

Nachfolgend finden Sie die Übersetzung ins Deutsche des frei verfügbaren Fachartikels:

Original:

„Success Factors for Value Creation in Industry 4.0 – a Comparison of two Field Studies in German Tool Machine Manufacturers and Start-Ups“.

Eike Permin^{*a}, Lina Castillo^a, Shabana Sarin^a, Karl Lossie^b, Dennis Grunert^b, Robert H. Schmitt^c and Carsten Wohlgemuth^a.

Verfügbar unter (Stand 23.6.2025):

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827125004706>

Dies ist eine nicht offizielle deutsche Übersetzung des Originals durch:

Markus Bans

ATS Prozessoptimierung Markus Bans

Web: <https://simio-simulation.de>

Lizenz:

Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)

S. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>



Tagungsband der 58. CIRP Conference on Manufacturing Systems 2025

Erfolgsfaktoren für die Wertschöpfung in der Industrie 4.0 – ein Vergleich zweier Feldstudien bei deutschen Werkzeugmaschinenherstellern und Start-ups

Eike Permin^{*a}, Lina Castillo^a, Shabana Sarina, Karl Lossie^b, Dennis Grunert^b, Robert H. Schmitt^c und Carsten Wohlgemuth^a

^aTH Köln University of Applied Science, Steinmüllerallee 1, 51643 Gummersbach, Deutschland
^bFraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, Steinbachstraße 17, 52974 Aachen
^cWerkzeugmaschinenlabor WZL, RWTH Aachen, 52074 Aachen

* Korrespondierender Autor. Tel.: +49 1515 9144 165; E-Mail-Adresse: eike.permin@th-koeln.de

Abstrakt

Als vor mehr als zehn Jahren der Begriff Industrie 4.0 geprägt wurde, war das erwartete Wirtschaftswachstum für diesen neuen Industriezweig enorm. Inzwischen sind Original Equipment Manufacturers (OEMs) und Start-ups mit neuen digitalen, datengetriebenen Produkten und Dienstleistungen auf den Markt gekommen. Der Beitrag erforscht daher Erfolgsfaktoren für die Wertschöpfung in der Industrie 4.0, indem er zwei Marktstudien vorstellt und vergleicht: Die erste untersucht etablierte Erstausrüster (OEMs) und ihre Strategien zur Integration digitaler, datengetriebener Produkte und Dienstleistungen. Die zweite Studie befasst sich mit Start-ups im Bereich Industrie 4.0. Trotz des Potenzials hat nur ein kleiner Bruchteil der OEMs solche Strategien erfolgreich umgesetzt und sich dabei auf kundenorientierte Innovationen, agile Abläufe, gemischte Teams und externe Partnerschaften verlassen. Start-ups in der Industrie 4.0 sind risikoreicher, softwarelastiger Natur und stark auf Risikokapital und staatliche Fördermittel angewiesen. Start-ups weisen auch ein höheres Bildungsniveau bei Gründerinnen und Gründern im Vergleich zu traditionellen Start-ups auf. Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit für OEMs, neue agile, kundenzentrierte Ansätze zu verfolgen und die Integration agiler und klassischer Managementmethoden, insbesondere für KMU, weiter zu erforschen. Die Arbeit schließt mit der Empfehlung, die akademische Ausbildung von Maschinenbauingenieuren um neue Organisations- und Managementthemen zu erweitern, um die Beschäftigungsfähigkeit in der sich entwickelnden Industrie 4.0-Landschaft zu gewährleisten.

© 2025 Die Autoren. Herausgegeben von Elsevier B.V.

Dies ist ein Open-Access-Artikel unter der CC BY-NC-ND Lizenz (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>)

Peer-Review unter der Verantwortung des wissenschaftlichen Ausschusses des Internationalen Programmkomitees der 58. CIRP-Konferenz Fertigungssysteme

Schlüsselwörter: Geben Sie hier Ihre Schlüsselwörter ein, getrennt durch Semikolons;

1. Einleitung

Der Begriff "Industrie 4.0" wurde ursprünglich im Jahr 2011 geprägt. Ausgehend von zwei großen Veränderungen – dem Aufstieg cyber-physischer Systeme (CPS) in der Fertigung und einem besseren Datenaustausch auf Basis von Internettechnologien – wurden neue Formen der Zusammenarbeit und der Organisation der Wertschöpfung erwartet [1]. Während sich die ersten Diskussionen um Konzepte, Standards und konkrete Technologien drehten, wurden bald Studien veröffentlicht, die enorme Erwartungen an das erwartete Wirtschaftswachstum aufzeigten. Allein für Deutschland wurde je nach zitierter Quelle ein wirtschaftlicher

Mehrwert zwischen 78 Milliarden Euro [2] und 110 Milliarden Euro [3] prognostiziert.

In den folgenden Jahren wurde eine Vielzahl von datengetriebenen, digitalen Produkten und Dienstleistungen im Bereich der industriellen Fertigung eingeführt. Während einige spektakulär scheiterten [4], haben sich andere durchgesetzt und können als etabliert am Markt angesehen werden. In einer aktuellen Studie des Bundesverbands Digitale Wirtschaft bitkom bewerten heute 91 % der Unternehmen Industrie 4.0 als entscheidend für ihre Wettbewerbsfähigkeit, da sie ein Arbeitsumfeld für hochqualifizierte Arbeitskräfte fördert und Effizienz und Resilienz fördert [5].

Da sich Industrie 4.0 auf den wissensintensiven Bereich der Fertigung konzentriert, ist zu erwarten, dass etablierte Original Equipment Manufacturers (OEMs) erfolgreich einen Anteil am wachsenden Markt gewinnen werden. Auf der anderen Seite sollten neue Technologien, unklare Erwartungen und hohe Risiken ein Umfeld schaffen, das agile Start-ups begünstigt.

