliche Nutzung von insgesamt **acht Digitalisierungstechnologien** analysiert, die als Befähigertechnologien zur digital vernetzten Produktion nach dem Vorbild der Industrie 4.0 verstanden werden können. Diese wurden folgenden **drei Technologiefeldern** zugeordnet, die in sich homogen und gegeneinander abgrenzbar sind:

- *Digitale Managementsysteme*: Dieses Technologiefeld umfasst zwei Basistechnologien zum Management (Planung und Steuerung) IT-naher Prozesse der Produktion und Produktentwicklung:
 - Softwaresystem zur Produktionsplanung und -steuerung
 - Product Lifecycle Management-Systeme (PLM)
- *Drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikation*: Dieses Technologiefeld umfasst zwei IT-nahe Technologien, die als Befähiger für eine arbeitsunterstützende Umsetzung von Industrie 4.0 gelten:
 - Digitale Visualisierung am Arbeitsplatz
 - Mobile / drahtlose Geräte für die Programmierung und Bedienung von Anlagen
- *Cyber-Physical-System (CPS)-nahe Prozesse*: Dieses Technologiefeld umfasst konkrete, produktionsintegrierte Elemente CPS-naher Systeme, die bereits zu den fortgeschrittenen Befähigertechnologien für die Industrie 4.0 gezählt werden können:
 - Digitaler Austausch von Dispositionsdaten mit Zulieferern bzw. Kunden
 - Techniken zur Automatisierung und Steuerung der internen Logistik
 - Echtzeitnahes Produktionsleitsystem

Hinsichtlich der Nutzung dieser Digitalisierungstechnologien in den befragten Betrieben des deutschen Verarbeitenden Gewerbes zeigen sich folgende **Nutzungsmuster** (Abbildung 8): Erwartungsgemäß sind "Softwaresysteme zur Produktionsplanung und -steuerung (PPS)" am weitesten verbreitet; zwei von drei Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes setzen diese Technologie ein. Sie sind damit bereits ein etablierter Standard in den Produktionssystemen. Die zweite Technologie aus dem Feld der *digitalen Managementsysteme*, die "Product Lifecycle Management-Systeme (PLM)", werden lediglich von 11 Prozent der Betriebe und damit deutlich seltener genutzt. Das systematische und kundenspezifische Vorhalten und Management von Produktdaten scheint demnach noch immer hohe Anforderungen an die Entwicklungs- und Produktionsprozesse der Unternehmen zu stellen. Die Diffusionsdynamik ist mit jeweils 6 Prozent der Betriebe, die in den nächsten drei Jahren Einführungen planen, recht gering. Bei PPS-Systemen ist dies auf den bereits hohen Verbreitungsgrad zurückzuführen, bei PLM ist das jedoch eher ernüchternd und lässt Fragen nach den Nutzungsbarrieren aufkommen.

Ein Drittel der Betriebe setzt bereits Technologien zur "Digitalen Visualisierung" der zentralen Informationen am Arbeitsplatz in den eigenen Produktionsprozessen ein. Die zweite Technologie aus dem Feld der *drahtlosen Mensch-Maschine-Kommunikation*, "mobile Geräte zur Programmierung und Bedienung von Anlagen und Maschinen", wird auch bereits von immerhin fast einem Fünftel der Betriebe genutzt. Bei beiden Technologien in diesem Feld zeigt sich zudem eine vergleichsweise hohe Dynamik von 8-10 Prozent der Betriebe, die planen, diese Technologien in den nächsten drei Jahren einzuführen.

Abbildung 8: Verbreitung und geplante Einführung von Digitalisierungstechnologien im deutschen Verarbeitenden Gewerbe

