

IMPULSPAPIER



**Erfolgreiche digitale und datengetriebene
Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 mit
Fokus auf dem Maschinen- & Anlagenbau**

Empfohlene Zitierweise:

Forschungsbeirat Industrie 4.0/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): Erfolgreiche digitale und datengetriebene Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 mit Fokus auf dem Maschinen- & Anlagenbau, 2025.

DOI: https://doi.org/10.48669/fb40_2025-1

Impressum

Herausgeber

Forschungsbeirat Industrie 4.0/
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Projektbüro

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München

Beteiligte Expertinnen und Experten

Klaus Bauer, TRUMPF Werkzeugmaschinen SE + Co. KG
Prof. Thomas Bauernhansl, Fraunhofer IPA/Universität Stuttgart
Dr. Ursula Frank, Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Prof. Peter Liggesmeyer, Fraunhofer IESE/TU Kaiserslautern
Dr. Björn Sautter, Festo SE & Co. KG
Dr. Harald Schöning, Software AG

Autorin und Autoren

Dr. Steffen Steglich, acatech
Dr. Mareike Berger, acatech
Dr. Joachim Sedlmeir, acatech

Redaktion und Lektorat

Jürgen Schreiber Textkuss –
Werkstatt für Sprache und Struktur

Gestaltung und Produktion

GROOTHUIS. Gesellschaft der Ideen und
Passionen mbH für Kommunikation und Medien,
Marketing und Gestaltung; groothuis.de

Bildnachweis

AdobeStock/Huynh (generiert mit KI)

Stand

Oktober 2025

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

 **acatech**
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Der **Forschungsbeirat Industrie 4.0** berät als strategisches und unabhängiges Gremium die Plattform Industrie 4.0, ihre Arbeitsgruppen und die beteiligten Bundesministerien, insbesondere das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR).

Als **Sensor** von Entwicklungsströmungen beobachtet und bewertet der Forschungsbeirat die Leistungsprofilentwicklung von Industrie 4.0 und versteht sich als **Impulsgeber** für künftige Forschungsthemen und Begleiter beziehungsweise Berater zur Umsetzung von Industrie 4.0. Dabei konzentriert sich der Forschungsbeirat inhaltlich auf folgende **Themenfelder im Kontext von Industrie 4.0**, die in dieser Publikation – in der aktualisierten Version – vorgestellt werden:

- Industrielle Wertschöpfung im Wandel
- Perspektiven technologischer Entwicklungen
- Engineering von Industrie 4.0-Lösungen
- Arbeit, Unternehmen und Gesellschaft

Alle bisher erschienenen Publikationen des Forschungsbeirats stehen unter <https://www.acatech.de/projekt/forschungsbeirat-industrie-4-0/> zur Verfügung.

Inhalt

1. Einleitung	3
1.1 Wertschöpfung durch innovative Geschäftsmodelle	3
1.2 Erfolgsversprechen von Industrie 4.0	4
1.3 Industrie 4.0 und der Status quo am Standort Deutschland	5
1.4 Zielsetzung und Forschungsfragen	6
2. Grundlagen	7
2.1 Konzeptualisierung	7
2.2 Dimensionen eines Geschäftsmodells	7
2.3 Umsetzungsgrad eines Geschäftsmodells	8
2.4 Disruptivitätsgrad eines Geschäftsmodells	8
2.5 Erfolgsdimensionen eines Geschäftsmodells	9
3. Analyse innovativer Geschäftsmodelle im Maschinen- und Anlagenbau	11
3.1 Use Case 1: Weltweit führender Hersteller für Werkzeugmaschinen	11
3.2 Use Case 2: Innovationsgetriebenes Unternehmen mit einem Angebot für hochdynamische Bewegung, präzise Positionierung und intelligente Vernetzung in der mechatronischen Antriebstechnik	14
3.3 Use Case 3: Weltweit agierender Mischkonzern mit Sparte für Automatisierung und Digitalisierung	17
3.4 Use Case 4: Mittelständischer Maschinen- und Anlagenbauer für ProfilmBearbeitungslinien	21
3.5 Use Case 5: Familiengeführtes Traditionsunternehmen mit breitem, vernetztem Automatisierungstechnikportfolio	24
4. Gestaltungsfelder und Ableitung von Forschungsbedarf	29
4.1 Handlungsfeld 1: Nutzenversprechen	29
4.2 Handlungsfeld 2: Wertschöpfungsarchitektur	30
4.3 Handlungsfeld 3: Erlösmodell	32
4.4 Handlungsfeld 4: Weitere Erfolgsdimensionen	33
5. Fazit	34
6. Literatur	36
7. Mitglieder des Forschungsbeirats	38

1. Einleitung

Der Begriff „Industrie 4.0“ steht für einen umfassenden, branchenübergreifenden und gesamtgesellschaftlich wirkenden Transformationsprozess. Auf Basis des Einsatzes neuer Technologien entstehen neue Formen der Arbeit und Unternehmensorganisation, Wertschöpfungsnetzwerke und dynamische digitale Ökosysteme sowie neue Geschäftsmodelle mit einem enormen Skalierungs- und Wachstumspotenzial. Dabei gilt es die technischen Befähiger von den eigentlichen Zielen der Industrie 4.0 zu differenzieren. Zu den zentralen Zielen des Vorhabens gehören die industrielle Produktion kostengünstiger individueller beziehungsweise personalisierter Einzelstücke in großer Anzahl und die Bereitstellung komplementärer, datenbasierter Smart Services,¹ was eine flexible, selbstorganisierte sowie kooperative Fertigung beziehungsweise Leistungsbereitstellung erfordert. Der Einsatz von cyber-physischen Systemen (CPS) und deren umfassende Vernetzung ist die technologische Grundlage dieses Wandels. Sie ermöglicht es, Zulieferung, Fertigung, Wartung, Auslieferung und Kundenservice miteinander zu verknüpfen und starre Wertschöpfungsketten in hochflexible, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke zu verwandeln.

1.1 Wertschöpfung durch innovative Geschäftsmodelle

Mit Blick auf die Wertschöpfung umfasst Industrie 4.0 weit mehr als den Einsatz digitaler Technologien zur Steigerung von Effizienz, denn das Vorhaben stellt eine neue Stufe der Organisation und Steuerung von Wertschöpfung dar – angefangen mit der Entwicklung innovativer Marktleistungen über neuartige Fertigungslösungen bis hin zur Sammlung von Informationen über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts hinweg. Auf dieser Basis lassen sich individualisierte Produkte sowie sogenannte Produkt-Service-Systeme (PSS) kreieren und kundenspezifisch anpassen. So können beispielsweise intelligente Komponenten, Maschinen und Systeme aktiv den Produktionsprozess lenken; digital vernetzte Geräte sind in der Lage, selbstständig Aktionen auszulösen und die nächsten Arbeitsschritte festzulegen; und mithilfe der entstehenden Datenmengen, des Digitalen Zwillings² und mittels einer fortgeschrittenen Analyse sowie Künstlicher Intelligenz (KI) lassen sich Fertigungsprozesse in Echtzeit analysieren und entsprechend optimieren.

Ein entscheidendes Element bei der Umsetzung von Industrie 4.0 bilden also Erhebung, Speicherung und Verarbeitung produktions-

oder produktbezogener Daten, auf deren Grundlage schließlich innovative Mehrwertdienste und neue Geschäftsmodelle entstehen. Abbildung 1 zeigt beispielhaft für den Sektor des Maschinen- und Anlagenbaus die Möglichkeiten der Transformation zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle: Produkthersteller bieten zunächst zusätzlich zum Verkauf von Maschinen und Anlagen produktionsnahe Dienstleistungen wie technischen Service und Wartung oder Prozessberatung an. Im weiteren Verlauf der Umstellung vertreiben die Unternehmen dann zunehmend digitalbasierte Produkte und Funktionen. Auf Basis von digital vernetzten sogenannten Smart Products werden schließlich produkt- und produktionsspezifische Daten generiert, die den Unternehmen das Angebot sogenannter Smart Services ermöglichen. Bereits existierende Beispiele aus der Praxis umfassen unter anderem die datenbasierte Optimierung von Fertigungsprozessen zur Steigerung von Produktivität und Energie- wie Ressourceneffizienz. Weitere Anwendungsfälle sind außerdem die Entstörung sowie zustandsbasierte oder vorausschauende Fernwartungsdienste für Produktionssysteme auf Grundlage von Datenanalysen in Echtzeit. Full-Service-Anbieter können auf Basis einer umfassenden Datenintegration Dienstleistungen zu Produktions-, Wartungs-, Analyse- und Geschäftsprozessen vernetzen und als Paket anbieten. Unternehmen, die im Hinblick auf die Implementierung von Industrie 4.0 bereits einen hohen Reifegrad³ aufweisen, sind darüber hinaus dabei, neue Formen des Nutzenversprechens anzubieten und die Potenziale zur flexiblen Erlösgenerierung über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg sowie in dynamischen Wertschöpfungsarchitekturen zu nutzen. So ist zum Beispiel das Konzept Pay-per-Part, in dem der Kunde nur für das tatsächlich produzierte Teil bezahlt, als wertorientiertes Preismodell zu nennen. Damit wird es möglich, dass das Ausfallrisiko der Maschinen- und Anlagen vom Anwender auf den Anbieter, der die Eigentumsrechte an der technischen Ausstattung behält, übertragen wird.⁴

Bislang sind viele Unternehmen jedoch noch mit der Herausforderung konfrontiert, datengetriebene und plattformbasierte Leistungsangebote für ihre neuen Geschäftsmodelle auch tatsächlich profitabel und wirtschaftlich nachhaltig zu gestalten.⁵ Die bloße Verknüpfung von Produkt und datenbasiertem Service wird hier nicht genügen; nur die effektive Trias aus Produkt, Service und kundenorientiertem, individuellem Leistungsversprechen mit überlegenem Kundennutzen bringt Differenzierungschancen und neue Marktpotenziale im globalen Wettbewerb für Unternehmen mit sich.

