

## (r)Evolution 4.0: Auf den Spuren des rückläufigen I4.0-Fortschritts

*Erste Analysen aus dem ISI-Industriepanel*

*Christian Lerch, Angela Jäger, Djerdj Horvat*

Die Industrie 4.0 (I4.0) stellt eine zentrale Zukunftsvision für Unternehmen und den Produktionsstandort Deutschland dar. In unseren Mitteilungen Nr. [71](#) und [76](#) berichteten wir bereits über die verschiedenen Entwicklungen der vierten industriellen Revolution. So wurde mithilfe des I4.0-Readiness Index des Fraunhofer ISI der I4.0 Fortschritt zwischen 2015 und 2018 auf 12 Prozent beziffert.

Daraus ergibt sich nun die Frage, welche Entwicklung die I4.0 seit 2018 genommen hat. Welche Unternehmen konnten Fortschritte erzielen, welche haben Nachholbedarf? Welche digitalen Technologien sind weiter auf dem Vormarsch? Um diese Thematik zu untersuchen, werden in dieser Mitteilung nicht nur die Umfragen von 2015, 2018 und 2022 analysiert, sondern erstmals auch Ergebnisse des ISI-Industriepanels vorgestellt.

Es zeigt sich, dass der I4.0 Fortschritt seit 2018 auf lediglich fünf Prozent gesunken ist. Ursache für diese rückläufige Entwicklung ist, dass sich der digitale Fortschritt auf relativ wenige Unternehmen konzentriert, während die breite Masse stagniert. Ebenso wurden in den vergangenen Jahren kaum Spitzenanwendungen implementiert. Dies hat nicht nur strukturelle Gründe, auch die wirtschaftliche Situation der Betriebe spielt hierbei eine Rolle. Um der (r)Evolution 4.0 neue Dynamik zu verleihen, sind daher nicht nur Spitzentechnologien zu forcieren, sondern auch Basisanwendungen in die Breite zu tragen.

## *Industrie 4.0: Eine Zukunftsvision für die Produktion*

### *Einleitung*

Die Industrie 4.0 (I4.0) stellt seit 2011 die zentrale Zukunftsvision für produzierende Unternehmen und das Verarbeitende Gewerbe insgesamt dar. Auch als vierte industrielle Revolution bezeichnet, beschreibt sie ein neues Produktionsparadigma, welches auf Technologien wie Cyber-physischen Produktionssystemen, dem Internet of Things (IoT) oder der Mensch-Maschine Interaktion basiert. Ein zentrales Element bildet die digitale Vernetzung von Produktionssystemen innerhalb von Betrieben, aber auch über Unternehmensgrenzen hinweg. Für Deutschland als führenden Produktionsstandort, stellt die I4.0 damit ein zentrales Element für die Zukunft der Wertschöpfung dar.

## *Entwicklung der I4.0 zwischen 2015 und 2018*

In unseren Mitteilungen Nr. [71](#) und [76](#) berichteten wir bereits über den Fortschritt und den Entwicklungsstand der Industrie 4.0 in Deutschland. Während die erste Ausgabe (Nr. 71) für das Jahr 2015 eine digitale Kluft zwischen kleinen und großen Betrieben konstatierte, konnte die Ausgabe drei Jahre später zeigen (Nr. 76), dass gerade kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) große Fortschritte bei der Digitalisierung machten und gegenüber größeren Betrieben aufholen konnten. Ebenso waren es die vormals weniger digitalisierten Betriebe und Branchen, die sich überdurchschnittlich verbesserten und so Anschluss an die Führungsgruppe fanden. Insgesamt konnte mithilfe des vom Fraunhofer ISI entwickelten I4.0-Readiness Index der digitale Fortschritt in Deutschland zwischen 2015 und 2018 auf 12 Prozent beziffert werden.

## *Welche Fortschritte hat die I4.0 seit 2018 gemacht?*

Hieraus leitet sich nun die Frage ab, welche zusätzlichen digitalen Fortschritte Betriebe in ihrer Produktion seit 2018 machen konnten. Welche Regionen und Branchen konnten sich bei I4.0-Anwendungen besonders verbessern? Welche digitalen Technologien sind weiter auf dem Vormarsch? Welche Rahmenbedingungen sind günstig für Produktionsbetriebe, um langfristig digitalen Fortschritt zu erzielen? Zur Beantwortung dieser Fragen ziehen wir in dieser Ausgabe ein Vergleich der I4.0-Readiness zwischen 2015 und 2022. Dafür werden auf Basis der *Modernisierung der Produktion* des Fraunhofer ISI die Umfragen von 2015, 2018 und 2022 analysiert sowie mithilfe des neuen ISI-Industriepanels, das diese drei Erhebungswellen miteinander verknüpft, folgende Leitfragen adressiert:

### *Leitfragen*

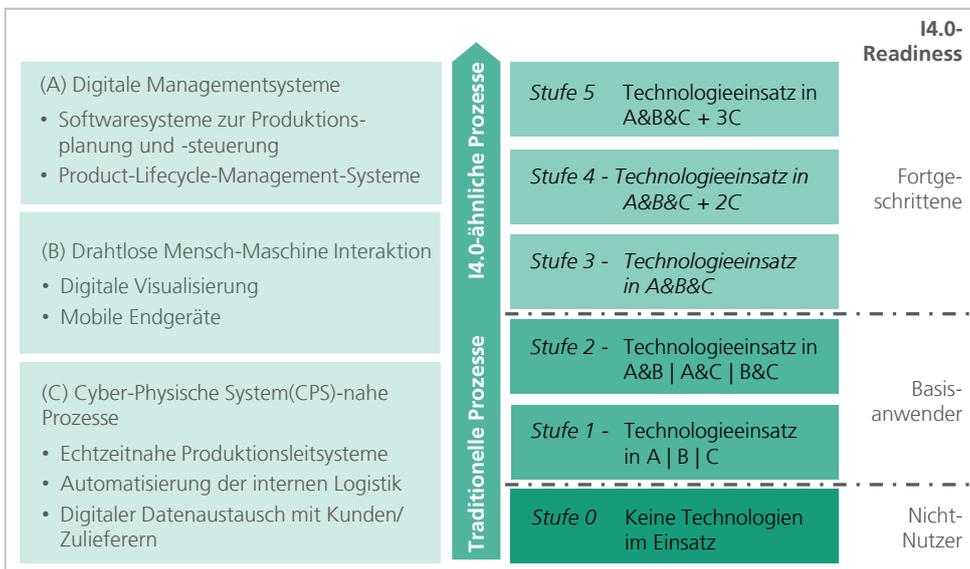
- Welche Entwicklungen und Dynamiken sind bei der I4.0 im Zeitraum 2015 bis 2022 festzustellen?
- Welche Branchen und Regionen sind führend bei der Industrie 4.0 und welche haben noch Nachholbedarf?
- Wie haben sich die digitalen Produktionstechnologien in den vergangenen Jahren weiterverbreitet?
- Worin liegen die Unterschiede zwischen Betrieben, die eine stärkere bzw. schwächere Entwicklung bei der I4.0 aufweisen?

### 14.0-Readiness Index zur Analyse des digitalen Fortschritts in der Produktion

Der vom Fraunhofer ISI im Jahr 2015 entwickelte 14.0-Readiness Index basiert auf sieben digitalen Produktionstechnologien, die drei separaten Technologiefeldern zugeordnet werden: Während die Technologiefelder (A) Digitale Managementsysteme und (B) Drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikation zu den IT-nahen Prozessen zählen und sich als Basistechnologien auf dem Weg zu Industrie 4.0 betrachten lassen, enthält das dritte Technologiefeld der (C) Cyber-Physischen-Systeme (CPS) erste Ansätze einer vernetzten Produktion, was einen größeren Eingriff in traditionelle Produktionsabläufe bedeutet. Im Detail erfolgt nachfolgende Zuordnung. **Abbildung 1** bietet einen Überblick über die einzelnen Elemente dieses 14.0-Readiness-Index.

- A. Digitale Managementsysteme: „Softwaresysteme zur Produktionsplanung und -steuerung“ sowie „Product-Lifecycle-Management-Systeme“.
- B. Drahtlose Mensch-Maschine-Interaktion: "Digitale Visualisierung" und "Mobile Endgeräte“.
- C. Cyber-Physische Produktionssystem- (CPS-) nahe Prozesse: „Echtzeitnahe Produktionsleitsystem“, „Automatisierung der internen Logistik“ und „Digitaler Datenaustausch mit Kunden und Lieferanten“.

*Digitale Produktionstechnologien und Technologiefelder des 14.0-Readiness Index*



*Abbildung 1: 14.0-Readiness Index des Fraunhofer ISI*

Auf dieser Basis lassen sich zwei zentrale 14.0-Kennzahlen darstellen: zum einen der sogenannte *14.0-Indexwert* (Min: 0; Max: 5), welcher den Mittelwert der sechs Stufen darstellt und sich zur Beschreibung von zeitlichen Entwicklungen und Veränderungs-raten heranziehen lässt. Zum anderen werden die Produktionsbetriebe den drei *14.0-Hauptgruppen* zugeordnet, womit sich eine detaillierte Untersuchung der 14.0-Produktionsstrukturen vornehmen lässt:

*Der 14.0-Readiness Index liefert zwei wichtige Kennzahlen*

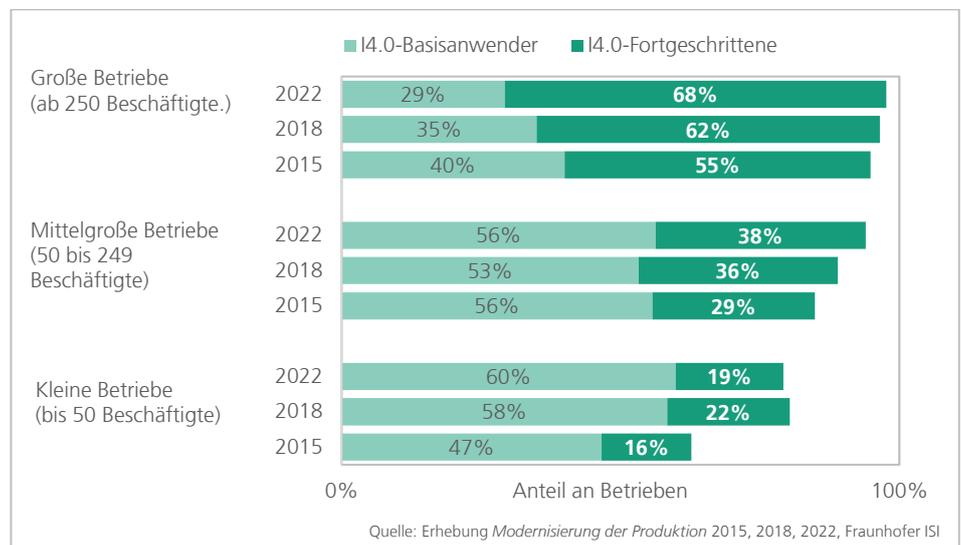
- Die Gruppe der *I4.0-Nicht-Nutzer* umfasst alle Betriebe, die keine der sieben digitalen Technologien in ihrer Produktion einsetzen und tendenziell auf traditionelle Produktionsprozesse setzen.
- Die Gruppe der *I4.0-Basisanwender* enthält alle Betriebe, die mindestens eine digitale Technologie in einem oder zwei der drei Technologiefelder implementiert haben.
- Zur Gruppe der *I4.0-Fortgeschrittenen* zählen alle Betriebe, die in allen drei Technologiefeldern mindestens eine digitale Technologie einsetzen.