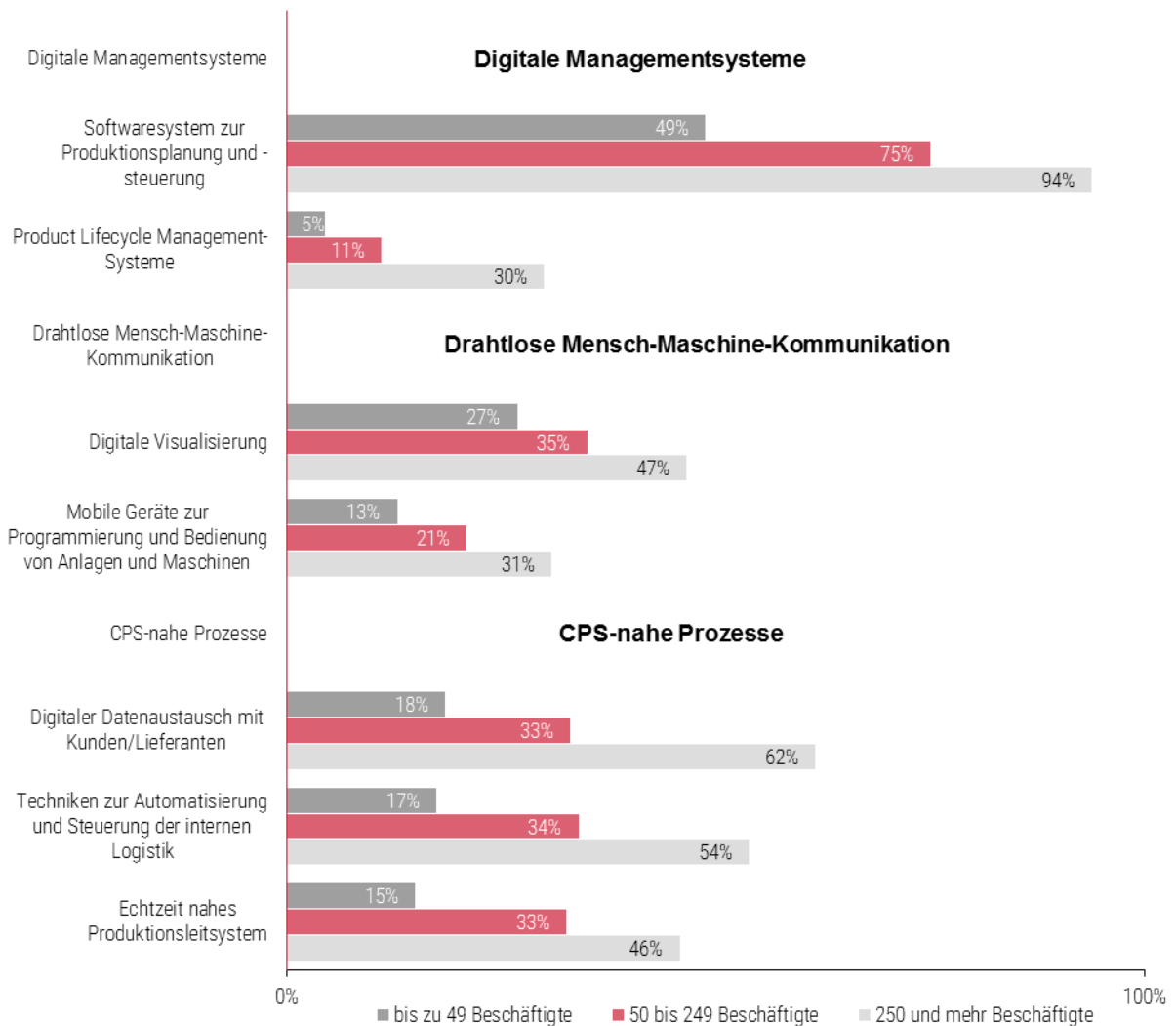


Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

Jeweils knapp ein Drittel bis gut ein Viertel der Industriebetriebe nutzen die drei Digitalisierungstechnologien im Feld *CPS-nahe Prozesse*, den "digitalen Datenaustausch mit Kunden/Lieferanten", "Technologien zur Automatisierung der Logistik" sowie ein "echtzeitnahes Produktionsleitsystem". Damit kommen die Technologien in diesem Feld vergleichbar breit zur Anwendung. Die Dynamik der in den nächsten drei Jahren geplanten Einführungen ist allerdings unterschiedlich. Beim "digitalen Datenaustausch mit Kunden/Lieferanten" planen lediglich weitere 5 Prozent der Betriebe Einführungen, was auf einen gewissen Reifegrad dieser Technologie zur Unterstützung des Supply Chain Management schließen lässt. Dies zeigt sich auch im Diffusionsverlauf dieser Technologie seit 1990 (s.u.). Bei der "Automatisierung der Logistik" und dem "echtzeitnahen Produktionsleitsystem" ist die Dynamik mit jeweils 10 Prozent der Betriebe, die hier in den nächsten drei Jahren eine Einführung planen, ungleich höher.

Bei der Differenzierung der Verbreitung der betrachteten Technologien nach Größenklassen der Betriebe zeigt sich das bekannte Muster, wonach große Betriebe neue Technologien häufiger nutzen als kleine und mittlere Unternehmen (Abbildung 9). Bei sechs der acht betrachteten Technologien liegt die Nutzerquote der großen Betriebe mit 250 und mehr Beschäftigten um den Faktor 1,4 bis 1,8 höher. Der digitale Datenaustausch mit Kunden/Lieferanten wird von den großen Betrieben nahezu doppelt so häufig, Product Lifecycle Management-Systeme sogar fast dreifach so häufig eingesetzt als von der Gesamtheit der Unternehmen. Hier scheint die Größe der Betriebe ein treibender Faktor zu sein, der die Nutzenpotenziale des Einsatzes dieser Technologien besonders beeinflusst.

Abbildung 9: Nutzungsquoten von Digitalisierungstechnologien nach Größenklassen



Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

Bei der Analyse der Verbreitungsmuster nach Branchen zeigt sich (Tabelle 2), dass der Fahrzeugbau bei den digitalen Technologien der Intra- und Extralogistik (Automatisierung der internen Logistik, Supply Chain Management) sowie bei mobilen Geräten und Technologien für die sichere Mensch-Maschine-Kooperation führend ist. Besonders deutlich wird dies bei der letztgenannten Technologie, bei der der Fahrzeugbau eine mehr als doppelt so hohe Nutzerquote hat wie die zweitpositionierte Branche. Hier scheinen die großen Serien in der Produktion sowie die komplexen Produkte, die in enger Abstimmung mit den jeweiligen Komponentenlieferanten gefertigt werden müssen, günstige Einsatzbedingungen für diese Technologien zu bieten. Hersteller von elektrotechnischen und optischen Erzeugnissen sind beim Einsatz digitaler Managementsysteme (PPS, PLM) sowie bei Technologien der digitalen Visualisierung führend. Hohe Steuerungsanforderungen, die aus der kundenspezifischen Serienproduktion dieser Produkte resultieren, scheinen hier eine wichtige Rolle zu spielen. Beim Einsatz von echtzeitnahen Produktionsleitsystemen sind Betriebe aus den Prozessindustrien (Gummi und Kunststoff, Chemie) führend. Die kapitalintensiven Produktionsprozesse in diesen Branchen verlangen eine echtzeitnahe Analyse und Steuerung, um kostspielige Anlagenausfälle möglichst vermeiden zu können. Der Maschinenbau ist zwar bei keiner der Einzeltechnologien führend, mit seinen komplexen und oftmals im Kundenauftrag hergestellten Produkten beim Einsatz von digitalen Managementsystemen und Technologien zur drahtlosen Mensch-Maschine-Kommunikation aber jeweils unter den Top 3 der Branchen zu finden.