1 Vgl. Dumitrescu et al. 2023.

2 Vgl. Forschungsbeirat Industrie 4.0/acatech 2022a.

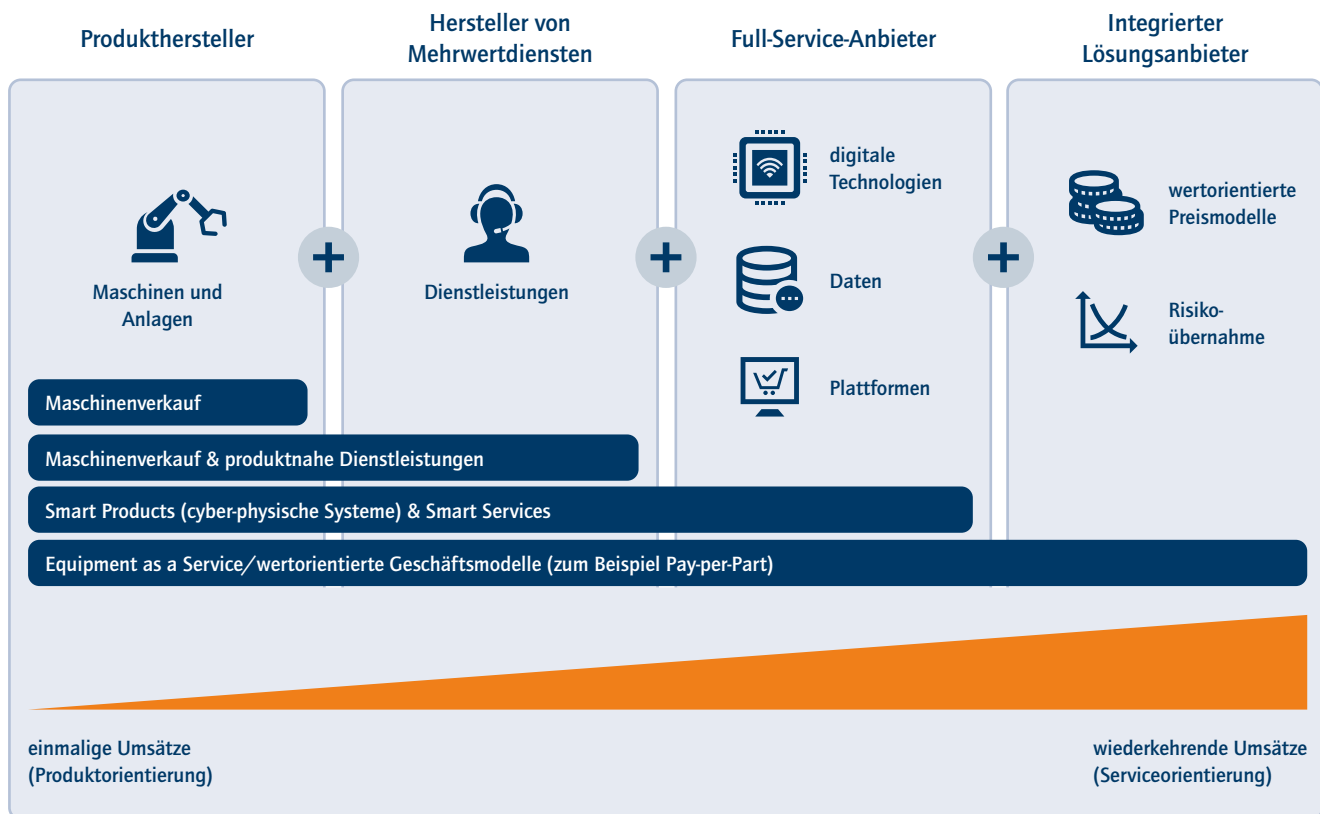
3 Vgl. Schuh et al. 2020a, 2020b.

4 Vgl. Kett et al. 2023. Für Pay-per-Use- und Contract-for-Use-Modelle im Bereich des Agile Manufacturing auf KI-Basis von Large-Action-Modellen

(LAMs) für den Anlagen- und Maschinenbau vgl. Agile Manufacturing Society e.V. 2025.

5 Vgl. Forschungsbeirat Industrie 4.0/acatech 2022b.

Abbildung 1: Produkte, produktnahe Dienstleistungen und Produkt-Service-Systeme als Basis von neuen Geschäftsmodellen



Quelle: Eigene Darstellung nach Kett et al. 2022

1.2 Erfolgsversprechen von Industrie 4.0

Industrie 4.0 soll den ökonomischen Erfolg und die Prosperität des deutschen und europäischen Wirtschaftsstandorts auch für die Zukunft sichern. Die Implementierung von innovativen und nachhaltig tragfähigen Geschäftsmodellen leistet hierzu einen entscheidenden Beitrag. Dafür braucht es aber eine international wettbewerbsfähige Daten- und Plattformökonomie, die neue, wirtschaftlich nachhaltige Geschäftsmodelle ermöglicht und so zur Generierung von (zusätzlichen) Umsätzen sowie perspektivisch auch von Profiten beiträgt.

Das Erfolgsversprechen von Industrie 4.0 geht jedoch weit über ökonomische Gesichtspunkte hinaus und umfasst insbesondere auch ökologische und gesellschaftspolitische Ziele. So führt die Transformation der Wirtschaft durch Digitalisierung und Automatisierung in ökologischer Hinsicht etwa zu mehr Ressourcen- und Energieeffizienz sowie zur Verringerung klimawirksamer Emissionen.⁶ Zudem

kann Industrie 4.0 wesentliche Grundlagen einer klimafreundlichen Kreislaufwirtschaft schaffen.⁷ Von unmittelbar gesellschaftspolitischer Bedeutung ist im Kontext der Transformation außerdem das Ziel, Arbeitsstrukturen und -prozesse optimal auf den tätigen Menschen hin auszurichten und diesen in neuen Produktionsroutinen bestmöglich zu unterstützen. Das bedeutet wiederum, dass die zunehmende Digitalisierung der Arbeit mit neuen Anforderungen an die Aus- und Fortbildung von Fach- und Führungskräften einhergeht und dass sich die organisationalen Rahmenbedingungen verändern werden – insbesondere auch vor dem Hintergrund neuer Formen der Zusammenarbeit zwischen Menschen und Maschinen. Daher braucht es zügig entsprechende Bildungsangebote und Qualifikationsmaßnahmen, um den Wandel von Produktion und Arbeitswelt mit menschlichem Know-how in die gewünschten Bahnen zu lenken und erfolgreich zu gestalten. Die menschenzentrierte Arbeits-, Organisations- und Systemgestaltung sowie ein flankierender gesellschaftspolitischer Dialog waren von Beginn an ein zentraler Bestandteil der Industrie 4.0-Initiative.⁸

⁶ Vgl. Schmidt 2023.

⁷ Vgl. Schmidt/Weber 2024.

⁸ Vgl. Kagermann et al. 2013. In jüngerer Zeit ist bisweilen auch von „Industrie 5.0“ die Rede gewesen. Im Kern betont der Begriff neben KI- sowie Nachhaltigkeits- und Resilienzaspekten vor allem das Prinzip der Menschzentriertheit – das heißt solche Inhalte, die bereits seit Beginn der Initiative auch im Fokus von Industrie 4.0 stehen. Der Nutzen für Mensch und Gesellschaft war und ist eines der zentralen Ziele von Industrie 4.0. Darüber hinaus suggeriert der Terminus fälschlicherweise, die vierte industrielle Revolution sei bereits abgeschlossen und man könne sich vermeintlich neuen Themen zuwenden. Ein weiterer Begriff ist somit weder nötig noch hilfreich, führt er im Zweifelsfall doch bloß zu Verwirrung bei Unternehmen und internationalen Kooperationspartnern. Die *Plattform Industrie 4.0* und der Forschungsbeirat Industrie 4.0 kritisieren daher die leichtfertige Platzierung des Begriffs „Industrie 5.0“ mit Nachdruck. Vgl. hierzu Forschungsbeirat Industrie 4.0 et al. 2024.

Eine weitere Erfolgsdimension von innovativen Geschäftsmodellen im Zuge der industriellen Transformation ist die stärkere Vernetzung und Interaktion aller Akteure in den bislang noch oft starren Wertschöpfungsketten und damit deren Wandel hin zu flexiblen, dynamischen Wertschöpfungs-, Liefer- und Innovationsnetzwerken in digitalen Ökosystemen. Grundvoraussetzung hierfür ist es, die Interoperabilität – etwa über einheitliche Routinen, Standards und Normen – der an der Wertschöpfung beteiligten Komponenten, Systeme und Akteure zu gewährleisten. Dadurch können Kollaborationen und gemeinschaftliche Innovationen begünstigt werden.

Darüber hinaus haben Industrie 4.0-Geschäftsmodelle Potenzial für mehr Resilienz und strategische Souveränität, das weit über rein technologische Aspekte hinausgeht. So kann die Implementierung eines neuen Geschäftsmodells einerseits dazu beitragen, die Wertschöpfung beispielsweise in der Rohstoff-, der Material- und der Energieversorgung im Falle massiver Störungen aufrechtzuerhalten oder schnell wiederherzustellen. Andererseits lassen sich die Souveränität der beteiligten Akteure verbessern oder erhalten, womit generell die Vermeidung von restriktiven Abhängigkeitsverhältnissen in strategischer Hinsicht bei Schlüsseltechnologien, Infrastrukturen, Datenquellen gemeint ist und so auch die Kontrolle über Sammlung, Speicherung, Analyse, Auswertung von Daten gewährleistet wird. Resilienz und Souveränität sind in Zeiten eines zunehmenden globalen Systemwettbewerbs und geopolitischer Spannungen sowie angesichts hochflexibler und volatiler Märkte wichtige Faktoren sowohl für Unternehmen und Volkswirtschaft als auch für Staat und Gesellschaft.