#### Entwicklung und Dynamik der Industrie 4.0 von 2015 bis 2022

Der I4.0-Indexwert liegt im Jahr 2022 für das Verarbeitende Gewerbe in Deutschland bei 2,2. Mit Blick auf den Indexwert der Jahre 2018 (Indexwert: 2,1) und 2015 (Indexwert: 1,8) wird deutlich, dass der Fortschritt nach 2018 im Vergleich zum Zeitraum 2015 bis 2018 rückläufig ist. Als prozentualer Anstieg tritt der Unterschied der beiden jeweiligen Indexwerte zum Ausgangswert 2015 deutlich hervor: Der digitale Fortschritt im ersten Beobachtungszeitraum (2015-2018) lag noch bei 12 Prozent, während der zweite Zeitraum (2018-2022) lediglich einen Zuwachs von 5 Prozent aufweist.

*Deutlicher Rückgang in der Dynamik des I4.0 Fortschritts*

Abbildung 2:  
I4.0-Gruppen nach Betriebsgröße



*Bis 2018 trugen I4.0-Basisanwendungen in KMU digitalen Fortschritt in die Breite*

Ursachen für diese rückläufige Entwicklung sind u.a. auf strukturelle Charakteristika zurückzuführen. So konnten, wie Abbildung 2 zeigt, zwischen 2015 und 2018 insbesondere die kleinen Betriebe bei der Digitalisierung ihrer Produktion gegenüber den Großunternehmen aufholen. Die Gruppe der I4.0-Basisanwender wuchs um elf Prozentpunkte (47 auf 58 Prozent), die Gruppe der Fortgeschrittenen um sechs Prozentpunkte (16 auf 22 Prozent). Weiterhin waren es in diesem Zeitraum vormals schwächere Branchen, insbesondere die Prozessindustrien, die sich stärker digitalisierten, wodurch sich das Feld insgesamt verdichtete. Die Details dazu sind in Abbildung 4

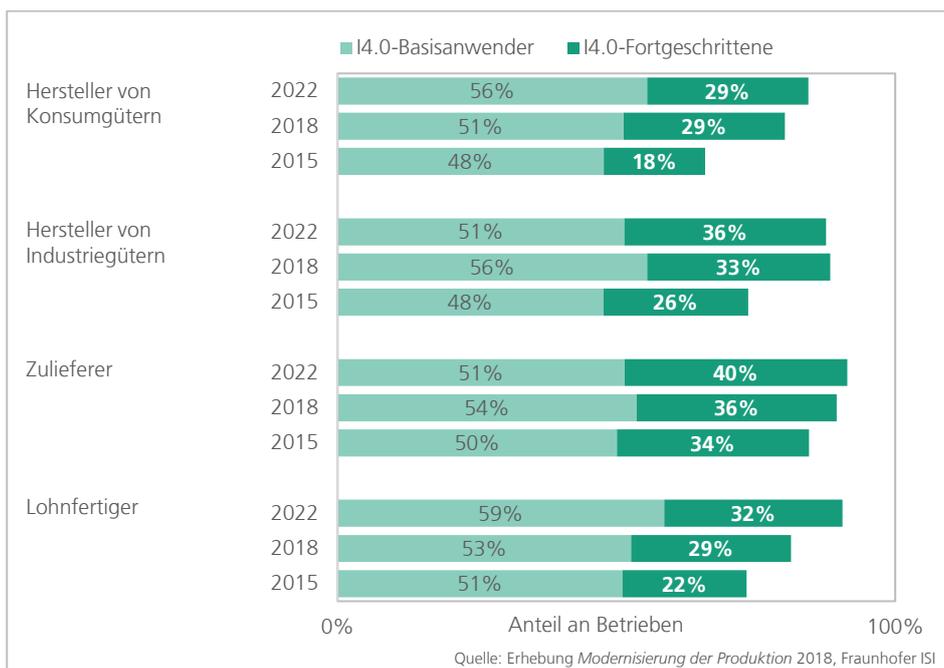
dargestellt. Der Zeitraum zwischen 2015 und 2018 ist somit größtenteils von einem Einstieg der breiten Masse an Betrieben in I4.0-Basisanwendungen geprägt. Somit profitierte das Verarbeitende Gewerbe insgesamt vom digitalen Fortschritt.

Aus Abbildung 2 wird auch deutlich, dass die Entwicklung zwischen 2018 und 2022 deutlich andere Tendenzen zeigte. Während sich klein- und mittelgroße Betriebe (KMU) mit bis zu 250 Beschäftigten nur geringfügig verbessern konnten, waren es insbesondere große Betriebe, die verstärkt auf einen Ausbau ihrer digitalen Produktion setzten. Mehr als zwei Drittel der großen Betriebe zählen im Jahr 2022 bereits zur Gruppe der I4.0-Fortgeschrittenen (68 Prozent), während der Anteil an I4.0-Basisanwendern seit 2015 kontinuierlich geschrumpft ist und der Anteil an Nicht-Nutzern heute gegen Null geht. Ebenso waren es in diesem Zeitraum die bei der Digitalisierung bereits führenden Ausrüsterbranchen, die die größten Fortschritte bei der I4.0-Bereitschaft erzielten, wie in Abbildung 4 zu sehen ist.

Diese insgesamt schwächere Entwicklung seit 2018 könnte auf die COVID-19-Krise, mit ihren Lockdowns und einhergehenden Produktionseinschränkungen ab dem Frühjahr 2020 zurückgeführt werden. Aufgrund schwächerer Umsätze zeigten sich gerade KMU weniger investitionsfreudig, was wiederum einen geringeren Modernisierungsgrad des Produktionsequipments zur Folge hatte. Hingegen konnten Großunternehmen, möglicherweise aufgrund ihrer besseren Ressourcenausstattung, die Folgen der Lockdowns besser überwinden und der Digitalisierung auch während der Krise eine höhere Aufmerksamkeit schenken.