Daher wollen wir die folgenden Forschungsfragen beantworten

- (1) Welche Erfolgsfaktoren für die Wertschöpfung in der Industrie 4.0 lassen sich aus Technologie-Schnelldreher ableiten?
- (2) Was sind in dieser Hinsicht die Unterschiede zwischen etablierten Maschinenherstellern und Start-ups? Um diese zu beantworten, stellen wir in dieser Publikation zwei Marktstudien vor, aus denen wir Schlussfolgerungen ziehen können: Die erste wurde unter deutschen OEMs durchgeführt, um die allgemeine Marktkultivierung von datengetriebenen Produkten und Dienstleistungen zu bewerten. Wie sich zeigen wird, verfügt nur ein Bruchteil der OEMs über Angebote, die als "Industrie 4.0" bezeichnet werden könnten. In einer detaillierten Analyse dieser Schnelldreher konnten bei der Mehrzahl der Unternehmen die gleichen Muster und Erfolgsfaktoren festgestellt werden. Die zweite Marktstudie richtete sich an deutsche Start-ups in der spezifischen Nische Industrie 4.0. Es wird sich zeigen, dass dieses Segment noch recht klein ist. Auch hier haben die meisten der untersuchten Unternehmen die gleichen Muster und Erfolgsfaktoren, die im Folgenden skizziert werden. Schließlich werden Schlussfolgerungen sowohl für wissenschaftliche als auch für pädagogische Implikationen gezogen.

2. Stand der Literatur

Auf der Suche nach Mehrwert engagieren sich Unternehmen in der Entwicklung von Dienstleistungen. Diese Entwicklung verändert die traditionelle produktzentrierte Industrie hin zu Paketen, die sowohl materielle Güter als auch immaterielle Dienstleistungen nahtlos integrieren [6]. Der akademische Diskurs identifiziert diese transformative Entwicklung konsequent als Servitisierung, digitale Servitisierung oder das übergeordnete Konzept eines Produkt-Dienstleistungs-Systems [Pasc20]. Eine gründliche Untersuchung dieser konzeptionellen Rahmenbedingungen ist in Artikeln verfügbar, die durch die wegweisenden Beiträge von [7] oder [8] veranschaulicht werden. Wie in [9] festgestellt, gestaltet die transformative Reise nicht nur die Wertversprechen der Kunden neu, sondern definiert auch die Mechanismen, durch die ein Unternehmen Wert generiert, neu. Im Mittelpunkt steht dabei die kollaborative Co-Creation mit den Kunden, die anpassungsfähige Reaktionen auf ihre sich ändernden Bedürfnisse ermöglicht.

Viele der Potenziale von Industrie 4.0 beruhen auf den Chancen, die sich durch die Erfassung und Speicherung von Big Data und die daraus resultierenden Möglichkeiten zur Datenanalyse und Erhöhung der Transparenz bieten [10]. Der Fokus liegt dabei auf den daraus abgeleiteten Geschäftsmodellinnovationen. Eines der oft genannten Modelle ist das "Product Services Business Model", das CPS, Internet of Things (IoT) und Smart Factory kombiniert. Dies ist beliebt, um einen engeren Kundenkontakt, einen stabileren Umsatz und eine

bessere Ressourcenauslastung zu suchen. Gleichzeitig entwickeln sich Hersteller von reinen Anbietern zu Lösungsanbietern, die Risiken mindern und die betriebliche Leistung oder Anlageneffizienz verbessern [11].

Domänenwissen ist erforderlich, um sich nah an den Bedürfnissen des Marktes zu entwickeln und die damit verbundenen Herausforderungen zu meistern. Daher begannen die OEMs, ihr Portfolio zu erweitern, um neue, datengesteuerte Produkte und Dienstleistungen zu übernehmen. Diese ergänzen tendenziell das Portfolio, sorgen für zusätzliche Erträge und bieten Potenzial, sich vom Wettbewerb abzuheben. Während eine Studie aus dem Jahr 2021 ergab, dass mehr als zwei Drittel der Kundinnen und Kunden solchen neuen Angeboten offen gegenüberstehen [12], sind nur sehr wenige erste "echte" Fälle öffentlich geworden, wie z.B. in [13].

Trotz des breiten wissenschaftlichen Interesses gibt es nur wenige empirische Daten zu Mustern und/oder Ansätzen, um datengetriebene Produkte und Dienstleistungen zu schaffen: Briard et al. [14] diskutierten die Herausforderungen der datengetriebenen Designforschung im Entwicklungsprozess. Schäfer [15] stellt datenschutzrechtliche Herausforderungen und Maßnahmen beim Angebot datengetriebener Produkte vor. Chen [16] schlägt ein Forschungsmodell für den Prozess der digitalen Servicebereitstellung vor und stellt fest, dass datengesteuerte digitale Fähigkeiten den Produkt- und Kundensupport positiv beeinflussen und indirekt die Wettbewerbsfähigkeit verbessern. Yu et al. [17] formulieren Erlösmodelle für verschiedene Möglichkeiten des Datenaustauschs und kommen zu dem Schluss, dass die horizontale Produktdifferenzierung einen positiven Einfluss auf die Bereitschaft zum Datenaustausch hat. Zum anderen stellten Meyera et al. [18] eine Methodik zur Planung optimierter Produktgenerationen und Retrofits vor. Darüber hinaus konzentrierten sie sich auf die Tatsache, dass für die Integration ihres Ansatzes in Unternehmen ein Benchmarking-Prozess und die Unterstützung durch Tools notwendig sind. Grigoryan et al. [19] liefern eine Analyse des Status quo und der Herausforderungen für Unternehmen in der datengetriebenen Produktmanagementforschung. Bahrenburg et al. [20] stellen fest, dass nur zehn Prozent der Unternehmen daten- und systemtechnisch gut aufgestellt sind, während ein Drittel das eigene Unternehmen als hinterherhinkt.