1.3 Industrie 4.0 und der Status quo am Standort Deutschland

Seit dem Start des Zukunftsprojekts Industrie 4.0 im Jahr 2010 konnten Politik, Wirtschaft und Wissenschaft gemeinsam große Erfolge erzielen: Viele Unternehmen haben durch fortschreitende Digitalisierung bereits wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Transformation geschaffen und verschiedene Elemente von Industrie 4.0 umgesetzt. Dennoch ist die flächendeckende Implementierung von Industrie 4.0 noch nicht hinreichend in der deutschen Industrie verankert. So bleiben disruptive Potenziale zur Wertschöpfung in weiten Bereichen des industriellen Sektors nach wie vor ungenutzt. Eine der größten Herausforderungen für die Implementierung von Industrie 4.0-Lösungen stellen für viele Unternehmen kapitalintensive Investitionen und die Umwandlung bestehender Prozesse dar. Gleichzeitig führen die aktuelle Stagnation der Wirtschaft, volatile Handelsketten und geopolitische Spannungen dazu, dass Innovationen und Investitionen mit deutlich mehr Vorsicht vorangetrieben werden und die Digitalisierung ausgebremst wird. In dieser angespannten Lage kommt das sogenannte Produktivitätsparadox erschwerend hinzu: Der Begriff bezeichnet die Beobachtung, dass trotz zunehmender Investitionen in Digitalisierung und Automatisierung die Produktivität in vielen Unternehmen

nicht im erwarteten Maße steigt, beziehungsweise dieser Anstieg nicht adäquat messbar oder nachweisbar ist. Die Ursachen des Phänomens sind schwer auszumachen; es könnte aber darauf zurückzuführen sein, dass technologische Innovationen erst mit Verzögerung und in Kombination mit weiteren Maßnahmen als Teil einer umfassenden Prozessumstellung ihre volle Wirkung entfalten. Gleichwohl erschweren der Rechtfertigungsdruck für Investitionen in wirtschaftlich unsicheren Zeiten und die mangelnde Transparenz ökonomischer Nutzeneffekte für Unternehmen – insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) – die digitale Transformation in der deutschen Industrie. Für den Wirtschaftsstandort Deutschland droht sich die Lage so noch weiter zu verschärfen. Die Herausforderungen der Unternehmen können somit dazu beitragen Innovationen auszubremsen, obwohl gerade Industrie 4.0-Lösungen entscheidende Vorteile bringen – gerade auch im Systemwettbewerb mit den großen Wirtschaftsräumen China und USA. Die in Deutschland ansässigen Unternehmen mussten ihre Stellung auf dem Weltmarkt stets über Innovationen erlangen und behaupten; und sie sind auch heute auf globale Differenzierung am Markt, ein innovatives Portfolio und neue Geschäftsmodelle angewiesen. Ferner helfen Innovationen dem Standort, im Systemwettbewerb die potenzielle Abwanderung von Unternehmen durch niedrigere Produktionskosten oder durch Subventionen anderer Staaten zu bestehen, indem zusätzliche Gewinne generiert und neue Märkte erschlossen werden.

Industrie 4.0 und die hiermit verbundenen neuen Geschäftsmodelle sind demnach der Schlüssel für eine systematische Sicherung und Weiterentwicklung der industriellen Wertschöpfung in Deutschland. Und sie können darüber hinaus auch einen wichtigen Beitrag zur Überwindung der zentralen gesellschaftspolitischen Herausforderungen unserer Zeit leisten: Der Industriesektor kann nur dann langfristig erfolgreich sein, wenn er den fortschreitenden Klimawandel, die zunehmende Ressourcenknappheit und steigende Abfallströme ebenfalls in den Mittelpunkt seiner Strategien stellt und auf entsprechende politische Vorgaben sowie veränderte Verbraucherpräferenzen rechtzeitig reagiert: Die Industrie der Zukunft hat neben der ökonomischen auch die ökologische Nachhaltigkeit als zentrales Prinzip verankert, und Industrie 4.0 kann in vielfältiger Weise zur Umsetzung der konkreten ökologischen Nachhaltigkeitsziele beitragen. So lässt sich beispielsweise der Rohstoffeinsatz durch neue Fertigungstechniken erheblich reduzieren, während Stoffkreisläufe mithilfe digitaler Produktpässe und Digitaler Zwillinge über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg digital abgebildet und geschlossen werden können.⁹ Zur sozialen Nachhaltigkeit trägt wiederum die menschenzentrierte System- und Arbeitsgestaltung von Industrie 4.0 bei, indem das Konzept den Industriestandort wettbewerbsfähig hält und Prozesse in der Leistungserstellung mittels gezielten Technologieeinsatzes auf die physische und psychische Entlastung des tätigen Menschen hin ausrichtet. Nicht nur im Hinblick auf den akuten und künftigen Fachkräftemangel in Deutschland ist es also von zentraler Bedeutung, die soziotechnische Unterstützung und die Attraktivität der Arbeit in der Industrie

9 Vgl. Schmidt/Weber 2024.

dauerhaft zu steigern. Der Mensch und die Organisation sind zentral, um Industrie 4.0 und die hiermit verbundenen Ziele erfolgreich in der Praxis umzusetzen.

1.4 Zielsetzung und Forschungsfragen

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass die Transformation des industriellen Sektors im 21. Jahrhundert und insbesondere der ganzheitliche Wandel der Wertschöpfung mithilfe innovativer Geschäftsmodelle noch längst nicht abgeschlossen ist. Es braucht daher eine fundierte Analyse, die sowohl bereits heute erfolgreiche Geschäftsmodelle als auch bestehende Defizite sowie Entwicklungschancen und -risiken der Transformation sichtbar macht. Der vorliegende Impulsbericht identifiziert zu diesem Zweck beispielhaft Best Practices im deutschen Maschinen- und Anlagenbau und rückt innovative Geschäftsmodelle in den Fokus, die im Zuge einer Industrie 4.0-Strategie bereits entwickelt und implementiert worden sind. Die Fallanalysen der entsprechenden Vorreiterunternehmen sollen deren Ausgangslage und Motivation sowie die konkreten Herausforderungen bei der Etablierung neuer Geschäftsmodelle veranschaulichen. Vor diesem Hintergrund werden die neuen Geschäftsmodelle strukturiert dargestellt. Dabei sollen auch der Weg der Einführung der Geschäftsmodellinnovationen sowie deren zukünftige (Entwicklungs-)Perspektiven aufgezeigt werden. Außerdem sollen neben dem ökonomischen Nutzen weitere mögliche Erfolgsdimensionen der einzelnen Geschäftsmodelle analysiert werden – wie sie zum Beispiel in den bereits oben beschriebenen Erfolgsversprechen von Industrie 4.0 erläutert wurden. Die Beantwortung der folgenden Leitfragen steht im Mittelpunkt der Untersuchung:

- Welche digitalen und datengetriebenen Geschäftsmodelle haben sich im Wertschöpfungsprozess bisher als erfolgreich erwiesen?
- Welche konkreten Erfolge in Monetarisierung und Skalierung konnten damit erzielt werden?
- Welche weiteren Erfolgskriterien lassen sich definieren?
- Welche Handlungsoptionen und welche Bedarfe bei Forschung und Entwicklung (FuE) lassen sich ableiten und sollten von Politik, Wissenschaft und Wirtschaft adressiert werden?

Die Ergebnisse der Fallanalysen sollen zur erfolgreichen Transformation der Geschäftsmodelle in der deutschen Maschinenbaubranche beitragen. Primäre Adressaten des Impulsberichts sind also Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus, die bei der Innovation von Geschäftsmodellen noch am Anfang stehen. Mithilfe des Impulsberichts sollen diese einen Zugewinn an Geschwindigkeit und Effizienz im Transformationsprozess erhalten. Darüber hinaus lassen sich aus den Industrie 4.0-Best Practices aber auch grundsätzliche Handlungsoptionen sowohl für die industriell geprägte Wirtschaft sowie für Wissenschaft und Politik ableiten, was zur Etablierung weiterer zukunftsorientierter, datengetriebener Geschäftsmodelle am Markt beitragen soll. Zentraler Zweck der vorliegenden Analyse ist also die Bereitstellung von praxisrelevantem Know-how zur Entwicklung und Implementierung innovativer Geschäftsmodelle im Kontext von Industrie 4.0 und somit langfristig die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und technologischen Souveränität Deutschlands.

2. Grundlagen

2.1 Konzeptualisierung

Die Ergebnisse des vorliegenden Impulsberichts wurden konsekutiv in drei Schritten erarbeitet (siehe Abbildung 2): Zunächst wurde auf Basis einschlägiger Literatur eine geeignete Methodik zur Untersuchung und Darstellung digitaler Geschäftsmodelle entwickelt. Dabei wurden neben den drei generischen Dimensionen eines Geschäftsmodells (Nutzenversprechen, Wertschöpfungsarchitektur, Erlösmodell) auch der Umsetzungsgrad im Unternehmen und der Grad der Disruptivität sowie soziale und ökologische Erfolge berücksichtigt, die über den ökonomischen Erfolg hinausgehen. Die verschiedenen Dimensionen der Analyse werden in den Kapiteln 2.2 bis 2.5 noch ausführlich erläutert.