*Seit 2018 konzentriert sich der I4.0-Fortschritt auf wenige Großbetriebe*

*COVID-19-Krise als Ursache einer divergenten I4.0-Entwicklung zwischen großen Betrieben und KMU*

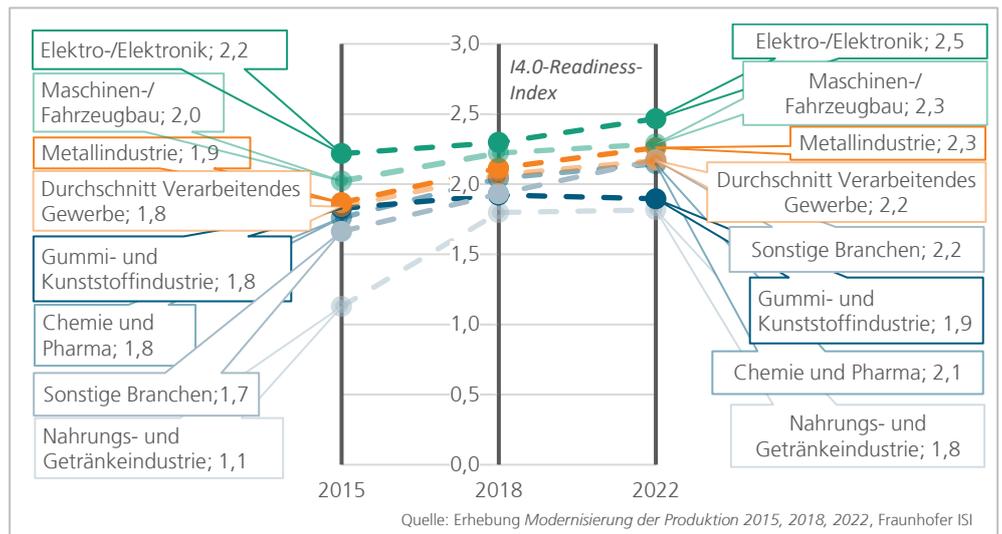


*Abbildung 3: I4.0-Gruppen nach Position in der Wertschöpfungskette*

*Divergente I4.0-Entwicklungen auch entlang der Wertschöpfungskette: Kundengruppe von zentraler Bedeutung*

Weitere Unterschiede bei der Entwicklung der I4.0-Readiness sind in den vergangenen Jahren auch entlang der Wertschöpfungskette auszumachen, wie Abbildung 3 zeigt: Zulieferbetriebe sind über die Zeit hinweg am weitesten digitalisiert; der hohe Anteil an I4.0-Fortgeschrittenen stieg bis 2022 auf 40 Prozent. Lohnfertiger und Hersteller von Industriegütern befinden sich heute mit einem Anteil an I4.0-Fortgeschrittenen von 36 bzw. 32 Prozent im Mittelfeld der I4.0-Aktivitäten, wobei Lohnfertiger den größeren Digitalisierungsschub seit 2015 zu verzeichnen hatten. Einen starken Zuwachs konnten auch Hersteller von Konsumgütern realisieren, allerdings bleibt hier der Anteil der I4.0-Fortgeschrittenen auch im Jahr 2022 mit 29 Prozent unterdurchschnittlich. Insgesamt scheint die Nähe zu Industriekunden ein entscheidender Faktor für den I4.0-Fortschritt eines Betriebs in den letzten Jahren gewesen zu sein. Bei der Produktion von Konsumgütern hingegen waren I4.0-nahe Anwendungen weniger relevant.

*Abbildung 4: Entwicklung des I4.0-Indexwerts nach Branchen*



*Ausrüsterbranchen weiterhin führend bei I4.0, Prozessindustrien holen auf*

Weitere Erkenntnisse lassen sich auch mit Blick auf die Branchen des Verarbeitenden Gewerbes auf Basis der Indexwerte gewinnen. Wie Abbildung 4 zeigt, existierte im Jahr 2015 eine große Bandbreite hinsichtlich der I4.0-Readiness (von Elektroindustrie: 2,2 bis Nahrungs- und Getränkeindustrie: 1,1; entspricht 1,1 Indexpunkte Differenz). Bis ins Jahr 2018 verdichtete sich das Feld deutlich (0,5 Indexpunkte Differenz). Die führenden Ausrüsterbranchen, wie Elektroindustrie, Maschinenbau, hatten sich kaum verbessert, jedoch konnten in diesen drei Jahren die Prozessindustrien (Gummi und Kunststoff, Chemie und Pharma, Nahrung und Getränke) aufholen und einen überdurchschnittlichen I4.0-Fortschritt erreichen. Ab 2018 hingegen fächerte sich das Feld wieder auf (0,7 Indexpunkte Differenz). In dieser Periode konnten sich vor allem führende Branchen verbessern. Insgesamt ergaben sich damit jedoch über die gesamte Zeitspanne hinweg keine größeren Verschiebungen bei der I4.0-Readiness zwischen den einzelnen Branchen, nur die Bandbreite zwischen den Branchen variierte.