In Bezug auf Start-ups gibt es reichlich Literatur zu allgemeinen Erfolgsfaktoren. Seit den 1970er Jahren wird Grundlagenforschung zu Schlüsselfaktoren für den Erfolg von Start-ups betrieben. Pospisil gab einen systematischen Literaturüberblick über die Anwendung des McKinseys 7S-Modells [21], indem er harte Faktoren wie Struktur und Systeme mit weichen Faktoren wie Kultur und Werten mischte. Bei der gezielten Betrachtung technologiegetriebener Start-ups entwickelte Buehler [22] ein Scoring-Modell, das die 4Ts ("Team", "Timing", "Traktion" und "Tech/Produkt") betrachtet. In den frühen 2000er Jahren analysierte Gross mehr als 100 Start-ups und destillierte Timing, Team, Idee, Geschäftsmodell und Finanzierung als die wichtigsten [23]. Obwohl er ein TED-Talk ist, wurde er seitdem in zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten zitiert. Eine gewisse Überschneidung dieser Faktoren wurde durch den österreichischen Gründungsmonitor bestätigt [24]. Betrachtet man die spezifische Nische von Industrie 4.0, so werden die

Erfolgsfaktoren von Start-ups zu wenig analysiert. *Oliva* stellte eine Fallstudie vor, die auf einem einzigen Start-up aus Brasilien basiert [25]. *Wahl et al.* stellten fest, dass Unternehmer, die neue Unternehmen gründen, für Industrie 4.0 andere Fähigkeiten benötigen würden [26]. Darüber hinaus beschäftigen sich die meisten Publikationen entweder mit Potenzialen [27] oder mit Modi der Zusammenarbeit und Integration von Start-ups in Konzerne [28].

Wie aus dem Stand der Literatur hervorgeht, fehlt es an wissenschaftlichen Arbeiten, die die Marktdurchdringung sowie Erfolgsfaktoren, Ansätze und Lessons Learned von Pionierunternehmen bei der Bereitstellung datengetriebener Produkte und Dienstleistungen für Werkzeugmaschinen analysieren, da dies einst als großer Markt für neue, Industrie 4.0-Level erwartet wurde.

3. Der Markt für datengetriebene Produkte und Dienstleistungen für Werkzeugmaschinen

Während etablierte OEMs oft versuchen, ihr Portfolio durch datengesteuerte Produkte und Dienstleistungen zu erweitern, finden sich neue und riskante Entwicklungen oft in Start-ups, die den gleichen Markt für Industrie 4.0 adressieren. Derzeit hat nur ein Bruchteil der etablierten OEMs Angebote, während die meisten noch mit einer Vielzahl von Ideen und Angeboten experimentieren. Im Gegensatz dazu konzentrieren sich Start-ups in der Regel auf eine eher kleine Idee oder Technologie und versuchen, zu einem späteren Zeitpunkt zu skalieren. Daher musste die aktuelle Marktsituation für diese beiden Gruppen in separaten Marktstudien unter Berücksichtigung dieser unterschiedlichen Ansätze und Randbedingungen analysiert werden.

3.1. Marktsituation für OEMs

Zunächst wurde eine Marktstudie durchgeführt, bei der wir die Ausstellerliste von zwei der wichtigsten Messen für den Anlagen-, Maschinen-, Werkzeug- und Formenbau herangezogen haben: die "Exposition Mondiale de la Machine Outil" - EMO in Hannover und die "Internationale Fachmesse für Technologien der Metallbearbeitung" METAV in Düsseldorf mit jeweils mehr als 500 Ausstellern. Wir sammelten Sekundärdaten zu jedem Unternehmen von seiner Website, wie z. B. seinem Produktportfolio, und von zusätzlichen Websites, auf denen Geschäftsberichte und Unternehmensveröffentlichungen präsentiert werden. Aus dieser Analyse wurden 202 deutsche Unternehmen identifiziert, die neben ihren physischen Produkten auch datengetriebene Produkte und Dienstleistungen anbieten können. Dabei handelt es sich um Zulieferer von z.B. Maschinen, Systemen oder Komponenten, die mit Rechen- und Kommunikationskapazitäten aufgerüstet werden könnten. So wurden Handels-, Beratungs- oder Softwareunternehmen aus der Analyse ausgeschlossen.

Die Bandbreite dieser 202 Unternehmen reichte von den Kleinstunternehmen mit einer einstelligen Mitarbeiterzahl bis hin zu den Unternehmen mit globaler Präsenz. Von allen, die unter die Lupe genommen werden, haben 92 tatsächliche Software oder datengesteuerte Produkte und Dienstleistungen in ihrem Portfolio, was 43 % des Gesamtvolumens entspricht.

Nach den EU-Definitionen fallen 12 von ihnen in die Kategorie der Kleinstunternehmen oder Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. In der Kategorie der mittelständischen Unternehmen (meist als KMU bezeichnet) mit weniger als 250 Mitarbeitern und weniger als 50 Millionen Euro Jahresumsatz gibt es 26 Unternehmen, die tatsächlich Software oder datengetriebene Produkte und Dienstleistungen anbieten. Von den übrigen Großunternehmen haben 34 weniger und 26 mehr als 1000 Mitarbeiter.