Im zweiten Schritt wurden für den Impulsbericht sodann fünf Unternehmen ausgewählt, die bei Industrie 4.0-Geschäftsmodellen derzeit eine Vorreiterstellung einnehmen. Dabei sollten die Unternehmen aus der Branche des Maschinen- und Anlagenbaus einerseits mit der Umsetzung ihres innovativen Geschäftsmodells bereits weit vorangeschritten sein, um zuverlässig Erfolgsfaktoren und etwaige Hürden im Praxisumfeld identifizieren zu können; andererseits waren mit Blick auf die Verallgemeinerbarkeit der Befunde Unternehmen mit unterschiedlicher Größe und verschiedenen Rollen im Wertschöpfungsnetzwerk zu berücksichtigen. Konkret erhoben wurden die empirischen Daten im Rahmen semistrukturierter Interviews mit Unternehmensvertreterinnen und -vertretern, für die

vorab ein Interviewleitfaden zur Analyse der Geschäftsmodelle entwickelt worden war.

Zuletzt erfolgten im dritten Schritt dann die Ableitung grundlegend relevanter Gestaltungsfelder und Handlungsoptionen, die über die fünf Use Cases hinausweisen, sowie die Formulierung konkreter Impulse für Forschung und Entwicklung. Diese use-case-übergreifenden Ergebnisse wurden im Anschluss in einem Workshop Expertinnen und Experten aus dem Forschungsbeirat Industrie 4.0 vorgestellt, und gemeinsam diskutiert und evaluiert, wobei auch unternehmensübergreifende Hürden sowie Best Practices identifiziert werden konnten.

2.2 Dimensionen eines Geschäftsmodells

Zur Definition, zur strukturierten Analyse und zur Darstellung der nachfolgend betrachteten Geschäftsmodelle wurde das generische und übersichtlichste Modell mit den drei (Haupt-)Dimensionen Nutzenversprechen, Wertschöpfungsarchitektur und Erlösmodell ausgewählt.¹⁰

Ein Geschäftsmodell beschreibt die Art und Weise, wie ein Unternehmen dem Kunden (überlegenen) Nutzen beziehungsweise Mehrwert bietet, wie und in welcher Form das Unternehmen Ertrag beziehungsweise Profit generiert und welche internen wie externen

Abbildung 2: Vorgehensweise bei der Erstellung des vorliegenden Impulsberichts

Prozessschritt	Entwicklung der Methodik	Auswahl und Analyse der Fallbeispiele	Ableitung grundlegender Erkenntnisse
Aktivitäten	Desk Research über Literaturanalyse	Semistrukturierte Experteninterviews und Literaturanalyse	Semistrukturierte Experteninterviews und Expertenworkshop
Ergebnisse	• Methodik zur Analyse von Industrie 4.0-Geschäftsmodellen im Maschinen- und Anlagebau • Liste von Erfolgsdimensionen, die über die ökonomischen Erfolge hinausgehen	• Auswahl von fünf Fallbeispielen für Industrie 4.0-Vorreiterunternehmen und deren digitale Geschäftsmodelle • Strukturierte Darstellung der digitalen Geschäftsmodelle nach dem im ersten Schritt erarbeiteten Analyseschema	• Skizzierung von Gestaltungsfeldern und Gestaltungsoptionen • Identifikation zentraler Forschungsfragen und Entwicklungsbedarfe

Quelle: eigene Darstellung

¹⁰ Weitere bekannte und komplexere Betrachtungsmöglichkeiten bzw. Darstellungsframeworks sind das neundimensionale Business Model Canvas (vgl. Osterwalder 2004) oder das vierdimensionale V⁴-Modell (vgl. Al-Debei/Avison 2010). Im V⁴-Modell wird die Dimension der Wertschöpfungsarchitektur in zwei separate Dimensionen, nämlich die interne Wertschöpfungsarchitektur und das externe Wertschöpfungsnetzwerk, aufgeteilt.

Strukturen und Interaktionen dafür notwendig sind. Somit werden die unten dargestellten Geschäftsmodelle in diesem Papier unter den folgenden Aspekten studiert.

- I. Das **Nutzenversprechen** (auch Value Proposition oder Wertangebot) beantwortet die Frage: *„Welchen Nutzen und (Mehr-)Wert stiftet das Unternehmen für Kunden und strategische Partner?“*
- II. Die **Wertschöpfungsarchitektur** wird in die folgenden zwei Aspekte untergliedert:
 - a) Die **interne Wertschöpfungsarchitektur** beantwortet die Frage: *„Wie wird die Leistung unternehmensintern in welcher Form erstellt?“*
 - b) Das **externe Wertschöpfungsnetzwerk** beantwortet die Frage: *„Wie ist das Unternehmen mit Partnern und weiteren für die Leistungserbringung relevanten Akteuren vernetzt?“*
- III. Das **Erlösmodell** beantwortet die Frage: *„Wodurch und wie wird Geld verdient?“*

Das hier vorgestellte Analyseschema hat den Vorteil, dass es die zentralen Elemente eines Geschäftsmodells in angemessener Weise berücksichtigt und zur Darstellung bringt, ohne die Ergebnisse der Untersuchung mit einzelfallspezifischen Details zu überfrachten und allgemeine Schlussfolgerungen so letztlich zu erschweren.

2.3 Umsetzungsgrad eines Geschäftsmodells

Für die vorliegende Studie waren wie bereits erwähnt erfolgreiche Industrie 4.0-Geschäftsmodelle mit einem hohen Umsetzungsgrad zu betrachten, um so Hinweise auf zentrale Erfolgsfaktoren zu finden. Der Umsetzungsprozess bei einem neuen Geschäftsmodell lässt sich grob in drei Phasen gliedern.

- **Planungsphase:** Das betreffende Geschäftsmodell befindet sich noch in der Planung und weist somit einen niedrigen Entwicklungsgrad auf.¹¹
- **Pilotphase:** Teile des Geschäftsmodells oder auch das gesamte Geschäftsmodell werden in einzelnen Abteilungen oder in Pilotprojekten erprobt. Dabei können, aber müssen noch keine Gewinne erzielt werden.
- **Skalierungsphase:** Das Geschäftsmodell wird erfolgreich im Produkt- und Leistungsportfolio des betreffenden Unternehmens implementiert. Es erwirtschaftet Gewinne oder trägt sich mindestens selbst und kann auf weitere Unternehmenssparten ausgedehnt werden.

Zur konkreten Bestimmung des Umsetzungsgrads eines Industrie 4.0-Geschäftsmodells wurden wiederum verschiedene Kriterien herangezogen. Im Zentrum der Analyse stand dabei zunächst die Frage, ob das betreffende Geschäftsmodell bereits erfolgreich im Unternehmen implementiert worden war und sich dort etabliert hat. Bewertet wurde in diesem Zusammenhang, in welchem Umfang es in die bestehenden Strukturen integriert und im betrieblichen Alltag verankert worden ist.

Darüber hinaus wurde untersucht, ob durch die Umsetzung des Geschäftsmodells bereits ein überlegener Nutzen für den Kunden generiert werden konnte. Im Fokus stand dabei die Frage, ob hier gegenüber dem bestehenden Angebot ein neuer, klar erkennbarer Mehrwert geschaffen worden ist.

Das dritte Kriterium betraf die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Geschäftsmodells. Hierfür wurde geprüft, ob im Rahmen des Modells bereits Umsätze und positive Erträge generiert werden konnten und welche wirtschaftlichen Perspektiven sich daraus ergeben haben.

Und schließlich war zu analysieren, ob die unternehmensinternen und -externen Wertschöpfungsstrukturen und -prozesse bereits auf das neue Geschäftsmodell hin ausgerichtet und entsprechend konfiguriert worden sind.

2.4 Disruptivitätsgrad eines Geschäftsmodells

Um den Grad der Disruptivität sowie das Differenzierungspotenzial eines Industrie 4.0-Geschäftsmodells einzuordnen, wurde ein bimodaler Ansatz verfolgt. Auf der einen Seite (Mode 1) werden bei der Steuerung eines Unternehmensgeschäfts bestehende Produktionsvorgänge und Angebotskonzepte optimiert. Hier geht es also um Effizienzsteigerung und Automation bei etablierten Geschäftsmodellen; tradierte Produktionsmethoden werden digital erweitert, Wertschöpfungsketten bleiben bestehen, werden zum Teil aber rigide automatisiert. Auf der anderen Seite der Geschäftssteuerung (Mode 2) stehen Innovation und Agilität im Fokus. Im Rahmen neuer, digitaler und disruptiver Geschäftsmodelle wirken hier vernetzte, autonome Systeme und Teams zusammen; es entstehen unternehmens- und wertschöpfungskettenübergreifende, dynamische Geschäftsnetzwerke und Ökosysteme, deren verschiedene Akteure miteinander interagieren, wobei adaptierbare Produktions- und Leistungsprozesse zum Einsatz kommen. Solche innovativen, disruptiven Geschäftsmodelle sind durch komplett neue Formen des Nutzenversprechens, durch flexible Wertschöpfungsarchitekturen oder neuartige Profit- beziehungsweise Erlösmodelle gekennzeichnet.

Zur Bestimmung des Disruptivitätsgrads eines Industrie 4.0-Geschäftsmodells wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung verschiedene Kriterien herangezogen. Analysiert wurde dabei zunächst, ob das betreffende Geschäftsmodell primär auf die

¹¹ Die in dem Impulsbericht untersuchten Use Cases waren allesamt bereits über die Planungsphase hinaus und befanden sich bereits in der Umsetzung.

Optimierung bestehender Geschäftsstrukturen abzielte (Mode 1) oder ob es sich um strategische Differenzierung durch ein neues, disruptives Geschäftsmodell handelte (Mode 2).