Tabelle 2: Nutzungsquoten von Digitalisierungstechnologien nach Branchen

	Hrst. von Nahrungsmitteln, Getränken, Tabakerzeugnissen	Hrst. von Holzwaren, Papier, Pappe; Hrst. von Druckerzeugnissen	Hrst. von chemischen Erzeugnissen	Hrst. von Gummi- und Kunststoffwaren, Glaswaren, Keramik, etc.	Metallerzeugung und -bearbeitung, Hrst. von Metallzeugnissen	
Digitale Managementsysteme						
Softwaresystem zur Produktionsplanung und -steuerung	43%	52%	65%	66%	67%	
Product Lifecycle Management-Systeme	6%	4%	10%	11%	8%	
Drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikation						
Digitale Visualisierung	12%	23%	21%	28%	35%	
Mobile Geräte zur Programmierung und Bedienung von Anlagen/Maschinen	15%	14%	15%	20%	20%	
CPS-nahe Prozesse						
Digitaler Datenaustausch mit Kunden/Lieferanten	15%	33%	26%	31%	34%	
Techniken zur Automatisierung und Steuerung der internen Logistik	22%	31%	33%	30%	27%	
Echtzeitnahes Produktionsleitsystem	21%	32%	34%	35%	31%	
	Hrst. von DV-Geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	Hrst. von elektrischen Ausrüstungen	Maschinenbau	Fahrzeugbau	Sonstige	Gesamt
Digitale Managementsysteme						
Softwaresystem zur Produktionsplanung und -steuerung	88%	78%	75%	72%	66%	67%
Product Lifecycle Management-Systeme	21%	10%	16%	20%	8%	11%
Drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikation						
Digitale Visualisierung	59%	40%	43%	30%	34%	34%
Mobile Geräte zur Programmierung und Bedienung von Anlagen und Maschinen	13%	13%	23%	25%	23%	23%
CPS-nahe Prozesse						
Digitaler Datenaustausch mit Kunden/Lieferanten	33%	30%	32%	59%	23%	23%
Techniken zur Automatisierung und Steuerung der internen Logistik	38%	40%	29%	40%	27%	27%
Echtzeitnahes Produktionsleitsystem	21%	22%	19%	26%	26%	26%

Legende: **Top 1**, Top 2-3

Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

Klassifiziert man diese Digitalisierungstechnologien in die dargestellten Technologiefelder und differenziert die Betriebe danach, aus wie vielen dieser Felder sie bereits Technologien nutzen (also bis zum Zeitpunkt der Erhebung 2015 eingeführt haben), dann ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 10, s. Kapitel 8): 23 Prozent der Betriebe des deutschen Verarbeitenden Gewerbes nutzen noch keine der ausgewählten Digitalisierungstechnologien, stehen also

auf dem Weg zu Industrie 4.0 noch gänzlich am Anfang (Stufe 0 – Nichtnutzer). 23 Prozent der Betriebe nutzen mindestens eine Technologie in einem der Technologiefelder (Stufe 1 – Einsteiger), 30 Prozent mindestens eine Technologie in zwei der Technologiefelder (Stufe 2 – Aktive) und 27 Prozent der Betriebe nutzen mindestens eine Technologie aus jedem der drei Technologiefelder (Stufe 3 – Fortgeschrittene). Die „Fortgeschrittenen“ sind zumindest schon so aufgestellt, dass sie bereits in allen drei der für die Industrie 4.0 relevanten Technologiefelder zumindest schon Erfahrungen mit heutigen Befähigertechnologien gesammelt haben. Allerdings ist diese Gruppe mit gerade einmal etwas mehr als einem Viertel der deutschen Industriebetriebe bemerkenswert klein.

7 Zusammenhang zwischen der Nutzung von Digitalisierungstechnologien und betrieblichen Leistungskennziffern

Der Einsatz von Digitalisierungstechnologien zeigt positive Effekte auf die Arbeitsproduktivität der Industriebetriebe. Dies gilt insbesondere, wenn Technologien aus mindestens zwei der drei Technologiefelder (Digitale Managementsysteme, drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikation und CPS-nahe Prozesse) genutzt werden. Unter Kontrolle von wichtigen, die Arbeitsproduktivität der Betrieb beeinflussenden Strukturvariablen (Betriebsgröße, Branche, Seriengröße der Produktion, Produktkomplexität, Wertschöpfungstiefe) zeigen sich in einem multivariaten Regressionsmodell folgende, *signifikante Zusammenhänge* (Tabelle 3): Betriebe, die mindestens eine Digitalisierungstechnologie aus einem der drei Technologiefelder nutzen, weisen eine um etwa 15 Prozent höhere Arbeitsproduktivität auf als Betriebe, die keine der Digitalisierungstechnologien nutzen. Betriebe, die jeweils mindestens eine Digitalisierungstechnologie aus zwei oder drei der Technologiefelder nutzen, weisen sogar eine um etwa 27 Prozent höhere Arbeitsproduktivität als Betriebe, die keine der Digitalisierungstechnologien nutzen.