Bei Kleinst- und Kleinunternehmen boten 75 % aller Unternehmen ausschließlich Produkte und Dienstleistungen an, die auf klassischen Technologien mit lokalen Anwendungen basieren und Technologien aus der Zeit vor Industrie 4.0 verwenden. Auf der anderen Seite der Größenskala fanden sich viele ausgereifte Angebote, wobei mehr als die Hälfte aller großen Unternehmen mit mehr als 1000 Mitarbeitern datengetriebene Produkte und Dienstleistungen anbieten. Fast ebenso viele Unternehmen zeigten Angebote mit fortschrittlicher Software wie IoT, Cloud-basierter Datenanalyse usw. Häufig wird der Mittelstand als "Rückgrat der deutschen Wirtschaft" bezeichnet, da er ein wesentlicher Innovationstreiber ist [29]. Mehrere Forschungs- und Förderlinien sowie weitere Förderungen sind auf diese Unternehmensgruppe ausgerichtet [30]. Betrachtet man den Reifegrad von Datadriven Offerings, wird diese Innovationskraft sichtbar: Mehr als die Hälfte aller Unternehmen aus dieser Teilgruppe hatte Offerings im Portfolio. Dienstleistungen, die auf IoT und Daten basieren, können viele Formen annehmen. Die untersuchten Unternehmen bieten ein vergleichbar breites Spektrum an Dienstleistungen an: Während Equipment-as-a-Service in vielen Publikationen am prominentesten beworben und diskutiert wird,

177

Die Gesamtzahl dieses Pay-per-Use-Angebots war im Vergleich zu Performance-Paketen (~60%) vergleichsweise gering (33%). Gleichzeitig wurde oft Software-as-a-Service gefunden. Insgesamt zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und Industrie 4.0-Reifegrad: Die Anzahl der großen Unternehmen, die datenbasierte Dienstleistungen anboten, war deutlich höher als die der kleinen. Auch wenn festgestellt wurde, dass einige Klein- oder Kleinstunternehmen Produkte und Dienstleistungen mit einem hohen Reifegrad von 0 anboten, war die Korrelation zwischen Unternehmensgröße und Reifegrad insgesamt deutlich positiv. Wenn es also um die Fähigkeit geht, datengesteuerte Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln, spielt die Größe eine Rolle.

Insgesamt lässt sich der Markt für datengetriebene Produkte und Dienstleistungen durch OEMs wie folgt zusammenfassen: Weniger als die Hälfte der Unternehmen, die solche Angebote anbieten könnten, tun dies heute. Insgesamt bieten weniger als 11 % der gesamten Gruppe fortschrittliche datengetriebene Dienstleistungen wie Equipment-as-a-Service oder Leistungspakete an, die bei der Einführung von Industrie 4.0 vor zehn Jahren als wertschöpfendste bezeichnet wurden. Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick über die Ergebnisse.

Tabelle 1. Zusammenfassung der OEM-Analyse

Artikel	Gesamt	Freigegeben
---------	--------	-------------

OEMs, die datengesteuerte Produkte und Dienstleistungen anbieten könnten	202	100%
OEMs mit digitalen Produkten	92	43%
... aus dieser Gruppe mit datengesteuerten Dienstleistungen auf Industrie-4.0-Niveau	22	11%
Große OEMs mit digitalen Produkten	54	58,7%
... aus dieser Gruppe mit datengesteuerten Dienstleistungen auf Industrie-4.0-Niveau	33	61,1%
OEM-KMU mit digitalen Produkten	38	41,3 %
... aus dieser Gruppe mit datengesteuerten Dienstleistungen auf Industrie-4.0-Niveau	13	34,2%

Da immer mehr deutsche OEMs aufgrund von Kundenanforderungen den Druck verspüren, ihre Produkte zu digitalisieren, wird das Lernen von den weniger als 11 % Schnelldreher für die restlichen 89 % entscheidend. So werden in Kapitel 4 Erfolgsfaktoren für OEMs untersucht, die versuchen, datengetriebene Produkte und Dienstleistungen als Erweiterung ihres bestehenden (physischen) Portfolios zu entwickeln.

3.2. Marktsituation für Start-ups

Wenn es um Start-ups im Markt für Industrie 4.0 geht, sind die verfügbaren Daten und die Transparenz stark reduziert. In einem risikoreichen Umfeld können kleine Unternehmen schnell und ohne große Öffentlichkeit auftauchen und verschwinden. Gleichzeitig können sich Technologien oder Kundenfokus schnell verschieben, so dass es schwierig ist, ein junges Unternehmen eindeutig als "Industrie 4.0" zu bezeichnen. Eine hilfreiche Momentaufnahme lieferte der Verband des Deutschen Maschinen- und Anlagenbaus (VDMA). Im Rahmen des Programms "VDMA Start-Up Maschine" wurden 2017 15 junge Start-ups mit dem klaren Fokus auf Industrie 4.0 unterstützt und begleitet. Von diesen anfänglich 15 Unternehmen sind 14 noch heute in Betrieb, wie aus dem öffentlichen deutschen Handelsregister hervorgeht. Diese Überlebensrate ist bei insgesamt neu gegründeten Unternehmen in Deutschland deutlich höher. Die meisten Start-ups sind Kleinstunternehmen mit weniger als 10 Mitarbeitern geblieben, so dass nur wenige offizielle Berichte über Finanzdaten vorliegen. Nur einer hat die Reife eines mittelständischen Unternehmens erreicht.

Aus der Marktstudie konnte abgeleitet werden, dass Start-ups in der Industrie 4.0 insgesamt tendenziell softwarelastig sind, mit Lösungen, die von maschinellem Lernen über maschinelles Sehen bis hin zu Datenplattformen reichen. Damit unterscheidet sich ihr Portfolio stark von den hardwarezentrierten Angeboten der OEMs wie Performance-as-a-Service oder Equipment-as-a-Service. Betrachtet man dies durch die Brille der Liquidität und der finanziellen Ressourcen, ist dies keine Überraschung.

4. Erfolgsfaktoren

Sowohl für OEMs als auch für Start-ups verfolgten wir einen zweifachen Ansatz bei der Ableitung von Erfolgsfaktoren. In einem ersten Schritt wurden öffentlich zugängliche Informationen wie Whitepaper, Artikel und Podcasts gesichtet. In einem zweiten Schritt wurden strukturierte Interviews mit Unternehmen geführt.