Des Weiteren wurde untersucht, ob durch die Umsetzung des Modells ein innovativer und individueller Nutzen für den Kunden entstanden war, der sich vom tradierten Geschäft klar abgrenzen ließ. Dabei ging es auch um die Frage, ob sich das betreffende Unternehmen auf diese Weise neue Marktchancen erschließen und Wettbewerbsvorteile generieren konnte.

Ein weiterer Analysepunkt betraf zudem die wirtschaftlichen Potenziale des untersuchten Geschäftsmodells und die Frage, ob sich durch dessen Umsetzung neue und gegebenenfalls flexible Erlös- und Gewinnmodelle realisieren ließen.

Abschließend wurden außerdem die äußeren Strukturen in den Blick genommen, in denen das betreffende Unternehmen mit seinem Geschäftsmodell operierte. Hier stand also die Frage im Vordergrund, ob das Produkt- und Leistungsangebot nach wie vor mehr in klassische, oft starre Wertschöpfungsketten eingebunden war oder ob es innerhalb digitaler Geschäftsnetzwerke und Ökosysteme platziert werden konnte, die dynamisch und durch wechselnde Interaktionen mit verschiedenen internen und externen Akteuren geprägt sind.

2.5 Erfolgsdimensionen eines Geschäftsmodells

Ein zentrales Ziel des vorliegenden Impulsberichts ist es, aufzuzeigen, welche Industrie 4.0-Geschäftsmodelle beziehungsweise welche Modellelemente sich auf welche Weise erfolgreich umsetzen lassen. Was in diesem Zusammenhang genau als Erfolg zu werten ist, wurde anhand spezifischer Kriterien und Indikatoren vorab definiert. Dabei ist die monetäre Komponente – insbesondere die **Erwirtschaftung von Umsätzen und Gewinnen** – zwar wichtig, aber längst nicht das einzige Erfolgskriterium. Aus diesem Grund sind im Folgenden einige allgemeingültige Werte und Ziele zu nennen, die ein erfolgreiches Geschäftsmodell kennzeichnen können. Für Unternehmen sind das vor allem die Gewährleistung eines überlegenen Nutzenversprechens und die Steigerung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit, während Nachhaltigkeit und Resilienz über die Unternehmensperspektive hinaus auch von gesamtgesellschaftlicher Bedeutung sind.

- **Erwirtschaftung von Umsätzen und Gewinnen:** Das primäre Ziel eines Geschäftsmodells ist es, (zusätzliche) Umsätze und perspektivisch Profite beziehungsweise Gewinne zu erzielen. Daher muss jedes Geschäftsmodell zu einem bestimmten Zeitpunkt rentabel sein beziehungsweise Gewinnpotenziale aufweisen, um sich nachhaltig durchzusetzen. Im Fall der nachfolgend vorgestellten Use Cases wurde zur Messung des

finanziellen Erfolgs abgefragt, ob über die Implementierung des betreffenden (datenbasierten, servicebasierten) Geschäftsmodells bereits (zusätzliche) Umsätze generiert werden konnten, ob das Geschäftsmodell bereits profitabel war und ob sich perspektivisch Gewinn- beziehungsweise Profitpotenziale realisieren lassen könnten.

- **Nachhaltigkeit:** Trägt ein Geschäftsmodell zur Erreichung von ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeitszielen bei, erfüllt dies ein zentrales Erfolgskriterium sowohl für das Unternehmen als auch für die Gesellschaft und das gesamte Wirtschaftssystem.
 - **Ökologische Dimension:** Im Kontext ökologischer Nachhaltigkeit war zu untersuchen, ob das betreffende Geschäftsmodell zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen beigetragen hat, ob der Ressourcenverbrauch (Energie, Wasser, Material etc.) durch die Einführung des Geschäftsmodells gesenkt werden konnte und ob das Geschäftsmodell zur Umsetzung umfassender Kreislaufstrategien beigetragen hat. Hierzu zählt beispielsweise die Steigerung des Anteils an recycelten Materialien oder die Anwendung der sogenannten R-Strategien¹². Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine ökologisch nachhaltige Geschäftstätigkeit auch für das betreffende Unternehmen zahlreiche Vorteile bietet; denn sie kann Kosten senken, gesetzliche Anforderungen besser erfüllen, sein Markenimage stärken, neue Kundengruppen und Investoren gewinnen, Mitarbeitende langfristig binden und sich resilienter gegenüber zukünftigen Umwelt- und Marktrisiken aufstellen. Für die vorliegende Studie wurde in diesem Zusammenhang jeweils vertiefend untersucht, welche Maßnahmen für eine ökologisch nachhaltige Geschäftstätigkeit ergriffen werden mussten und wie die genannten Ziele genau erreicht wurden.
 - **Soziale Dimension:** Im Rahmen der Analyse wurde insbesondere untersucht, ob durch die Realisierung des betreffenden Geschäftsmodells für Teile der Belegschaft eine physische und/oder psychische Entlastung bei der Ausführung ihrer Arbeit erreicht werden konnte und ob Arbeitsprozesse und Strukturen insgesamt menschenzentrierter gestaltet worden sind. Dabei war vor allem zu ermitteln, welche strukturellen oder organisatorischen Veränderungen zu entsprechenden Effekten beigetragen hatten. Im Fokus stand zudem die Frage, ob sich die Zufriedenheit der Mitarbeitenden insgesamt steigern ließ und welche Maßnahmen oder Faktoren hierfür ursächlich waren. Inwiefern das betreffende Geschäftsmodell Kompetenzen und Fertigkeiten der Mitarbeitenden gezielt stärken konnte, war ebenfalls Bestandteil der Nachhaltigkeitsanalyse; konkret ging es dabei um entsprechende Qualifizierungs-

¹² Im wissenschaftlichen Diskurs existiert eine Reihe unterschiedlicher Definitionen und Konzepte für R-Strategien. Zu den gängigen R-Strategien gehören u. a. Reduce, Reuse, Recycle und Refurbish. Vgl. dazu Kirchherr et al. 2017.

Fort- und Bildungsmaßnahmen im Kontext des betreffenden Innovationsprozesses. Und schließlich galt es zu untersuchen, ob durch das Geschäftsmodell eine Verbesserung der Arbeits- und Sozialstandards innerhalb der Unternehmensgrenzen und über das Unternehmen hinaus – beispielsweise bei Zulieferern oder weiteren Akteuren im Ökosystem – zu erreichen war. Das Augenmerk lag dabei auf der Gleichstellung der Geschlechter und anderen Formen der sozialen Gerechtigkeit wie Inklusion sowie auf jenen Faktoren, die gegebenenfalls maßgeblich zur Verbesserung beigetragen hatten. Für die Unternehmen ergeben sich aus einer Stärkung der sozialen Nachhaltigkeit klare ökonomische Vorteile; eine höhere Mitarbeiterzufriedenheit und bessere Arbeitsbedingungen fördern Motivation und Produktivität, steigern die Bindung qualifizierter Fachkräfte und erhöhen die Attraktivität als Arbeitgeber – was langfristig wiederum die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens stärkt.

- **Ökonomische Dimension:** Im Zentrum stand hier die Frage, inwiefern das betreffende Geschäftsmodell dazu beigetragen hat, die Kundenzufriedenheit nachhaltig zu steigern und die Kundenbindung zu erhöhen, und welche konkreten Maßnahmen hierbei ursächlich waren. Zudem war zu prüfen, ob und wie durch das Geschäftsmodell neue Märkte erschlossen und somit neue Kundensegmente etabliert werden konnten. Darüber hinaus galt es festzustellen, ob das betreffende Produkt- und Leistungsportfolio stärker individualisiert beziehungsweise personalisiert werden konnte und ob das innovative Geschäftsmodell die notwendige Flexibilität aufwies, um unterschiedliche Kundenwünsche und -bedarfe zu berücksichtigen. Außerdem war zu ermitteln, welche positiven Implikationen das betreffende Geschäftsmodell für die mittel- und langfristige Prosperität des jeweiligen Unternehmens voraussichtlich haben würde und welche Erfolgsaussichten sich daraus ableiten ließen. Und schließlich war die Frage zu beantworten, welche Skalierungspotenziale mit dem entsprechenden Geschäftsmodell verbunden sein dürften und wie diese mittel- bis langfristig zu realisieren sein könnten.
- **Interaktion, Vernetzung, Interoperabilität:** Unter dem Gesichtspunkt der strukturellen Innovation stellt sich insbesondere die Frage, inwiefern ein Geschäftsmodell zum Wandel von traditionellen, oft starren Wertschöpfungsketten hin zu flexiblen und dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken innerhalb digitaler Ökosysteme beiträgt. Für die vorliegende Studie war daher zu prüfen, ob und in welchem Maße das betreffende Geschäftsmodell die Interoperabilität gefördert hat – entweder als notwendige Voraussetzung einer stärkeren Vernetzung oder als eigenständiges Ziel, das wiederum die Bildung neuer Netzwerke begünstigen dürfte. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der Frage, ob und wie das Geschäftsmodell zur Vernetzung und zur Kooperation für konkrete Leistungsangebote im digitalen Ökosystem beigetragen hat. Darüber hinaus war aber auch zu prüfen, wie die Interaktion mit weiteren Akteuren im Ökosystem ausgestaltet war und welchen konkreten Mehrwert das Geschäftsmodell für andere Marktteilnehmer generieren würde – beispielsweise durch Effizienzgewinne, Zugang zu neuen Märkten oder verbesserte Informationsflüsse. Abschließend war zudem zu untersuchen, welche strukturellen Maßnahmen und Rahmenbedingungen entscheidend für die Schaffung interoperabler Schnittstellen im Ökosystem waren.
- **Resilienz und strategische Souveränität:** Angesichts eines gravierenden Wandels der internationalen Ordnung und zunehmender geopolitischer Spannungen, aber auch mit Blick auf die Folgen des Klimawandels braucht es hierzulande resiliente digitalisierte Wertschöpfungsketten, einen selbstbestimmten Zugriff auf große Datenmengen, technologische Souveränität sowie strategische Flexibilität und Unabhängigkeit bei industrierelevanter Zulieferung, Verarbeitung und Handel. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde daher insbesondere die Frage der Technologie-, Rohstoff- und Vorproduktabhängigkeit des betreffenden Geschäftsmodells in den Fokus gerückt, also geprüft, ob die entsprechende Wertschöpfung in kritischem Maße von Zulieferern und Technologieanbietern aus dem außereuropäischen Ausland abhängig war. Ebenfalls von Interesse war in diesem Zusammenhang die Frage, inwieweit das Geschäftsmodell dem jeweiligen Unternehmen und seinen Kunden eine souveräne Nutzung und Kontrolle der produktions-, produkt- und leistungsrelevanten Daten ermöglicht hat. Darüber hinaus wurde analysiert, ob und wie das Geschäftsmodell im Sinne der Resilienz dazu beitragen würde, die Wertschöpfung auch im Falle unerwarteter Störungen aufrechtzuerhalten; zu prüfen war dabei auch, wie schnell die betroffenen Wertschöpfungsprozesse im Störfall wieder in Gang gesetzt werden könnten (Recovery Time) und welche Faktoren die Recovery Time in welcher Weise beeinflussen würden. Mit Blick auf die Frage der ökonomischen Selbstbestimmung wurde zudem ermittelt, ob das betreffende Geschäftsmodell geeignet war, die Abhängigkeit von ausländischen, proprietären Technologien zu reduzieren und die technologische Souveränität des heimischen Ökosystems zu stärken. Ebenfalls von Interesse war in diesem Zusammenhang die Frage, wem das Geschäftsmodell Kontrolle über die Sammlung, Speicherung, Auswertung und Verarbeitung von Daten ermöglicht hat und welche technischen und organisatorischen Voraussetzungen gegebenenfalls notwendig waren, um diese Datensouveränität zu sichern. Abschließend war außerdem zu prüfen, inwiefern das betreffende Industrie 4.0-Geschäftsmodell dazu beitragen konnte, weitere kritische Abhängigkeitsverhältnisse – etwa in Bezug auf Zulieferer von Rohstoffen, Vorprodukten oder Komponenten – zu mindern und dadurch die strategische Handlungsfähigkeit des Unternehmens langfristig zu stärken.