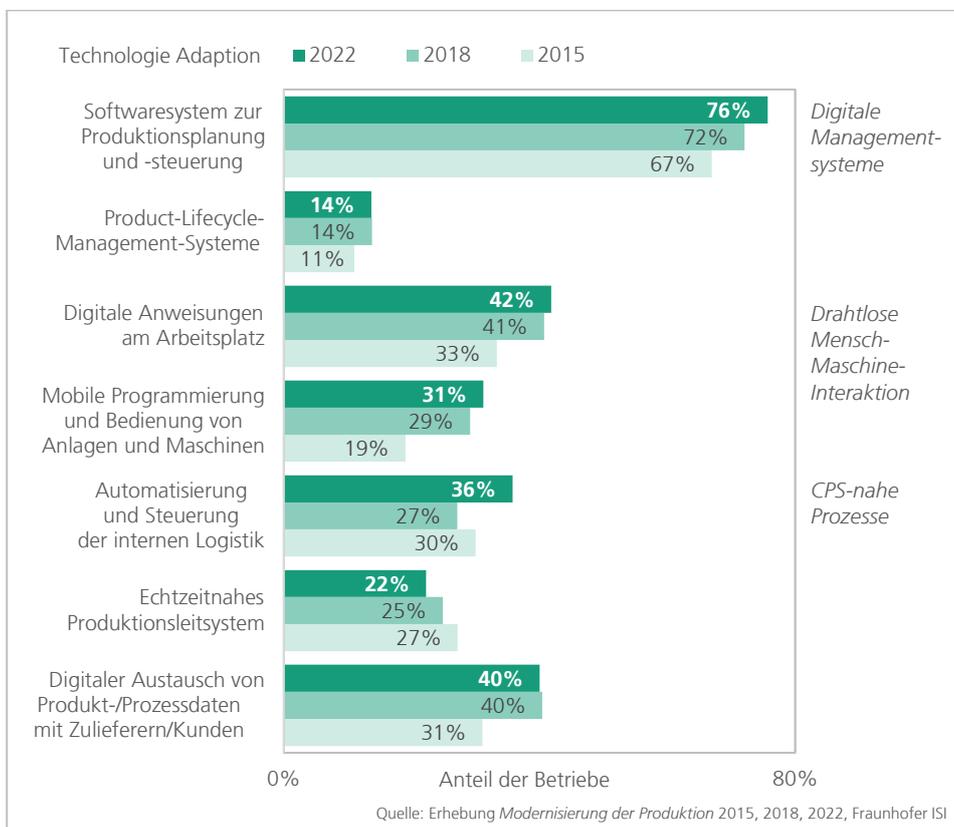
Die Spitzenpositionen der Elektroindustrie und des Maschinenbaus lassen sich sicherlich damit erklären, dass diese beiden Branchen die I4.0-Ausrüsterindustrien darstellen, weshalb folglich auch eine Anwendung digitaler Technologien in der eigenen Produktion naheliegt. Auffällig ist zudem die unterdurchschnittliche I4.0-Readiness der Prozessindustrien. Dies lässt sich auf spezifische Prozessabläufe zurückführen, die aufgrund ihrer biologischen, chemischen oder physikalischen Natur aktuell weniger passfähig zu I4.0-nahen Technologien sind, als dies bei Stückgutherstellern der Fall ist.

*Verbreitung digitaler Produktionstechnologien seit 2015*

Um die Dynamik der I4.0 vertiefend zu betrachten, lohnt ein Blick auf die Verbreitung der einzelnen I4.0 Technologien zwischen 2015 und 2022. Wie Abbildung 5 zeigt, wurden die größten Entwicklungsschritte in den letzten Jahren bei Technologien der drahtlosen Mensch-Maschine-Kommunikation realisiert (12 bzw. 9 Prozentpunkte Zuwachs). Der signifikante Sprung beider Technologien ist hier jedoch im Zeitraum von 2015 bis 2018 zu beobachten, während es danach kaum mehr Fortschritte gab. Ein insgesamt eher moderates Wachstum verzeichnen die Technologien der digitalen Managementsysteme. Während PLM-Systeme sich seit 2015 kaum weiterverbreitet haben, wuchs die Nutzerquote bei Softwaresystemen zur Produktionsplanung und -steuerung trotz der bereits starken Verbreitung um weitere 9 Prozentpunkte.

*Digitale Technologien zwischen Stagnation und moderatem Wachstum*

*Abbildung 5: Verbreitung der digitalen Technologien seit 2015, geordnet nach Technologiefeld*



*ISI-Industriepanel  
gibt Aufschluss  
über I4.0-Dynamik  
auf betrieblicher  
Ebene*

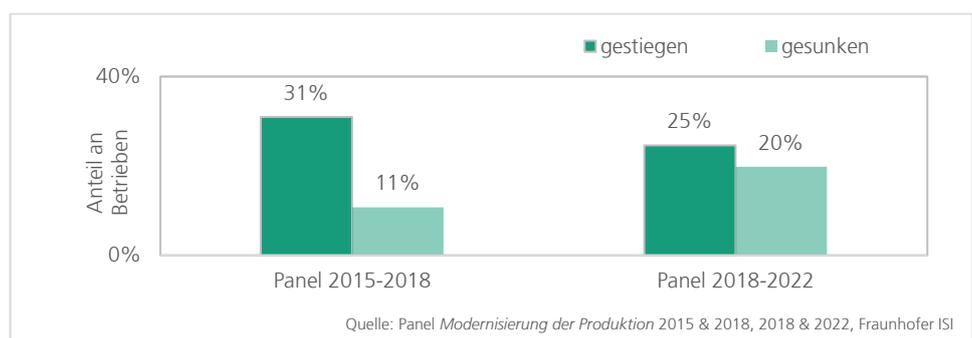
#### *Analyse des ISI-Industriepanels: Digitale Fortschritte auf betrieblicher Ebene*

Zusätzlich zu den Entwicklungen im Querschnitt für die verschiedenen Betriebstypen ist die Entwicklung einzelner Betriebe über die Jahre hinweg hoch interessant. Denn ein Rückgang des I4.0-Fortschritts im Durchschnitt kann unterschiedliche Bedeutungen haben: Es könnte darauf hinweisen, dass die Mehrheit der Betriebe beim Einsatz der betrachteten Technologien stagnieren. Es könnte aber auch verbergen, dass einige Betriebe ihre I4.0-Readiness ausbauen, während andere sogar den Einsatz zurückfahren.