4.1. Erfolgsfaktoren für OEMs

OEMs beschäftigen sehr oft Kommunikations- und Marketingabteilungen. Da neue Angebote im Bereich Digitalisierung und Services neu auf den Markt kamen, wurden diese umfangreich kommuniziert. Gleichzeitig wurde das Angebot solcher neuartiger und innovativer Produkte oft als Mittel zur Verbesserung des Employer Brandings angesehen. So wurden mehr als 150 Artikel, Whitepaper und sogar Podcasts analysiert, um zu verstehen, wie etablierte OEMs die Entwicklung neuartiger, datengetriebener Produkte und Dienstleistungen organisierten. Als sich einige Themencluster herausbildeten, wurden diese später mit Experteninterviews dieser Schnelldreher validiert.

Die meisten Schnelldreher verließen sich auf die gleichen Muster und Ansätze, insbesondere wenn es um organisatorische Fragen ging. Die Ergebnisse lassen sich in kundengetriebene Innovation, agile Betriebsorganisation, gemischte Teams, Partnering und Portfolioerweiterung unterteilen.

- *Kundenorientierte Innovation:* In unserer Umfragestudie entschieden sich alle Schnelldreher für eine Market-Pull-Strategie, was bedeutet, dass sie innovative Angebote auf der Grundlage von Kundenproblemen fanden. Die meisten Schnelldreher waren mit dem Design Thinking Framework vertraut oder beschrieben ähnliche Vorgehensweisen.
- *Agile Betriebsorganisation:* Datengetriebene Produkte und Dienstleistungen sind softwareintensiv. So setzten alle Schnelldreher bei der Produkt- und Serviceentwicklung auf agile Organisationsstrukturen, meist SCRUM. Einige gaben zu, dass sie wasserfallähnliche Ansätze ausprobiert hatten, fanden sie aber in diesem Bereich nicht hilfreich.
- *Gemischte Teams:* Die Entwicklung nach SCRUM erfordert Teams mit einem Hintergrund in verschiedenen IT-bezogenen Bereichen, die alle notwendigen Technologien abdecken, sowie Fachwissen in den Rollen von Product Ownern, Stakeholdern usw., um die Entwicklung zu leiten. Alle Schnelldreher setzten gemischte Teams ein. Während langjährige Mitarbeiter mit Erfahrung im Kundenbereich als Product Owner fungierten,

Neueinstellungen brachten neue technologische Fähigkeiten mit sich. Daraus resultierte nicht zwangsläufig ein Altersunterschied, da erfahrene Softwareentwickler oft aus anderen Branchen kommen.

- *Partnering:* Oft wurden externe Partner hinzugezogen, um Wissen in den Bereichen kundenorientierte Feature-Entwicklung, Design Thinking, agile Entwicklung und Software bereitzustellen. Die Art und Weise, wie diese Partnerschaften organisiert wurden, reichte von der gemeinsamen Entwicklung über das Outsourcing bis hin zur Akquisition.
- *Portfolioerweiterung:* Während die Digitalisierung oft als "disruptiv" bezeichnet wird, z. B. in [31] oder [32], was bedeutet, dass sie für die etablierten Marktteilnehmer zu

Disruption führt, da Herausforderer aus externen Märkten entstehen. Stattdessen gaben alle Schnelldreher an, dass datengesteuerte Produkte und Dienstleistungen eine Erweiterung ihres bestehenden Portfolios mit etablierten Kunden darstellen. Sie wiesen darauf hin, dass das notwendige Vertrauen, die Integration und das Fachwissen nur unter diesen Bedingungen erreicht werden könnten.

Obwohl diese Ergebnisse von allen oder zumindest den meisten Schnelldreher geteilt wurden, waren einige einzelne Äußerungen für weitere Untersuchungen von Interesse: Während einige Schnelldreher separate Unternehmen für datengesteuerte Dienstleistungen ausgründeten, integrierten andere dies in bestehende Geschäftsbereiche, ohne dass ein Konsens darüber bestand, wann oder warum man sich für welchen Weg entscheiden sollte. Während sich die meisten Schnelldreher auf kundenorientierte Ansätze verließen, gaben einige zu, ohne diese Methoden zu kennen, und stellten später fest, dass sie zufällig in Übereinstimmung mit ihnen arbeiteten. Eine weitere Beobachtung war, dass, auch wenn die Probleme beim Kunden ähnlich erscheinen mögen, z. B. in deren Abläufen, die technologische Infrastruktur und der Wissensstand unterschiedlich sein können, was die Skalierbarkeit von Produkten und Dienstleistungen behindert.

4.2. Erfolgsfaktoren für Start-ups

Zunächst wurden auf Basis der in der Literaturrecherche vorgestellten Erfolgskriterien öffentlich zugängliche Daten zu

Start-ups im Bereich Industrie 4.0 analysiert und mit bekannten Studien zu Start-ups im Allgemeinen abgeglichen. Zweitens wurden Interviews mit Gründerinnen und Gründern geführt, um einen genaueren Einblick in einige dieser Faktoren zu erhalten. Alle untersuchten Start-ups waren jünger als zehn Jahre, haben in den letzten Jahren ein deutliches Wachstum erlebt und an innovativen Produkten oder Geschäftsmodellen im Bereich Industrie 4.0 gearbeitet.

Schaut man sich die Gründer von Start-ups in der Industrie 4.0 an, so werden zwei Faktoren deutlich: Unternehmen wurden immer in Teams von mindestens zwei bis drei Personen gegründet, was den Bedarf an unterschiedlichen Skill-Sets in diesem Bereich unterstreicht. Fachkompetenz ist ebenso wichtig wie Know-how im Bereich der digitalen Technologie. Dies entsprach dem "Mixed-Team-Ansatz" der OEM-Studie. Bemerkenswert ist, dass sich unter den Gründern keine einzige Frau befand. Bereits 2017 prognostizierte Schwab die Dominanz männlicher Schauspieler in dieser Branche [33], aber die wirkliche Einseitigkeit war für uns dennoch überraschend. Betrachtet man das Bildungsniveau, so haben Gründerinnen und Gründer in der Industrie 4.0 tendenziell ein höheres Niveau als durchschnittliche Gründerinnen und Gründer, wie sowohl in den Interviews als auch durch öffentlich zugängliche Daten festgestellt wurde, siehe Abbildung 1.