3. Analyse innovativer Geschäftsmodelle im Maschinen- und Anlagenbau

3.1 Use Case 1: Weltweit führender Hersteller für Werkzeugmaschinen

3.1.1 Ausgangssituation und Motivation

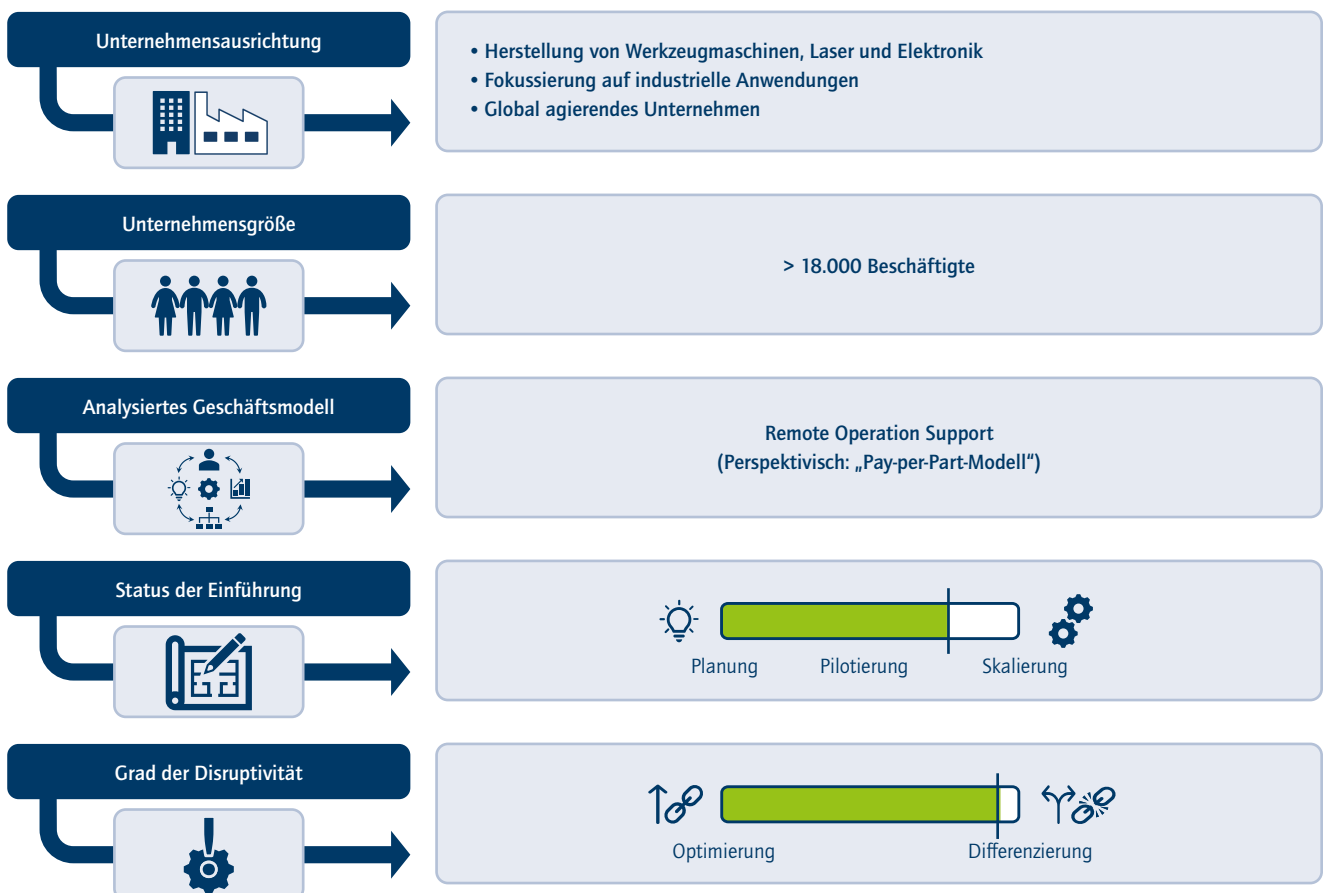
Das traditionsreiche Unternehmen gehört zu den weltweit führenden Herstellern für Werkzeugmaschinen, Laser und Elektronik für industrielle Anwendungen. Mit über 18.000 Beschäftigten ist das Unternehmen in nahezu allen europäischen Ländern, in Nord- und Südamerika sowie in Asien vertreten. Der Stammsitz mit den beiden Geschäftsbereichen Werkzeugmaschinen und Lasertechnik befindet sich im süddeutschen Raum.

Für sogenannte Original Equipment Manufacturer (OEM) im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus bestehen gegenwärtig verschiedene Herausforderungen in einer insgesamt schwierigen Marktsituation: Die betreffenden Märkte sind zunehmend gesättigt und mit einer stark wachsenden Zahl von Wettbewerbern konfron-

tiert, die Weltwirtschaft schwächelt, Investitionen werden zurückgehalten und die Sorge von Einschränkungen im globalen Warenverkehr prägt die gesamte Branche. Um in diesem Segment erfolgreich zu sein, reicht es heute meist nicht mehr aus, bloß Werkzeugmaschinen an Fabrikbetreiber zu verkaufen und klassische Zusatzprodukte und Servicedienstleistungen wie Werkzeuge, Ersatzteile, Wartung und Schulung anzubieten. Neben regelmäßigen Innovationen, mit denen bestehende und auch neue Märkte adressiert werden können, benötigt es ergänzende Funktions- und Servicedienstleistungsangebote, um längerfristige Kundenbindungen zu schaffen und neue Wertschöpfungspotenziale zu ermöglichen.

Durch die Ausrichtung der Unternehmensstrategie auf das Ziel, dem Kunden eine autonome und damit weitgehend „stressfreie“ Produktion zu ermöglichen, vollzieht der OEM einen Wandel: weg vom reinen Maschinenlieferanten hin zum ganzheitlichen Lösungsanbieter. Im Zentrum steht also nicht mehr nur die Hardware, sondern ein integriertes Leistungsversprechen, das Automatisierung,

Abbildung 3: Kernfakten zum Use Case 1



Quelle: eigene Darstellung

digitale Services und Prozesskompetenz im Sinne eines überlegenen Kundennutzens bündelt. Zusätzlich zur Bereitstellung des eigentlichen Produktionssystems und der klassischen Servicedienstleistungen wird das Portfolio daher auf weitere Angebote wie die Finanzierung, Fabriksimulation und -planung, die Optimierung der Teilekonstruktion, die Auftragsvorbereitung, die Planung, Überwachung und Automatisierung der Produktion, die Betriebsoptimierung oder Kostenkalkulation ausgeweitet. Die Leistungen basieren zum größten Teil auf daten- und softwareunterstützten Fähigkeiten, die sich ergänzend zum klassischen Maschinenverkauf über zusätzliche Geschäftsmodellvarianten wie zum Beispiel „Pay-per-X“ vermarkten lassen.