Um diese betriebsindividuelle Perspektive zu beleuchten, verknüpfen wir die Daten einzelner Betriebe aus den Erhebungswellen von 2015, 2018 und 2022. In diese drei Erhebungen wurden die I4.0-Readiness-Indikatoren erhoben, sodass spezifische Entwicklungen einzelner Betriebe sichtbar gemacht werden können. Allerdings können dabei nur diejenigen Betriebe betrachtet werden, die bei mindestens zwei der drei Erhebungsrounds teilgenommen hatten.

Für die vorliegende Studie ergeben sich drei Panels: 258 Betriebe nahmen in den Jahren 2015 und 2018 teil (Panel A), 195 Betriebe in den Jahren 2018 und 2022 (Panel B) sowie 103 Betriebe in den Jahren 2015 und 2022 (Panel C). Diese kleinen Ausschnitte stellen im Gegensatz zu unseren sonstigen Analysen keinen repräsentativen Ausschnitt des Verarbeitenden Gewerbes dar. Jedoch zeigen Vergleiche zentraler Merkmale wie Region, Branche, Betriebsgröße, Innovativität oder Produktionscharakteristika zwischen den Betrieben in den Panels und den Gesamtdaten für alle drei Jahre nur sehr geringe Abweichungen. Mit diesen drei Panels lassen sich somit auf einzelbetrieblicher Ebene zusätzliche, interessante Untersuchungen zur I4.0-Entwicklung vornehmen.

*Abbildung 6:  
Anteil der Betriebe  
mit gesteigener  
und gesunkener  
I4.0-Readiness über  
die Zeit*



*Verdopplung der  
Betriebe mit  
gesunkener  
I4.0-Readiness  
seit 2018*

#### *Digitaler Fortschritt ist keine Einbahnstraße*

Wie Abbildung 6 verdeutlicht, konnten sich im Zeitraum von 2015 bis 2018 ein knappes Drittel (31 Prozent) der Produktionsbetriebe hinsichtlich ihrer I4.0-Readiness verbessern. Gleichzeitig wiesen 11 Prozent der Betriebe im Jahr 2018 ein geringeres I4.0-Level auf als drei Jahre zuvor. Aus der Differenz zwischen beiden Anteilen ergibt sich ein Nettofortschritt von 20 Prozentpunkten für die Zeit von 2015 bis 2018. Nicht in der

Abbildung dargestellt sind die verbleibenden 58 Prozent der Betriebe, die ihr I4.0-Level in diesem Zeitraum aufrechterhielten. Wie Abbildung 6 ebenfalls zeigt, sah es im Zeitraum von 2018 bis 2022 deutlich anders aus: Nur noch ein Viertel aller Produktionsbetriebe (25 Prozent) verbesserte ihr I4.0-Level. Im Gegensatz dazu verzeichnete aber auch jeder fünfte Hersteller einen digitalen Rückschritt (20 Prozent). Im Vergleich zum ersten Beobachtungszeitraum (2015-2018) liegt dieser Wert fast doppelt so hoch. Der Nettofortschritt sank damit auf nur 5 Prozentpunkte. 56 Prozent der untersuchten Betriebe konnten ihre I4.0-Bereitschaft auf dem gleichen Niveau halten, d.h. weder verbesserten noch verschlechterten sie sich.

Mit diesen Analysen wird deutlich, dass Betriebe nicht nur ihr I4.0-Level nicht erhöhten, sondern dass einige Betriebe sogar einen Rückschritt ihres I4.0-Levels zu verzeichnen hatten. Die abflachende Dynamik beruht demnach zum Teil auch auf einer Reduktion der I4.0-Readiness auf Betriebsebene. Gründe dafür könnten unter anderem die Schwierigkeiten bei der Integration neuer Technologien sein, wodurch Technologien nach einer Pilotphase nicht weitergenutzt werden. Dies fällt besonders bei komplexeren Systemen ins Gewicht. Des Weiteren erfordern digitale Systeme regelmäßige Updates. Damit verbundene Kosten könnten dazu führen, dass sich Unternehmen nach einer Testphase doch für traditionelle, weniger vernetzte Lösungen entscheiden.

Auch wenn diese Zusammenhänge hier nicht alle geprüft werden können, geben die Paneldaten doch erste Hinweise: Fast kein großer Betrieb verzeichnete in den betrachteten Zeiträumen einen Rückgang der I4.0-Readiness. Etwa ein Viertel unter ihnen steigerte die I4.0-Readiness, die anderen Betriebe sicherten ihr Niveau (75 bzw. 65 Prozent). Für die Periode von 2015 bis 2018 betrug der Nettofortschritt für diese Gruppe 19 Prozentpunkte, von 2018 bis 2022 sogar 27 Prozentpunkte.

Im Gegensatz dazu hielten unter den klein- und mittelständigen Betrieben (KMU) weniger als 60 Prozent ihr I4.0-Level unverändert. 30 Prozent sowohl der kleinen als auch der mittelgroßen Betriebe konnten in der ersten Periode von 2015 bis 2018 ihr I4.0-Level steigern, von 2018 bis 2022 hingegen waren dies nur noch 20 bzw. 27 Prozent. Dabei verzeichnete in der zweiten Periode auch fast ein Viertel dieser Betriebe (25 bzw. 20 Prozent) einen Rückgang der I4.0-Readiness. Die Nettoentwicklung bei den kleinen Betrieben mit weniger als 50 Beschäftigten fiel somit von 25 auf 6 Prozentpunkte, bei mittelgroßen Betrieben bis 250 Beschäftigten von 16 auf 7 Prozentpunkte.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass der beobachtete Rückgang in der Dynamik somit darauf zurückzuführen ist, dass gerade unter den kleineren Betrieben nicht nur kein Fortschritt in der I4.0-orientierten Digitalisierung zu verzeichnen war, sondern so-

*Rückgang des I4.0-Fortschritts insbesondere bedingt durch gesunkene I4.0-Readiness*