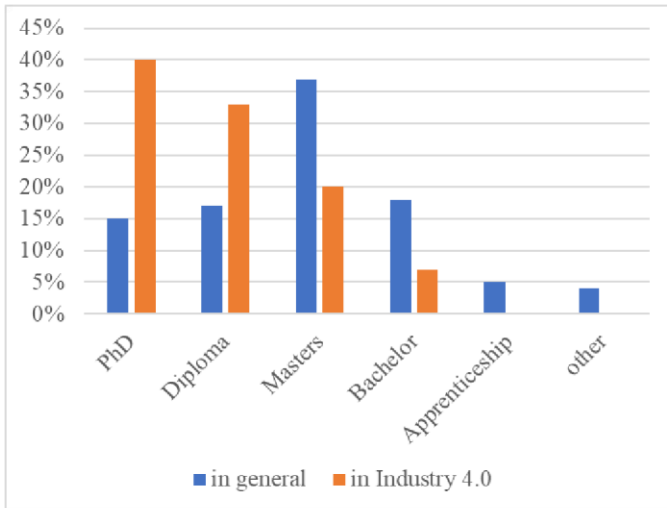


Figure 1 Level of education

As lots of start-ups started as spin-offs from research centers, the quote of PhDs might not come as a big surprise. At the same time, the potentials and risks of start-ups in Industry 4.0 seems to be higher, as demonstrated by the differences in financing against all German start-ups: The quote of venture capital is much higher. At the same time, state subsidies are much more common for Start-Ups in Industry 4.0, indicating higher quotas of substantial and thus risky research activities and deep-tech, as is depicted in figure 2.

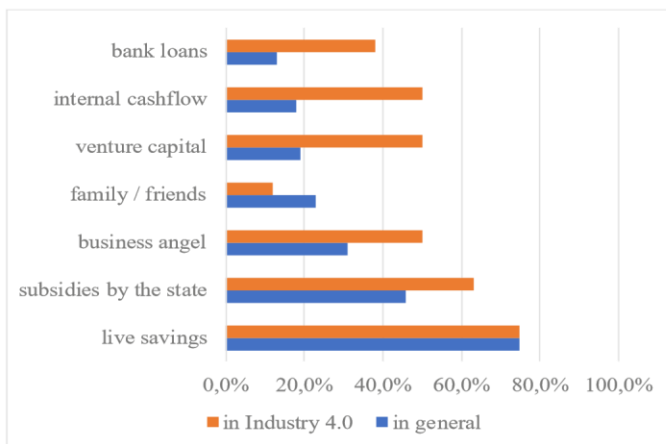


Figure 2 Sources of finance

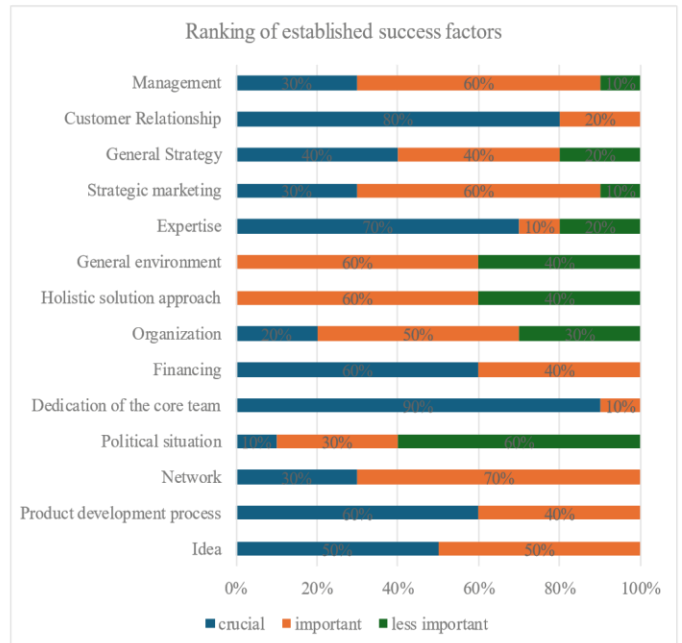


Figure 3 Ranking of success factors

As has been shown, value creation in Industry 4.0 has started, but the overall market can be expected to grow. The study indicated that only a fraction of all companies are offering

5. Schlussfolgerungen

datengetriebene Produkte und Dienstleistungen zusätzlich zu ihrem Kerngeschäft. Während einige der Schnelldreher in ihrer Entwicklung bereits weit voraus sind, verharrt der größte Anteil der Unternehmen auf einem niedrigeren Reifegrad. Daraus lässt sich schließen, dass die meisten Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau noch nicht auf dem Weg zu Angeboten im Bereich Industrie 4.0 sind. Diese Unternehmen könnten von den in Kapitel 4.1 vorgestellten Ergebnissen durchaus profitieren, um in diesen neuen Feldern schnell

erfolgreiche Muster und Prozesse für die Wertschöpfung zu übernehmen. Etablierte OEMs müssen neue Wege erlernen, agil und kundenzentriert durch gemischte Teams und mit externen Partnern zu arbeiten. Die Entwicklung datengetriebener Produkte und Dienstleistungen im Bereich der Werkzeugmaschinen ist daher keine rein technische Aufgabe, sondern bringt organisatorische und betriebswirtschaftliche Veränderungen mit sich.

Start-ups in diesem Bereich weisen ein höheres Bildungsniveau auf,

Da viel Forschung in mögliche Erfolgsfaktoren eingeflossen ist, ergeben sich mehr finanzielles Potenzial und Risiko und spiegeln einige der Gründer aus Start-ups in der Industrie 4.0 waren in der Folge Erfolgsfaktoren von OEMs, wenn auch oft mit leicht unterschiedlichen Gebeten, die gängigsten zu bewerten und zu bewerten, um Angebote zu erhalten. Neue Start-ups, die Angebote in der Region schaffen wollen ihre Bedeutung zu differenzieren. Es wurde unterschieden zwischen Industrie 4.0 und der Notwendigkeit, die wesentlichen Unterschiede zu verstehen "entscheidende" und "wichtige" Faktoren. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, zwischen allgemeinen Erfolgsfaktoren und den Besonderheiten dieser Nische: Das Gründerteam und sein Engagement haben den größten Einfluss.