3.1.2 Herausforderungen und Hürden

Das im folgenden Abschnitt 3.1.3 konkret beschriebene Geschäftsmodell „Remote Operation Support“ wurde im Rahmen einer Marketingoffensive entwickelt. Ziel war es, vom klassischen Maschinenverkauf zu einem Betreibermodell zu wechseln: Statt die Maschine zu kaufen und zu besitzen, soll der Kunde zum Beispiel alternativ eine Pay-per-Part-Option wählen können, um dann „nur“ den positiven Output der Maschine, also die produzierten Teile zu bezahlen. Verbunden damit ist ein neues Leistungsversprechen. Neben der eigentlichen Fähigkeit der Maschine autonom zu produzieren, steht der produzierte Teile-Output, verbunden mit einer optimierten Maschinennutzung (Auslastung) im Kernfokus. Die eigentliche Betriebsverantwortung inklusive Auftragsvorbereitung, -planung und -bearbeitung wechselt dadurch vom Kunden zum OEM.

Mithilfe der Remotefähigkeiten der digital vernetzten Werkzeugmaschine und seiner prozessualen Expertise sorgt der OEM nun für ein Betriebsoptimum, indem er die Stückkosten in der Produktion senkt und somit kontinuierliche Effizienzgewinne ermöglicht. Zu diesem Zweck müssen zunächst aber grundlegende Hürden überwunden werden. So muss etwa „ausgehandelt“ werden, wie Teilekosten zu ermitteln sind und nach welchen Kriterien der resultierende Benefit verteilt werden soll. Das System ist komplex und wird noch anspruchsvoller, wenn weitere Beteiligte in die Leistungserstellung eingebunden sind. Fragen zu Investitionssummen und Eigentumsverhältnissen, Gebäude- und digitale Infrastruktur, Verbrauchs- und Personalkosten, Prognose des Nutzens sowie rechtliche Rahmenbedingungen wie Haftung und Regulierung müssen beantwortet werden. Die Vertriebsorganisation steht vor der neuen Herausforderung, das Geschäftsmodell nicht nur zu verstehen und zu erklären, sondern Kunden dafür zu begeistern und zu gewinnen, indem sie lukrative Angebote unterbreitet, die sich für beide Seiten lohnen. Dafür ist es notwendig, dass Vergleichsdaten aus der vorhandenen Produktion des Kunden herangezogen werden, die in der Regel aber vom Kunden nicht geteilt werden. Eine Skalierung des Geschäftsmodells als notwendige Voraussetzung für die Profitabilität, erfordert ein nicht unerhebliches Investment des OEM in die Marktvorbereitung und -gestaltung und dauert vor allem im Investitionsgütermarkt häufig mehrere Jahre. Daher sind Zwischenschritte auf dem Weg zur erfolgreichen Umsetzung sinnvoll. Im konkreten Fall

des hier vorgestellten Unternehmens wird zunächst auf die Umsetzung des sogenannten Remote Operation Support fokussiert. Dieser baut nahezu auf identischen technischen Grundlagen auf, ist jedoch organisatorisch einfacher zu vermitteln und zu berechnen und daher auch leichter zu skalieren.

3.1.3 Das Geschäftsmodell

Beim Remote-Operation-Support-Modell unterstützt der OEM den Kunden beim Betrieb und übernimmt hierbei gewisse Aufgaben und Pflichten – dies aber nicht dauerhaft, sondern zeitlich klar begrenzt (zum Beispiel für die Dauer einer Nachtschicht). Der Preis für die Dienstleistung wird zuvor festgelegt und der Auftrag als Einzeldienstleistung beauftragt und abgerechnet. Der OEM erhält dann vom Kunden temporär den notwendigen Zugriff auf das Produktionssystem. Das Produktionssystem erkennt Prozessstörungen selbständig und informiert den OEM automatisch über eine Unregelmäßigkeit und stellt alle notwendigen Informationen wie Maschinenzustand, Maschinen- und Prozessdaten sowie ergänzende Video- und Audioinformationen bereit. Über neue Eingriffsfunktionen kann das Remote-Betreiberteam (Remote Operator) des OEM alle notwendigen Maßnahmen aus der Ferne durchführen, um die Problemursache nicht nur zu erkennen, sondern auch oft remote zu beheben und somit die Produktion fortzusetzen.

Nutzenversprechen

Das Nutzenversprechen des innovativen Geschäftsmodells umfasst im konkreten Fall eine höhere Auslastung der einsatzbereiten Maschinen. Bei entsprechender Auftragslage kann der Kunde auch dann eine weitere Schicht produzieren, selbst wenn ihm dafür keine geschulten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vor Ort zur Verfügung stehen. Auch muss der Kunde aufgrund der temporär ausgelagerten Betriebsverantwortung für eine mitarbeiterlose Nachtschicht keine zusätzliche Rufbereitschaft organisieren, die nach etwaiger Prozessstörungsmeldung erst mit Zeitverzug vor Ort eingreifen kann. Der beauftragte OEM kümmert sich als Dienstleistung aktiv um alle automatisiert gemeldeten Situationen. Der Kunde erhält so mehr Sicherheit, dass die geplanten Aufträge bis Schichtende erfolgreich abgearbeitet werden, da sich erfahrene Expertinnen und Experten während des verabredeten Zeitraums zeitnah und remote, um seine Produktionsaufträge kümmern.

Architektur der Wertschöpfung

Das neue Leistungsversprechen erfordert Anpassungen sowohl am Equipment (Werkzeugmaschine) als auch in der digitalen Infrastruktur. Die Werkzeugmaschine muss in der Lage sein, einen genügend großen Auftragsvorrat autonom abarbeiten zu können. Dazu wird nicht nur der eigentliche Bearbeitungsprozess, sondern auch das vor- und nachgelagerte Materialhandling vollständig automatisiert. Mit Hilfe einer KI-basierten Verschleißvorratsprognose wird sichergestellt, dass notwendige Wartungsarbeiten frühzeitig geplant und rechtzeitig durchgeführt werden können.

In einer flexiblen Produktion mit Aufträgen kleiner Losgrößen, die zuvor noch nie bearbeitet wurden, kann es während der Bearbeitung dennoch zu unerwarteten Prozessfehlern (zum Beispiel durch kippende Teile) kommen. Das Produktionssystem erkennt solche Probleme und stoppt die weitere Abarbeitung der Aufträge im Produktionsplan. Der ungeplante Halt wird über das digitale Ökosystem an die definierten Empfänger sofort weitergemeldet. Bei einer zuvor erfolgten Betriebsübergabe an den OEM erhalten die verantwortlichen Experten im Remote Operation Center des OEM automatisiert alle Informationen und können die erkannte Problemursache für den Produktionsstillstand remote erkennen und beheben. Dabei helfen neben den eigentlichen Maschinen- und Prozessdaten auch die Informationen von aktuell bis zu zwölf integrierten hochauflösenden Kameras. Das Remote-Operatorteam wird bei der Analyse durch effiziente, KI-basierte Diagnosetools unterstützt, um die Problemsituation schnellstmöglich zu beseitigen. Mit Hilfe der anfallenden Informationen lassen sich nicht nur alle Maßnahmen automatisiert dokumentieren, sondern in naher Zukunft mit Hilfe von speziellen KI-Agenten auch viele heute noch manuelle Aufgaben der Remote-Operatoren-Teams automatisiert beheben.

Erlösmodell

Die konkrete Preisgestaltung und somit die Erlösgenerierung des hier vorgestellten Geschäftsmodells können aus kartellrechtlichen Gründen nicht publiziert werden. Grundsätzlich sind im Rahmen eines solchen Geschäftsmodells aber viele bekannte Geschäftsmodell-Varianten oder deren Kombination anwendbar (Fix-Preis, Abo-Modelle, Outcome-Modelle, Prepaid-Konzept etc.).

3.1.4 Einführung und Umsetzungsgrad

Das Remote-Operation-Support-Geschäftsmodell wurde im Jahr 2024 als „Shift-as-a-Service“ erfolgreich für Kunden in den USA eingeführt. Durch die Zeitverschiebung lässt sich durch ein Remote Operation Center in Deutschland zur „normalen Arbeitszeit“ die Nachtschicht der Fabriken in den USA remote überwachen.

Funktional wurde der Nachweis für die Beherrschbarkeit eines Pay-per-Part-Modells aufgezeigt, jedoch ist die Nachfrage trotz aller sich für den Kunden bietenden Vorteile im Markt noch sehr verhalten, sodass es dahingehend zukünftig noch der Konzipierung und Implementierung weiterer Geschäftsmodellansätze bedarf.

3.1.5 Grad der Disruptivität

Das Unternehmen verfolgt bei dieser Art von Geschäftsmodellen einen disruptiven Ansatz, der ergänzend zu den bestehenden Strukturen und Geschäftsmodellen einen Wandel und Umdenken in diesen Bereichen hin zu einer Lösungsanbieterschaft erfordert. Der Kern der Wertschöpfung besteht weiterhin im Verkauf von Maschinen, jedoch wird durch das Anbieten neuer Dienstleistungen und Services auf und mit der Maschine der Wertschöpfungsrahmen erweitert. Daraus ergeben sich für Kunden neue Leistungs- und Nutzenversprechen, die über den Besitz der Maschine hinausgehen und wie im Fall von Remote Operation Service zu einer höheren Auslastung der einsatzbereiten Maschinen führen. Kunden können damit bei ausreichender Auftragslage trotz fehlender Fachkräfte ihren Umsatz steigern.

Perspektivisch ermöglichen unternehmensübergreifende Kooperationen in dezentralen Datenökosystemen, wie etwa im Rahmen von *Factory-X* oder *Manufacturing-X*, die bedarfsorientierte Entwicklung zusätzlicher Angebotsbausteine und Dienstleistungen, die gezielt für Kunden bereitgestellt werden können.