*I4.0-Fortschritt bei großen Betrieben ist ungebrochen*

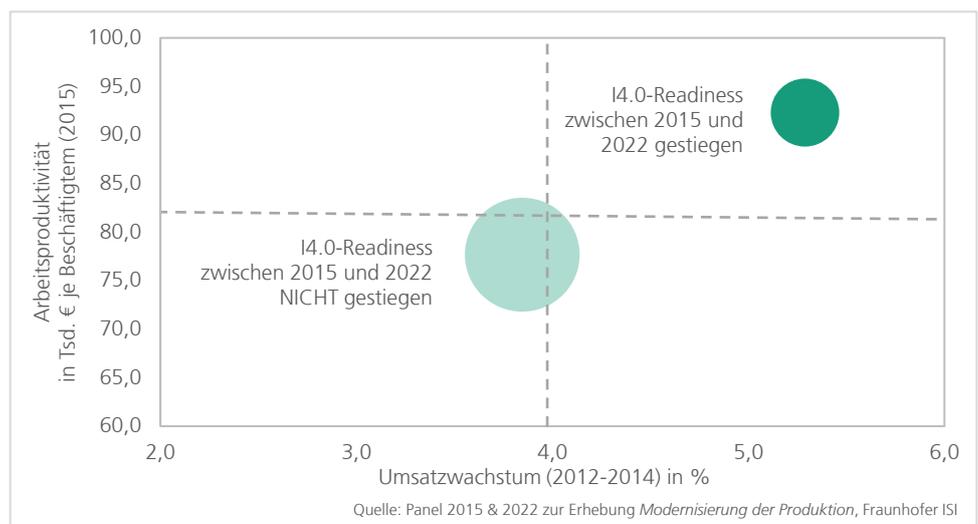
*Besonders kleine Betriebe nahmen häufiger I4.0-Entwicklungen zurück*

gar ein erheblicher Anteil dieser Betriebe seit 2018 Entwicklungen zurücknahm. Gleichzeitig verzeichnete ein relevanter Anteil an KMU weiterhin I4.0-Fortschritte. Für große Unternehmen waren hingegen keine Rückentwicklungen festzustellen.

#### *Arbeitsproduktivität und Umsatzentwicklung als Treiber der I4.0*

Die Paneldaten ermöglichen auch einen Vergleich der Ausgangssituation von Betrieben mit gesteigerter I4.0-Readiness gegenüber der anderer Unternehmen. Wie Abbildung 7 illustriert, wiesen Betriebe, deren I4.0-Readiness im Zeitraum von 2015 bis 2022 anstieg, bereits im Jahr 2015 sowohl eine überdurchschnittliche Arbeitsproduktivität als auch eine überdurchschnittliche Umsatzentwicklung auf. Im Gegensatz dazu erzielten Unternehmen, deren I4.0-Readiness bis 2022 stagnierte oder sogar sank, im Jahr 2015 eine lediglich unterdurchschnittliche Arbeitsproduktivität und Umsatzentwicklung. Für diesen Blick auf die langfristige Entwicklung wurde Panel C (2015 & 2022) herangezogen.

*Abbildung 7:  
I4.0-Fortschritt der  
Betriebe nach  
Umsatzwachstum  
und Arbeitsproduk-  
tivität im Jahr 2015*



*Positiver  
Zusammenhang  
zwischen  
I4.0 Fortschritt und  
wirtschaftlicher  
Situation der  
Betriebe*

Dieser Befund verdeutlicht, dass Betriebe, die 2015 über eine überdurchschnittlich positive Wirtschaftssituation verfügten, in den Folgejahren eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit aufwiesen, ihre I4.0-Readiness zu erhöhen. Demnach hing der I4.0-Fortschritt eines Betriebs stark von dessen wirtschaftlicher Situation ab. Anzunehmen ist, dass Unternehmen mit einer stärkeren Finanzkraft sich als investitionsfreudiger erweisen und ihr Produktionsequipment umfangreicher modernisieren als andere. Eine positive wirtschaftliche Ausgangslage stellt demnach einen wichtigen Treiber für den Ausbau der I4.0-Readiness dar und ermöglicht I4.0-Fortschritte zu erreichen. Dies geht mit der oben formulierten Bewertung einher, dass die COVID-19-Krise mit einhergehenden Umsatzeinbrüchen eine zentrale Rolle beim rückläufigen I4.0-Fortschritt am Produktionsstandort Deutschlands spielte.

### *Fazit*

Die vorliegende Mitteilung zur Industrie 4.0 liefert wertvolle Einblicke in die Dynamik der digitalen Transformation im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland im Zeitraum von 2015 bis 2022. Die Ergebnisse zeigen, dass sich das Tempo der Verbreitung von I4.0-Technologien seit 2018 trotz eines weiteren Fortschritts bei deren Implementierung signifikant verlangsamt hat. Diese Verlangsamung führte zu einem Rückgang des allgemeinen I4.0-Fortschritts von ehemals 12 Prozent (2015–2018) auf lediglich 5 Prozent (2018–2022).

Die Mitteilung zeigt auf, dass die I4.0-Dynamik stark durch die strukturellen Merkmale der produzierenden Unternehmen geprägt ist. Zwischen 2015 und 2018 konnten insbesondere kleine Betriebe erste grundlegende I4.0-Anwendungen erfolgreich implementieren und wesentliche Fortschritte erzielen. In den darauffolgenden Jahren wurde die Entwicklung wieder von großen Unternehmen dominiert. Im Zusammenhang mit der Wertschöpfungsposition haben sich Zulieferbetriebe in den letzten Jahren als Vorreiter der I4.0-Readiness etabliert, während Lohnfertiger und Hersteller von Industriegütern eher im Mittelfeld verbleiben. Die Nähe zu Industriekunden förderte grundsätzlich die eigenen I4.0-Aktivitäten, während die Herstellung von Produkten für den Konsumentenmarkt eher einen geringeren Bedarf an I4.0-Technologien aufwies.