Zweitens sind die Kundenbeziehungen, da sie oft überall benötigt werden, die Bedeutung von tiefem Fachwissen in innovative Lösungen zu entwickeln, die ihren Bedürfnissen entsprechen. Dies geschieht in Kombination mit vertrauensvollen Beziehungen zu Schlüsselkunden, um Übereinstimmung mit der Notwendigkeit, kundenorientiert zu innovieren, indem sinnvolle Angebote entwickelt werden und die Möglichkeit, von den OEMs widerspiegelt. Weitere Faktoren, wie z.B. die generellen Finanzierungsmöglichkeiten, wurden aufgezeigt. Aus Strategie oder der politischen Situation eingestuft, da viel weniger zusätzliche Schlussfolgerungen für die zukünftige wissenschaftliche Arbeit gezogen werden können wichtig. sowie akademische Bildung.

5.1. Wissenschaft und Lehre

Maschinenbauer, insbesondere mit der Spezialisierung auf die Fertigung, spielen bei Industrie 4.0-Anwendungen eine zentrale Rolle. Wie aus den vorgestellten Studien hervorgeht, müssen diese Ingenieure nun in gemischten Teams mit neuen Gruppen wie Data Scientists, User Interface Designern sowie Entwicklungs- und Operations-Ingenieuren interagieren und dabei kundenzentrierte agile Ansätze anwenden. Daher muss ihre akademische Ausbildung für diese neuen Themen erweitert werden. Heutzutage konzentrieren sich die meisten Universitäten auf Programmierkenntnisse, wenn es um mehr IT geht, aber diese organisatorischen Themen müssen ebenfalls repräsentiert werden, um die Beschäftigungsfähigkeit der nächsten Generation von Fertigungsingenieuren zu gewährleisten.

5.2. Künftige Forschung

Agile Methoden und Management-Tools stellen eher das Gegenteil der Entwicklung klassischer mechanischer Anlagen dar. Am besten eignet es sich jedoch für datengesteuerte Produkte und Dienstleistungen. Dies stellt eine zusätzliche Belastung für die Hersteller dar, da es zu organisatorischer Komplexität führt. Gerade für KMU ist dies ein Spannungsfeld und Konfliktfeld. Wie insbesondere in den Interviews zu

beobachten war, hat sich bisher keine Best Practice hinsichtlich der Integration von Organisationseinheiten etabliert, die sich auf datengetriebene Produkte und Dienstleistungen konzentrieren. Während einige Unternehmen klar getrennte Geschäftsbereiche oder Tochtergesellschaften bevorzugen, wollen andere die Bereiche OEM und Datadriven Business so nah wie möglich beieinander halten.

Daraus lässt sich ableiten, dass zur Unterstützung der Mehrheit der Unternehmen, insbesondere der KMU, die ihr Marktpotenzial in der Industrie 4.0 noch nicht erschlossen haben, mehr Forschung zu Management- und Organisationsänderungen betrieben werden muss. Es braucht Frameworks zur Integration agiler und klassischer Managementmethoden sowie Richtlinien zu deren Integration. Darüber hinaus müssen die Auswirkungen auf die Unternehmenskultur berücksichtigt werden: Agil bedeutet, schnell und oft zu scheitern, während sich das klassische Projektmanagement darauf konzentriert, überhaupt nicht zu scheitern.

Bestätigungen

Die Autoren danken der Europäischen Union und dem Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen für die Unterstützung

des Projekts InnoFaktur im Rahmen der Förderung EFRE-205000002.