Tabelle 3: Multivariate Regression für die betriebliche Arbeitsproduktivität (Wertschöpfung je Mitarbeiter in T€, logarithmiert (ln))

Modellgüte		korrigiertes R ²		Sig.
n = 789		,157		,000
<i>Abh. Variable: Logarithmus der Gesamtfaktorproduktivität</i>				
Konstrukt	Variable	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Sig.
Branche (1)	Metallindustrie	-,217	,058	,000***
	Hrst. von Datenverarbeitungsgeräten, elektr. und opt. Erzeugnissen	-,191	,093	,041**
	Elektronikindustrie	-,221	,091	,015**
	Fahrzeugbau	-,048	,102	,638
	Chemie- und Pharmaindustrie	,385	,093	,000***
	H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	-,179	,066	,007***
	H.v. Nahrung, Futtermittel, Getränken u. Tabakv.	-,117	,083	,157
	Sonstige	-,302	,080	,000***
	Hrst. von Holzwaren, Papier, Druckerezeugnissen	-,144	,074	,051*
Betriebsgröße	Anzahl Beschäftigte (logarithmiert)	,055	,021	,010**
Seriengröße (2)	Klein-/Mittelserienfertigung	,084	,043	,050*
	Großserienfertigung	,235	,062	,000***
Produktkomplexität (3)	mittlere Komplexität	-,036	,049	,466
	hohe Komplexität	-,010	,058	,865
Techn. aus-MMK/MAN/CPS (4)	Mind 1. Technologie	,142	,054	,009**
	Mind je 1. Technologie aus 2 Bereichen	,243	,052	,000***
	Mind je 1. Technologie in jedem Bereich	,237	,056	,000***
	Konstante	4,065	,109	,000***

Modellspezifikation: lineare Regression.

Signifikanzniveau: *** p < .001, ** p < .05, * p < .1

Referenzgruppen: (1) Maschinenbau, (2) Einzelserienfertigung, (3) einfache Produkte, (4) keine Techniken in diesen Bereichen genutzt.

Hochgerechnet¹ auf den gesamten Bruttoproduktionswert der Unternehmen des deutschen Verarbeitenden Gewerbes ergeben sich damit – unter der vereinfachenden Annahme eines gleichbleibenden Absatzes – Einsparungen von etwa 4,35 Mrd. Euro bei Nutzung mindestens einer Digitalisierungstechnologie und von etwa 7,85 Mrd. Euro bei Nutzung jeweils mindestens einer Digitalisierungstechnologie aus zwei oder drei der aufgeführten Technologiefelder.

Tabelle 4: Multivariate Regression für die betriebliche Gesamtfaktorproduktivität (Wertschöpfung / (Personalkosten + Kapitalkosten), logarithmiert (ln))

Modellgüte		korrigiertes R ²	Sig.	
n = 714		,153	,000	
<i>Abh. Variable: Logarithmus der Gesamtfaktorproduktivität</i>				
Konstrukt	Variable	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Sig.
Branche (1)	Metallindustrie	-,060	,048	,211
	Hrst. von Datenverarbeitungsgeräten, elektr. und opt. Erzeugnissen	-,082	,074	,267
	Elektronikindustrie	-,079	,072	,274
	Fahrzeugbau	,183	,084	,030**
	Chemie- und Pharmaindustrie	,345	,075	,000***
	H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	,005	,053	,926
	H.v. Nahrung, Futtermittel, Getränken u. Tabakv.	,224	,068	,001**
	Sonstige	-,091	,067	,175
	Hrst. von Holzwaren, Papier, Druckzeugnissen	,026	,059	,663
Betriebsgröße	Anzahl Beschäftigte (logarithmiert)	,039	,017	,023**
Seriengröße (2)	Klein-/Mittelserienfertigung	,091	,035	,009**
	Großserienfertigung	,117	,050	,020**
Produktkomplexität (3)	mittlere Komplexität	-,111	,040	,005**
	hohe Komplexität	-,079	,048	,099**
Wertschöpfungstiefe		,647	,082	,000***
Techn. MMK/MAN/CPS (4)	Mind 1. Technologie	,042	,044	,344
	Mind je 1. Technologie aus 2 Bereichen	,072	,042	,086*
	Mind je 1. Technologie in jedem Bereich	,017	,045	,715
	Konstante	-,044	,103	,670

Modellspezifikation: lineare Regression.

Signifikanzniveau: *** p < .001, ** p < .05, * p < .1

Referenzgruppen: (1) Maschinenbau, (2) Einzelserienfertigung, (3) einfache Produkte, (4) keine Techniken in diesen Bereichen genutzt.

Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

Bei der **Gesamtfaktorproduktivität**, bei der neben dem Arbeitseinsatz auch der Kapitaleinsatz berücksichtigt wird, zeigt sich hingegen ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang zum betrieblichen Einsatz von Digitalisierungstechnologien. Dieser Befund zeigt sich (wenn auch nur auf einem Signifikanzniveau von 10 Prozent) in einem multivariaten Regressionsmodell, in dem gleichzeitig auf wichtige Strukturvariablen (Betriebsgröße, Branche, Seriengröße der Produktion, Produktkomplexität, Wertschöpfungstiefe) kontrolliert wird (Tabelle 4). Betriebe, die Digitalisierungstechnologien in zwei der drei Technologiefelder nutzen, weisen demnach eine höhere Gesamtfaktorproduktivität als Betriebe,

¹ Die Hochrechnung erfolgt über den branchen- und größenklassenspezifisch gewichteten Anteil der Unternehmen des deutschen Verarbeitenden Gewerbes ohne entsprechende Digitalisierungstechnologien (Nichtnutzer) und den mittleren Lohnanteil des Bruttoproduktionswertes der jeweiligen Branche.

die keine der Digitalisierungstechnologien nutzen. Dagegen ist dieser positive Effekt bei Betrieben, die Digitalisierungstechnologien in allen drei Technologiefeldern nutzen, nicht mehr nachweisbar.

Dies deutet insgesamt darauf hin, dass der Einsatz von Digitalisierungstechnologien in allen drei Technologiefeldern mit relevanten Investitionen einherzugehen scheint, die über die dafür getätigten Abschreibungen die Gesamtfaktorproduktivität schmälern. Betriebe, die bislang fokussierter in zwei der drei Technologiefelder investiert haben, zeigen hier aktuell bessere Kennwerte. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) kann ein solch fokussiertes Vorgehen angezeigt sein, um die Finanzierung der Digitalisierungsinvestitionen stemmen zu können. Andererseits deuten die positiven Effekte bei der Arbeitsproduktivität darauf hin, dass mittelfristig die Gesamtfaktorproduktivität mit intensivem Einsatz von Digitalisierungstechnologien verbessert werden kann, wenn sie nachhaltig genug sind, dass sich die Investitionen und Abschreibungen hierfür nivellieren. Ist jedoch die Notwendigkeit laufender Nachinvestitionen gegeben (z.B. zum Update, bei hoher Technologiedynamik, bei hohen Anpassungsnotwendigkeiten bei Prozessumstellungen), dann bleibt ein nachhaltiger Produktivitätsvorsprung ungewiss.