Besorgniserregend ist die Verdopplung des Anteils an Betrieben mit sinkender I4.0-Readiness seit 2018. Eine erhebliche Anzahl an Betrieben hatte Schwierigkeiten, kontinuierlich Modernisierung in den für Industrie 4.0 relevanten Bereichen umzusetzen. Im betrachteten Zeitraum zwischen 2018 und 2022 ist dies vermutlich auch auf die COVID-19-Krise mit ihren Lockdowns und einhergehenden Produktionseinschränkungen zurückzuführen. Insbesondere KMU konnten weniger in technologische Modernisierung investieren, während große Produzenten dank ihrer besseren Ressourcenlage die Digitalisierung ihrer Produktion trotz der Krise weiter vorantreiben konnten. Sinkende I4.0-Readiness insbesondere bei KMU verweist aber auch auf die grundlegendere Problematik, I4.0-Technologien langfristig rentabel zu implementieren.

Als Ergebnis bleibt damit festzuhalten, dass die Entwicklung der I4.0 im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland eher evolutionär als revolutionär verläuft. Dabei ist die Integration von I4.0-Technologien in den allgemeinen Modernisierungsprozess der Produktion weiterhin wesentlich von Produktionsstrukturen und wirtschaftlicher Situation der Betriebe geprägt. Rückentwicklungen sind dabei auch möglich. Unternehmen sollten sich darauf einstellen, dass die Einführung von I4.0-Technologien aufgrund des evolutischen Charakters kontinuierliche Anpassungen und Optimierungen erfordert. Um den digitalen Fortschritt in Deutschland zu beschleunigen und eine flächendeckende Verbreitung sicherzustellen, sind weiterhin gezielte Maßnahmen und kontinuierliche Investitionen unerlässlich.

*Der I4.0-Fortschritt zeigt einen rückläufigen Trend*

*Der rückläufige Trend ist durch verschiedene strukturelle Merkmale bedingt*

*Die abnehmende I4.0-Readiness ist durch die schlechtere wirtschaftliche Lage der Betriebe bedingt*

*I4.0 Fortschritt mit evolutionärem, statt revolutionärem Charakter*

*Die ISI-Erhebung  
Modernisierung der Produktion 2022*

Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI führt seit 1993 regelmäßig Erhebungen zur *Modernisierung der Produktion* durch. Die Erhebung deckt alle Branchen des Verarbeitenden Gewerbes ab. Untersuchungsgegenstand sind die Produktionsstrategien, der Einsatz innovativer Organisations- und Technikkonzepte in der Produktion, Fragen des Personaleinsatzes sowie Fragen zur Wahl des Produktionsstandortes. Daneben werden Leistungsindikatoren wie Produktivität, Flexibilität und Qualität erhoben. Mit diesen Informationen erlaubt die Umfrage detaillierte Analysen zur Modernität und Leistungskraft der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes.

Die vorliegende Mitteilung stützt sich auf Daten der Erhebungsrunde 2022, für die 14 045 Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland angeschrieben wurden. Bis September 2022 schickten 1 334 Firmen einen verwertbar ausgefüllten Fragebogen zurück (Rücklaufquote 9 Prozent). Die antwortenden Betriebe decken das gesamte Verarbeitende Gewerbe umfassend ab. Unter anderem sind Betriebe der metallverarbeitenden Industrie und des Maschinenbaus zu 22 bzw. 21 Prozent vertreten, die Elektro- und Elektronikindustrie zu 8 Prozent, die gummi- und kunststoffverarbeitende Industrie zu 9 Prozent, das Ernährungsgewerbe zu 8 Prozent und die Chemische Industrie zu 5 Prozent. Betriebe mit weniger als 100 Beschäftigten stellen 66 Prozent, mittelgroße Betriebe 32 Prozent und große Betriebe (mit mehr als 1 000 Beschäftigten) 3 Prozent der antwortenden Firmen.

Die bisher erschienenen Mitteilungen finden sich im Internet unter der Adresse:

<http://isi.fraunhofer.de/i/mitteilung.php>

Wenn Sie an speziellen Auswertungen der Datenbasis interessiert sind, wenden Sie sich bitte an:

*Spomenka Maloča, Fraunhofer ISI*

*Tel.: 0721/6809-328*

*E-Mail: [spomenka.maloca@isi.fraunhofer.de](mailto:spomenka.maloca@isi.fraunhofer.de)*

*ISI-Industriepanel 2015, 2018, 2022*

Die Erhebung *Modernisierung der Produktion* erfasst im jeweiligen Erhebungsjahr einen repräsentativen Querschnitt des Verarbeitenden Gewerbes. Für die Befragungsrunden werden jeweils Betriebe zufällig ausgewählt und um Teilnahme gebeten. Dies ermöglicht sowohl aktuelle Analysen als auch die Betrachtung von Entwicklungen über die Jahre hinweg.

Das Verknüpfen der Daten einzelner Betriebe aus verschiedenen Erhebungsjahren ermöglicht es zusätzlich, zu ausgewählten Fragestellungen Entwicklungen auch im Längsschnitt auf Betriebsebene zu analysieren.

Für die vorliegende Untersuchung wurden Daten von 258 Betrieben mit Informationen von 2015 und 2018, von 195 Betrieben mit Informationen von 2018 und 2022 sowie von 103 Betrieben mit Informationen von 2015 und 2022 verwendet.

Modernisierung der Produktion  
Mitteilung aus der ISI-Erhebung

*Herausgeber*  
Fraunhofer-Institut für  
System- und Innovationsforschung ISI  
Breslauer Straße 48  
76139 Karlsruhe  
[www.isi.fraunhofer.de](http://www.isi.fraunhofer.de)

*Autoren*  
Christian Lerch, Angela Jäger, Djerdj Horvat