Referenzen

- [1] Geisberger, Eva und Manfred Broy, Hrsg. *Leben in einer vernetzten Welt: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems*. Herbert Utz, 2015.
- [2] Neugebauer, R. et al. *Trends in der Industrie 4.0*. Fraunhofer. München. 2016.
- [3] Geissbauer, R. et al. *Industrie 4.0. Chancen und Herausforderungen des industriellen Internets*. Studie von Price Waterhouse Coopers. 2014.
- [4] Kato, Kazuhiko. "Eine Studie über das Scheitern der DX-Strategie von GE." Abstracts der Jahreskonferenz der Japan Society for Management Information, 2021.
- [5] Angerer, H. et al.: *Industrie 4.0 – der Digitalisierungsgrad der deutschen Fabriken*. Bundesverband der digitalen Wirtschaft bitkom, Berlin, 2022
- [6] Lamperti, S., Cavallo, A. und Sassanelli, C. *Digitale Servitization und Geschäftsmodellinnovation in KMU: Ein Modell, um der Marktdisruption zu entkommen*. IEEE-Transaktionen zum technischen Management. 2023. 1–15.
- [7] Sassanelli, C., De Carolis, A. und Terzi, S. *Integration von Fehlermodus-, Einfluss- und Kritikalitätsanalysen in das Gesamtrahmenwerk für die Anlageneffektivität, um eine digital servitized Machinery IFIP International Federation for Information Processing 2021 festzulegen*. Springer, 2021.
- [8] Zheng, T. et al. *Die Anwendungen von Industrie 4.0-Technologien im Fertigungskontext: eine systematische Literaturrecherche*. Internationale Zeitschrift für Produktionsforschung. Taylor und Francis Ltd. 2021: 1922–1954. #
- [9] Sjödin, D. et al. *Ein agiler Co-Creation-Prozess für die digitale Servitization: Ein Micro-Service-Innovationsansatz*. Zeitschrift für Wirtschaftsforschung, 2020
- [10] Müller, J., & Buliga, O. *Archetypen für datengetriebene Geschäftsmodelle für produzierende Unternehmen in der Industrie 4.0*. Tagungsband der Internationalen Konferenz über Informationssysteme (ICIS). München. 2019.
- [11] Weking, J., Stöcker, M., Kowalkiewicz, M., Böhm, M., & Krcmar, H. *Nutzung von Industrie 4.0 – Ein Framework für Geschäftsmodellmuster*. Internationale Zeitschrift für Produktionsökonomie. 2020; 225:
- [12] Oppold, B. et al. *EaaS-Kundeneinblicke. Was uns 10.000+ Maschinenbesitzer über Equipment as a Service gesagt haben*. Whitepaper. Berlin. 2021.
- [13] Klemkow, J. *Abonnierter Branchen-Podcast*. URL: subscribedindustry.podigee.io. Abgerufen am 10. Oktober 2024.
- [14] Briard Tristan, Jean Camille, Aoussat Améziane, Véron Philippe. *Herausforderungen für datengesteuertes Design im frühen physischen Produktdesign. Eine wissenschaftliche und industrielle Perspektive*. *Computer in der Industrie* 2023;
- [15] Schäfer Fabian, Gebauer Heiko, Gröger Christoph, Gassmann Oliver, Wortmann Felix. *Datengetriebenes Business und Datenschutz. Herausforderungen und Maßnahmen für produktbasierte Unternehmen*. *Bussines Horizonte*. 2023; 66: 493ff
- [16] Chen Liping, et al.: *Datengesteuerte digitale Funktionen ermöglichen eine Servitization-Strategie. Vom Service zur Unterstützung des Produkts zum Service zur Unterstützung des Kunden*. *Technologische Prognosen und sozialer Wandel*. 2023; 197.
- [17] Yu Haifei, Gao Yanbin und Lu Yuanyuan. *Austausch von Unternehmensdaten, Produktinnovationen und Wettbewerbsstrategien*. *Expert Systems w Appl*. 2023; 234
- [18] Meyera Maurice, et al.: *Datengetriebene Produktgenerierung und Retrofit-Planung*. 53. *CIRP CMS*. 2020; 93: 965-970.
- [19] Grigoryan K. et al: *Eine praxisorientierte Forschungsagenda*. 33. *CIRP Design Konferenz*. 2023; 119: 290-295.
- [20] Bahrenburg S, Munk S, Fischer J. *Studie "Future PLM" – Product Lifecycle Management im digitalen Zeitalter – Der Katalysator für IoT, Industrie 4.0 und Digitale Zwillinge*. Peilpunkt. 2019
- [21] Pospisil, Jan Zavodny und Lucie Sara Zavodna. "Ein Einblick in die Welt des weiblichen Unternehmertums: Systematische Literaturrecherche des Phänomens anhand des McKinsey 7S-Modells." *Grundlagen des Managements* 14.1 (2022): 51-66.
- [22] Buehler, K.: *Ermittlung des Startup-Erfolgs mit dem 4T-Modell*. Köln, Deutschland, 2021
- [23] Gross, B. (2015). *Bill Gross: Der wichtigste Grund für den Erfolg von Start-ups* | TEDTalk. <https://www.ted.com/>
- [24] *AustrianStartups e.V.* (2020). *Österreichischer Start Monitor*. <https://austrianstartupmonitor.at>
- [25] Oliva, Fábio Lotti, et al. "Risiken und kritische Erfolgsfaktoren bei der Internationalisierung von geborenen globalen Startups der Industrie 4.0: Eine soziale, ökologische, wirtschaftliche und institutionelle Analyse." *Technologische Prognosen und sozialer Wandel* 175 (2022)
- [26] Wahl, Dario und Jürgen Münch. "Industrie 4.0-Unternehmertum: Wesentliche Merkmale und notwendige Fähigkeiten." *Internationale IEEE-Konferenz für Technik, Technologie und Innovation 2021 (ICE/ITMC)*. IEEE, 2021.
- [27] Silva, T. HH, und Sehnem, S.: "Industrie 4.0 und die Kreislaufwirtschaft: Integrationsmöglichkeiten durch Startups." *Logistik* 6.1 (2022): 14.
- [28] Korohodova, O. et al: "Die Interaktion transnationaler Konzerne mit Startups in der Industrie 4.0." 2020.
- [29] Europäische Union. *Unternehmertum und kleine und mittlere Unternehmen (KMU)*. Brüssel. 2023. URL: https://single-market-economy.ec.europa.eu/smes_en
- [30] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. *Die deutsche Mittelstand wie ein Modell für Erfolg*. URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Dossier/sme-policy.html>.
- [31] Bongomin, Ocident, et al. "Industrie 4.0 Disruption und ihre Neologismen in den wichtigsten Industriesektoren: ein Stand der Technik." *Zeitschrift für Ingenieurwesen*. 2020 [32] Winter, Johannes. "Das evolutionäre und disruptive Potenzial der Industrie 4.0." *Ungarisches Geographisches Bulletin*. 2020; 69.2: 83-97.
- [33] Schwab, Klaus. *Die vierte industrielle Revolution*. Kronwährung, 2017.

Dies war eine Übersetzung ins Deutsche des frei verfügbaren Fachartikels:

Original:

„Success Factors for Value Creation in Industry 4.0 – a Comparison of two Field Studies in German Tool Machine Manufacturers and Start-Ups“.

Eike Permin^{*a}, Lina Castillo^a, Shabana Sarin^a, Karl Lossie^b, Dennis Grunert^b, Robert H. Schmitt^c and Carsten Wohlgemuth^a.

Verfügbar unter (Stand 23.6.2025):

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827125004706>

Dies ist eine nicht offizielle deutsche Übersetzung des Originals durch:

Markus Bans
ATS Prozessoptimierung Markus Bans
Web: <https://simio-simulation.de>

Lizenz:

Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)

S.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>