Ein positiver Effekt der Nutzung von Digitalisierungstechnologien auf die **Termintreue** bei der Belieferung der Kunden zeigt sich erst (Tabelle 5), wenn Betriebe Technologien aus allen drei Technologiefeldern (Digitale Managementsysteme, drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikation und CPS-nahe Prozesse) nutzen, also auch mindestens eine Technologie der vernetzten Produktion (CPS-nahe Prozesse) einsetzen. Eine alleinige Nutzung von digitalen Managementsystemen oder/und drahtloser Mensch-Maschine-Kommunikation scheint für die termingerechte Steuerung der Kundenaufträge noch keine Vorteile gegenüber traditionellen, lange eingeübten Prozessen vorzuweisen. Erst die Kopplung und Vernetzung der Produktionsumgebung selbst bringt hier messbare Steuerungsvorteile.

Tabelle 5: Nutzungsquoten von Digitalisierungstechnologien und Termintreue

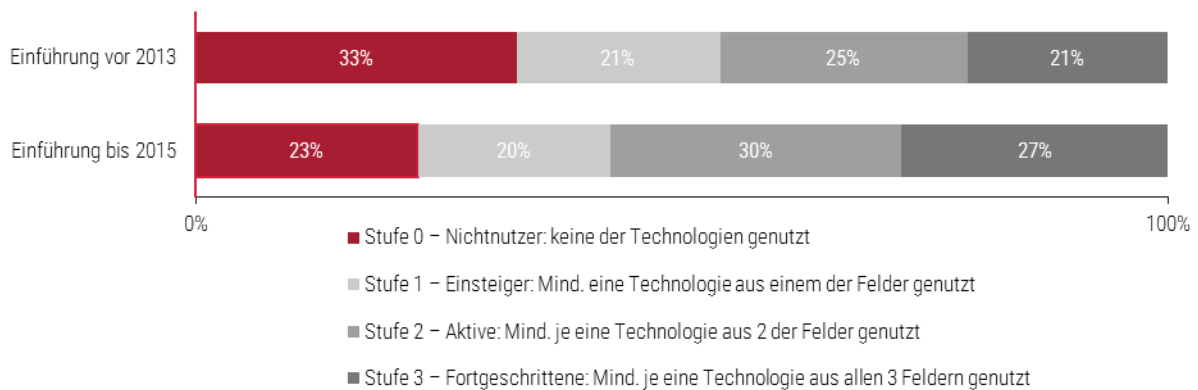
Nutzung von Digitalisierungstechnologien	Mittelwert	Standardabweichung	gültige N
Keine Technologie	90,9	13,1	268
Mind. eine Technologie	88,3	13,5	234
Mind. je eine Technologie aus zwei Bereichen	90,4	12,2	356
Mind. je eine Technologie aus jedem Bereich	91,6	9,5	326
Gesamt	90,4	12,1	1184

Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

8 Zusammenhang zwischen der Nutzung von Digitalisierungstechnologien und Produktionsverlagerungen bzw. Rückverlagerungen

Um nun der Frage nachgehen zu können, ob die Nutzung von Digitalisierungstechnologien mit einer geringeren oder höheren Verlagerungs- oder Rückverlagerungsneigung einhergeht, ist es wichtig, nur die Nutzung derjenigen Technologien zu betrachten, die bereits vor der Verlagerungs- oder Rückverlagerungsentscheidung genutzt wurden. Da Verlagerungs- und Rückverlagerungsaktivitäten für die Jahre von 2013 bis Mitte 2015 erfragt wurden, ist demnach die Einführung der Digitalisierungstechnologien vor 2013 zu betrachten. Hier zeigt sich aufgrund des „Ausschlusses“ von Technologien, die nach 2013 eingeführt wurden, ein nunmehr noch etwas stärker in Richtung Geringnutzer verschobenes Bild (Abbildung 10). Demnach haben ein Drittel der Betriebe des deutschen Verarbeitenden Gewerbes vor 2013 noch keine der ausgewählten Digitalisierungstechnologien genutzt. Die Gruppe der Betriebe, die vor 2013 mindestens eine Technologie in einem der Technologiefelder eingeführt haben, ist mit 21 Prozent etwa gleich groß wie bei der Nutzungsquote bis 2015. Kleiner sind dagegen bei einer Betrachtung der Technologieeinführung bis 2013 die beiden Gruppen mit mindestens je einer Technologie in zwei der Technologiefelder (25 Prozent) und mindestens einer Technologie in jedem der drei Technologiefelder (21 Prozent). Dies zeigt auch, dass die Einführung von Digitalisierungstechnologien in den Jahren von 2013 bis 2015 in der deutschen Industrie durchaus dynamisch war.

Abbildung 10: Anteil der Betriebe nach der Anzahl verschiedener Technologiefelder, in denen sie Digitalisierungstechnologien nutzen



Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

Da neben der Nutzung von Digitalisierungstechnologien auch andere Strukturen und Strategien das betriebliche Verlagerungs- und Rückverlagerungsverhalten beeinflussen, muss eine multivariate Analyse herangezogen werden. Beispielsweise nutzen, wie gezeigt, größere Betriebe signifikant häufiger Digitalisierungstechnologien, verlagern aber auch deutlich häufiger Teile ihrer Produktion ins Ausland. Ein positiver Zusammenhang zwischen der Nutzung von Digitalisierungstechnologien und der Verlagerungsneigung der Betriebe könnte also ein reiner Betriebsgrößeneffekt sein. Von daher müssen die Zusammenhänge gleichzeitig (multivariat) auch auf die Betriebsgröße und andere wichtige Strukturvariablen geprüft werden. Dazu wurden verschiedene, logistische Regressionsmodelle mit den Dummy-Variablen „Produktionsverlagerung von 2013 bis Mitte 2015 j/n“ und „Rückverlagerung von 2013 bis Mitte 2015 j/n“ als abhängige Variable gerechnet.

Das logistische Regressionsmodell zur Erklärung der Wahrscheinlichkeit, dass ein Betrieb des deutschen Verarbeitenden Gewerbes von 2013 bis Mitte 2015 Produktionsverlagerungen ins Ausland vorgenommen hat, ist insgesamt signifikant und zeigt eine zufriedenstellende Modellgüte (Tabelle 6). Demnach erklären insbesondere zwei Faktoren

die Verlagerungsneigung eines Industriebetriebs: Die Größe eines Betriebs, gemessen an der Anzahl der Beschäftigten, und die strategische Orientierung als Preisführer. Beide Faktoren sind signifikant und deutlich positiv mit der Verlagerungsneigung korreliert. Demnach hat der deskriptive Befund, wonach große Unternehmen deutlich häufiger Produktion ins Ausland verlagern als kleinere Unternehmen, auch bei gleichzeitiger Kontrolle anderer Faktoren Bestand. Dies kann durch die Größe der betrieblichen Produktion an sich, die eher zur Aufteilung und Teilverlagerung geeignet ist, durch mehr Ansatzpunkte für internationale Kontakte und Erfahrungen sowie durch größere personelle und finanzielle Ressourcen für die Planung und Durchführung der Verlagerungsaktivitäten erklärt werden. Für Unternehmen, die strategisch auf eine Preisführerschaft setzen, spielt ihre Kostenposition im Vergleich zum globalen Wettbewerb eine dominierende Rolle. Diese Unternehmen sind daher eher und akribischer darauf ausgerichtet, Kostenreduktionspotenziale in Niedriglohnländern zu erschließen, als beispielsweise Unternehmen, die eine Qualitäts- oder Innovationsführerschaft verfolgen.

Tabelle 6: Logistische Regression für die Wahrscheinlichkeit von Produktionsverlagerungen ins Ausland (2013 bis Mitte 2015)

Modellgüte		-2 Log-Likelihood	Cox & Snell R ²	Nagelkerkes R ²
n = 154		75,401	,113	,247
Abh. Variable: Produktionsverlagerung von 2013 bis Mitte 2015 j/n		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Sig.
Schritt 1	Anzahl Beschäftigte (ln)	-,518	,280	,064
	H.v. Metallerzeugnissen	,929	,902	,303
	H.v. DV, elektronischen, optischen Erzeugnissen	2,627	1,273	,039
	H.v. elektrischen Ausrüstungen	2,292	1,125	,042
	Fahrzeugbau	1,799	1,397	,198
	Großserienfertigung	,182	,817	,824
	komplexe Produkte	-1,022	,982	,298
	Zulieferer j/n	-1,979	,879	,024
	Preisführerschaft j/n	,377	,773	,626
	Importquote (ln)	-,508	,314	,106
	Exportquote (ln)	,355	,475	,456
	Personalanteil Ungelernte (ln)	-,137	,287	,632
	Digitech_Stufe2 (vor 2013)	,817	,928	,379
	Digitech_Stufe3 (vor 2013)	1,880	1,003	,061
	Konstante	,051	2,515	,984

Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

Zwischen der betrieblichen **Nutzung von Digitalisierungstechnologien** und der **Verlagerungsneigung** der Betriebe zeigt sich indes **kein signifikanter Zusammenhang**. Demnach zeigen Betriebe, die als „Aktive“ (Stufe 2) oder „Fortgeschrittene“ (Stufe 3) bereits mehrere Digitalisierungstechnologien in verschiedenen Technologiefeldern nutzen, keine unter- oder überdurchschnittliche Wahrscheinlichkeit, Teile ihrer Produktion ins Ausland zu verlagern. Hier scheinen sich die potenziell höheren „Klebe-Effekte“ einer verbesserten Produktivität und Flexibilität am deutschen Produktionsstandort mit den durch die Nutzung von Digitalisierungstechnologien verbesserten Möglichkeiten, globale Wertschöpfungsketten zu koordinieren, in etwa aufzuheben.

Indizien für den Aspekt einer höheren Flexibilität der Leistungserstellung, der mit der Einführung von Digitalisierungstechnologien angestrebt wird, zeigen sich bei der vergleichenden Analyse der **Verlagerungsmuster von Betrieben mit**

geringer und hoher Digitalisierung ihrer Wertschöpfungsprozesse (Tabelle 7). Demnach tendieren „Aktive“ (Stufe 2) oder „Fortgeschrittene“ (Stufe 3) Betriebe bei der Nutzung von Digitalisierungstechnologien häufiger dazu, Produktionsverlagerungen – wenn sie denn welche durchführen – in die Nähe ihrer Kunden und zur Umgehung von Importrestriktionen zu tätigen als Betriebe, die bei der Digitalisierung weniger aktiv sind (Stufe 0 oder 1) und häufiger aus Kostengründen verlagern. Folglich verlagern die digitalisierungsaktiveren Betriebe (Stufe 2 oder 3) auch häufiger Teile ihrer Produktion in die asiatischen Wachstumsmärkte und seltener in die EU 13, die vorrangig Lohnkostenvorteile bieten. Sie suchen demnach sowohl mit ihren Digitalisierungs- als auch mit ihren Verlagerungsaktivitäten eine erhöhte Flexibilität und Fähigkeit zur kundennahen Produktion, um die zunehmend individualisierten Kundenwünsche in verschiedenen Regionen effizient bedienen zu können.

Tabelle 7: Gründe und Zielregionen von Produktionsverlagerungen in Abhängigkeit vom Nutzungsgrad von Digitalisierungstechnologien in der Produktion

	Digitalisierungstechnologien in höchstens einem (oder keinem) der drei Technologiefelder eingeführt (vor 2014)	Digitalisierungstechnologien in zwei oder drei der Technologiefelder eingeführt (vor 2014)
Verlagerung in die EU13	67%	52%
Verlagerung nach China	25%	34%
Verlagerung nach restl. Asien	18%	27%
	Digitalisierungstechnologien in höchstens einem (oder keinem) der drei Technologiefelder eingeführt (vor 2014)	Digitalisierungstechnologien in zwei oder drei der Technologiefelder eingeführt (vor 2014)
Verlagerung wegen Personalkosten	81%	74%
Verlagerung in Kundennähe	22%	34%
Verlagerung zur Umgehung von Importbeschränkungen	5%	12%

Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

Auch das **logistische Regressionsmodell** zur Erklärung der Wahrscheinlichkeit, dass ein Industriebetrieb von 2013 bis Mitte 2015 **Rückverlagerungen** aus dem Ausland vorgenommen hat, ist signifikant und zeigt eine zufriedenstellende Modellgüte (Tabelle 8). Demnach zeigen Betriebe, die in den Wertschöpfungsketten als Zulieferer positioniert sind, eine signifikant geringere Rückverlagerungsneigung als Hersteller von Endprodukten (OEM). Dies kann mit der engeren Bindung zu den Abnehmerunternehmen am Auslandsstandort erklärt werden, die oftmals aus kurzer Distanz flexibel beliefert werden müssen und bei denen sich diese Kundennähe zum Vorteil auswirkt. Des Weiteren steigt die Wahrscheinlichkeit von Rückverlagerungen mit der Exportquote der Betriebe. Für Betriebe, die in ihren Märkten und mit ihren Produkten stark auf ein Exportmodell setzen können, sind die Qualität und Flexibilität ihrer Produktion entscheidende Faktoren, die auch die wichtigsten Motive für deren Rückverlagerungen darstellen. Zudem ist das Label „Made in Germany“ für diese Betriebe oftmals hilfreich, um ihre Premiumprodukte erfolgreich im Ausland vertreiben zu können. Im Unterschied zu Produktionsverlagerungen nehmen Rückverlagerungen nicht signifikant mit der Betriebsgröße zu, da größere Betriebe zwar mehr Produktion im Ausland betreiben, aber auch bessere Ressourcen und Methoden zur Koordination der länderübergreifenden Wertschöpfungsketten aufweisen.

Tabelle 8: Logistische Regression für die Wahrscheinlichkeit von Rückverlagerungen aus dem Ausland (2013 bis Mitte 2015)

Modellgüte		-2 Log-Likelihood	Cox & Snell R ²	Nagelkerkes R ²
n = 860		184,919	,055	,230
Abh. Variable: Produktionsverlagerung von 2013 bis Mitte 2015 j/n		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Sig.
Schritt 1	Anzahl Beschäftigte (ln)	,072	,171	,673
	Sonstige Branchen	-,038	1,152	,974
	H.v. Metallerzeugnissen	-,093	1,204	,938
	H.v. DV, elektronischen, optischen Erzeugnissen	,691	1,188	,561
	H.v. elektrischen Ausrüstungen	,439	1,244	,724
	Maschinenbau	-1,023	1,254	,415
	Mittelserienfertigung	,329	,617	,593
	Großserienfertigung	-,152	,805	,850
	Erzeugnisse mittlerer Komplexität	-,383	,614	,532
	komplexe Produkte	-,248	,719	,730
	Zulieferer j/n	-1,485	,512	,004
	Preisführerschaft j/n	,574	,565	,310
	Importquote (ln)	-,143	,198	,468
	Exportquote (ln)	1,101	,379	,004
	Personalanteil Ungelernte (ln)	,137	,177	,439
	Digitech_Stufe1 (vor 2013)	1,884	1,127	,095
	Digitech_Stufe2 (vor 2013)	1,932	1,088	,076
	Digitech_Stufe3 (vor 2013)	2,618	1,089	,016
	Konstante	-8,946	2,243	,000

*Erhebung **Modernisierung der Produktion 2015**, Fraunhofer ISI*

Ein **signifikant positiver Zusammenhang** zeigt sich zudem zwischen der betrieblichen **Nutzung von Digitalisierungstechnologien** und der **Rückverlagerungsneigung** der Betriebe. Demnach haben „fortgeschrittene“ Betriebe (Stufe 3), die bereits vor 2013 mindestens eine Technologie aus jedem der drei Technologiefelder eingeführt haben, signifikant häufiger Teile ihrer Produktion wieder an den deutschen Standort zurückverlagert als „Nichtnutzer“ (Stufe 0) von Digitalisierungstechnologien. Im Mittel des Schätzmodells haben die beim Einsatz von Digitalisierungstechnologien „Fortgeschrittenen“ eine **etwa 10-mal höhere Rückverlagerungswahrscheinlichkeit** (ca. 5 Prozent) als „Nichtnutzer“ von Digitalisierungstechnologien (ca. 0,5 Prozent). Auch „Einsteiger“ (Stufe 1) und „Aktive“ (Stufe 2) zeigen eine tendenziell höhere Rückverlagerungswahrscheinlichkeit als „Nichtnutzer“ (Stufe 0), wenngleich auf einem geringeren Signifikanzniveau von 10 Prozent. Hier greifen zwei Erklärungsmuster: Zum einen kann der Einsatz von Digitalisierungstechnologien zu einer erhöhten Automatisierung und Produktivität des deutschen Produktionsstandorts führen, so dass der Lohnkostenanteil geringer, die Produktion in Niedriglohnländern weniger attraktiv und Skaleneffekte wichtiger werden, was Rückverlagerungen begünstigt. Zum zweiten kann der Einsatz von Digitalisierungstechnologien zu einer erhöhten Flexibilität und Fähigkeit zur individualisierten Produktion genutzt werden, die eine effiziente Bedienung individueller Kundenwünsche ermöglicht und Anreize für Firmen bietet, die Produktion in die Nähe ihrer europäischen Kunden zurückzuholen bzw. zu halten (→ lokale Wertschöpfungsketten). **Demnach kann der intensive Einsatz von**

Digitalisierungstechnologien signifikant zu attraktiveren Produktionsbedingungen mit erhöhter Wertschöpfung am deutschen Standort beitragen.

Um zu überprüfen, ob dieser Zusammenhang robust ist, wurde ein weiteres logistisches Regressionsmodell gerechnet. In dieses wurde nur die Teilgruppe derjenigen Betriebe einbezogen, die zum Zeitpunkt der Befragung (Mitte/Ende 2015) Produktionsstandorte im Ausland hatten, anstatt das Auslandsengagement wie im vorherigen Modell über die weichen Indikatoren Import- und Exportquote zu modellieren². Damit soll vermieden werden, dass rückverlagernde Betriebe auch mit solchen verglichen werden, die nie Produktionsaktivitäten im Ausland hatten und von daher auch nicht zurückverlagern konnten. Gleichwohl gibt es auch Betriebe, die Rückverlagerungen durchgeführt und keinen Produktionsstandort im Ausland haben – entweder durch Rückverlagerung von Produktionskapazitäten von ausländischen Zulieferern oder durch Schließung des Auslandsstandorts im Zuge der Rückverlagerung. Insgesamt haben etwa 60 Prozent der Rückverlagerer (noch) einen oder mehrere Produktionsstandorte im Ausland. Die Quote der Rückverlagerer ist in dieser Teilgruppe der Firmen mit eigenen Produktionsstandorten im Ausland mit fast 12 Prozent verständlicherweise aber deutlich höher als bei der Gesamtheit der Betriebe des deutschen Verarbeitenden Gewerbes (3 Prozent).

Auch in diesem, restriktiveren Modell (Tabelle 9) zeigt sich wiederum ein **signifikant positiver Zusammenhang** zwischen der betrieblichen **Nutzung von Digitalisierungstechnologien** und der **Rückverlagerungsneigung** der Betriebe. Demnach haben „fortgeschrittene“ Betriebe auf der avancierten Stufe 3, die bereits vor 2013 mindestens eine Technologie aus jedem der drei Technologiefelder eingeführt haben, signifikant häufiger Teile ihrer Produktion wieder an den deutschen Standort zurückverlagert als „Nichtnutzer“ (Stufe 0) oder „Einsteiger“ (Stufe 1) bei Digitalisierungstechnologien. Damit kann dieser positive Zusammenhang als robust gegenüber Modellvariationen und damit auch als stabil betrachtet werden.

Tabelle 9: Logistische Regression für die Wahrscheinlichkeit von Rückverlagerungen aus dem Ausland (2013 bis Mitte 2015) für die Gruppe der Betriebe mit Produktionsstandorten im Ausland

	Modellgüte n = 154	-2 Log-Likelihood 83,612	Cox & Snell R ² ,098	Nagelkerkes R ² ,215
Abh. Variable: Produktionsverlagerung von 2013 bis Mitte 2015 j/n		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Sig.
Schritt 1				
Anzahl Beschäftigte (ln)		-,418	,249	,093
H.v. Metallerzeugnissen		,806	,833	,333
H.v. DV, elektronischen, optischen Erzeugnissen		2,273	1,138	,046
H.v. elektrischen Ausrüstungen		2,013	1,055	,056
Fahrzeugbau		1,140	1,299	,380
Großserienfertigung		,108	,794	,892
komplexe Produkte		-0,831	,896	,353
Zulieferer j/n		-1,784	,789	,024
Preisführerschaft j/n		,810	,705	,251
Personalanteil Ungelernte (ln)		-,165	,266	,536
Digitech_Stufe2 (vor 2013)		,871	,846	,303
Digitech_Stufe3 (vor 2013)		1,899	0,935	,042
Konstante		-,722	1,481	,626

Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015*, Fraunhofer ISI

² Dieser Teilgruppe der Betriebe mit eigenen Produktionsstandorten im Ausland gehören 13 Prozent der Betriebe des deutschen Verarbeitenden Gewerbes an (n = 212). Das Regressionsmodell, in das nur Betriebe einbezogen werden können, die Angaben zu allen enthaltenen Variablen gemacht haben, umfasst damit n = 154 Betriebe.

Auch Zulieferbetriebe zeigen in diesem Modell wiederum eine signifikant geringere Rückverlagerungsneigung als Hersteller von Endprodukten (OEM). Zudem sind Hersteller von DV-Geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen sowie (auf einem geringeren Signifikanzniveau von 10 Prozent) Hersteller von elektrischen Ausrüstungen bei Rückverlagerungen überdurchschnittlich aktiv. Im Unterschied zum vorherigen Modell nehmen Rückverlagerungen zudem auch schwach signifikant (auf dem 10%-Niveau) mit der Betriebsgröße ab. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit eigenen Produktionsstandorten im Ausland scheinen demnach etwas häufiger einmal getroffene Lokalisierungsentscheidungen der Produktion auch wieder zu korrigieren, da sie weniger Erfahrung, Ressourcen und möglicherweise auch weniger fundierte Methoden zur Koordination der länderübergreifenden Wertschöpfungsketten besitzen.