3.1.6 Weitere Erfolgsdimensionen

Das neue Geschäftsmodell des Remote Operation Support eröffnet, wie zuvor erläutert, zusätzliche Potenziale für ökonomischen Erfolg. Neben wirtschaftlichen Aspekten stellt insbesondere die Lösung eines zentralen Kundenproblems einen entscheidenden Erfolgsfaktor des Modells dar: die Kompensation des Fachkräftemangels insbesondere bei der Besetzung von Nachtschichten. Durch

Tabelle 1: Übersicht zum Wertschöpfungsnetzwerk für Use Case 1

Akteur im Netzwerk	Lösung/Umsetzung	Ökonomischer Nutzen	Weitere Erfolgsdimensionen
Maschinen- & Anlagenbauer	Bereitstellung des Remote-Operation-Support-Systems inklusive Software, Infrastruktur und Servicetechniker Entstörung der Maschine remote und Unterstützung des Bedienpersonals mithilfe von Prozessdaten, Kamerasystem und Diagnosetools	Kostenminderung durch reduzierten Vor-Ort-Service-Aufwand; Steigerung der Kundenzufriedenheit als Wettbewerbsvorteil; Innovation und Differenzierung in gesättigten Märkten; Generierung von Umsatz durch digitale Services	Positionierung als innovativer Anbieter; Datenrückfluss für Produktverbesserungen
Produzierendes Unternehmen	Nachtschichten und Fachexpertise durch externen Anbieter; Nutzung des Remote-Zugriffs zur Fehlerdiagnose; Maschinenbedienung und -überwachung durch externe Experten	Minimierung von Ausfallzeiten; Steigerung der Maschinennutzung; Verbesserte Planbarkeit und -flexibilität; Unterstützung bei Fachkräftemangel; Optimierung der Produktion	Entlastung des Personals; On-Demand-Beratung; Vollständige Dokumentation aller Prozesse

den Remote Operation Service wird es nun möglich, auch bei unerwarteten Störungen die betriebliche Wertschöpfung aufrechtzuerhalten, etwa durch das kurzfristige Zuschalten von Fachexperten zur Unterstützung bei Maschinenstillständen. Infolgedessen kann die Wiederherstellungszeit (Recovery Time) signifikant verkürzt werden, was zu einer erhöhten Anlagenverfügbarkeit und somit zu einer gesteigerten Effizienz im Produktionsprozess führt.

3.2 Use Case 2: Innovationsgetriebenes Unternehmen mit einem Angebot für hochdynamische Bewegung, präziseste Positionierung und intelligente Vernetzung in der mechatronischen Antriebstechnik

3.2.1 Ausgangssituation und Motivation

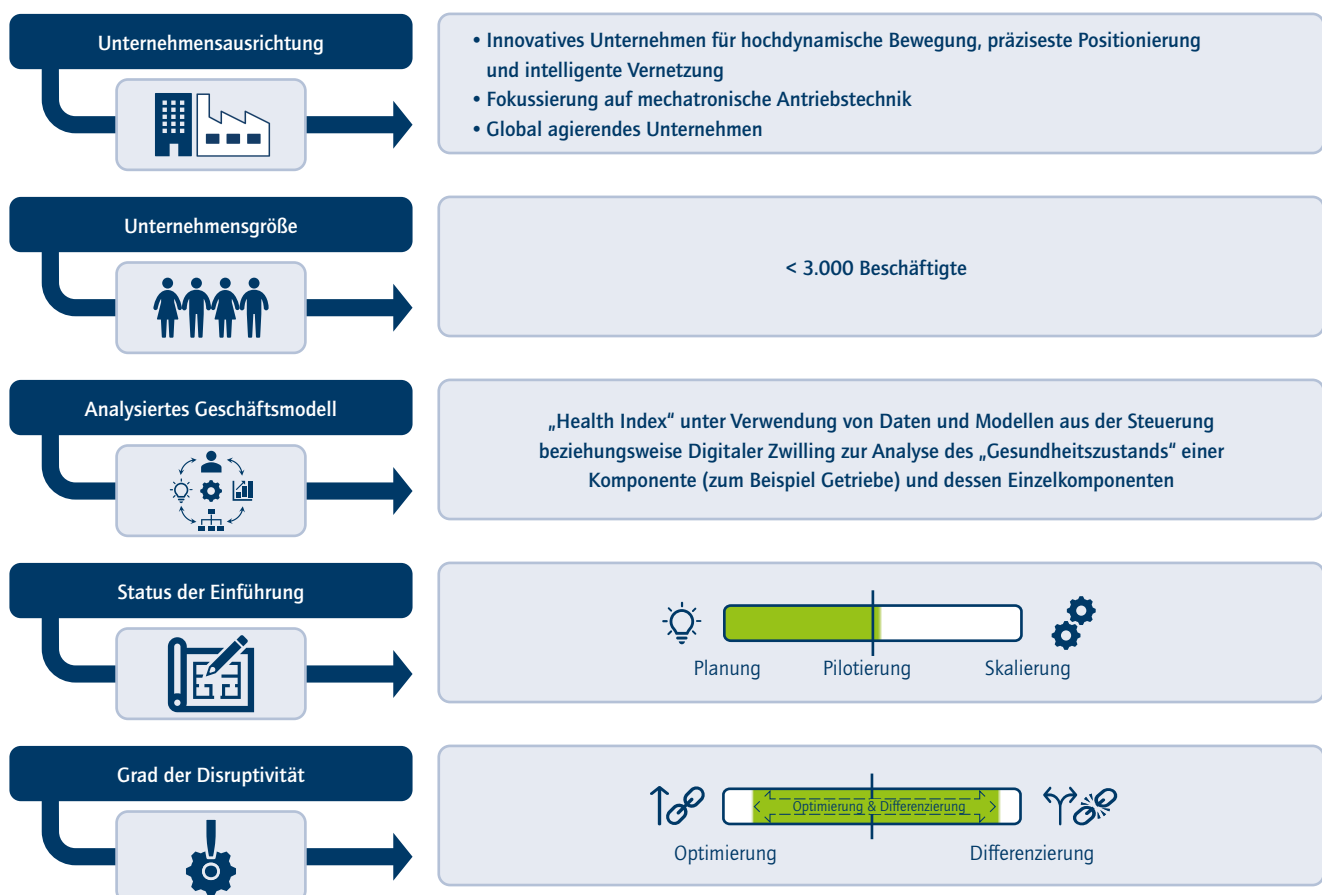
Das hier vorgestellte Unternehmen bietet ein breites Portfolio an Antriebstechniken für unterschiedliche Bedarfe im Maschinen- und Anlagenbau an und beschäftigt weltweit knapp 3.000 Mitarbeitende. Im Zuge der mechatronischen Weiterentwicklung klassischer Getriebetechnik hat sich das Unternehmen technologisch im Wettbewerb differenziert, indem es Elektronik, Sensorik und Embedded Firmware ins Getriebe integriert hat. Dadurch haben sich die Ge-

triebe nun zu smarten beziehungsweise cybertronischen Produkten und Systemen weiterentwickelt, die eine eigene Rechenleistung, eine Speichereinheit, Künstliche Intelligenz (KI) und Vernetzungsfähigkeit umfassen. Die Systeme sollen so in die Lage versetzt werden, sich mit ihrer Umwelt zu vernetzen und über Eigenintelligenz aus den verfügbaren Sensordaten, Informationen über sich und ihre Umwelt zu generieren und hieraus zu lernen.

Ein zentrales Ziel dabei ist, sich von anderen Komponentenherstellern im Maschinen- und Anlagenbau nachhaltig zu differenzieren und ein innovatives Nutzenversprechen zu bieten. Zu den Kunden des Unternehmens zählen zum einen Original Equipment Manufacturer (OEM) im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus, zum anderen aber auch produzierende Industriebetriebe – also Endkunden, die entsprechende Komponenten für die Fertigung einsetzen.

Bei der cybertronischen Entwicklung hat die Nutzung Digitaler Zwillinge einen hohen Stellenwert, weil man damit in der Lage ist, jedes mechanische/elektrische Produkt über die zugehörigen Daten und Modelle cybertronisch zu gestalten. Der digitale Produktzwilling wird bereits im Engineering durch Verhaltensanalyse (Dynamik, Verluste, Thermik) und Modelle angereichert und liefert somit wichtige Informationen für die Antriebsstrangoptimierung während des Betriebs. Daraus resultiert die Möglichkeit, neue, indi-

Abbildung 4: Kernfakten zum Use Case 2



viduelle und digitale Leistungsangebote für die Kunden zu erbringen. Der Nutzen für den Betreiber der Maschine in der Produktion betrifft insbesondere Effekte wie Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit. Die Optimierung mithilfe des Digitalen Zwillings bringt dem Anwender perspektivisch Vorteile wie eine verbesserte CO₂-Bilanz, eine höhere Energieeffizienz, Downsizing-Potenziale oder eine Lebensdauerabsicherung für den Betrieb der Maschine. Das Unternehmen rechnet für die hier skizzierten Leistungen mit einer entsprechenden Zahlungsbereitschaft der Kunden. Gründe sind Betriebskosteneinsparungen und eine effiziente Einhaltung von Regularien oder selbst definierten Nachhaltigkeitszielen. Zudem werden mit dem Digitalen Zwilling auch Serviceprozesse (siehe unten Abschnitt zu 3. Das Geschäftsmodell) beschrieben – digital unterstützt und die potenzielle Umsetzung eines Kreislaufwirtschaftskonzepts ermöglicht.

Ein weiterer Vorteil des innovativen Geschäftsmodells ist der Umstand, dass die höherwertigen Services des Unternehmens nicht zwingend die Integration von Sensorik und Elektronik im Produkt erfordern, sondern auf Basis von fundiertem produkt- und anwendungsbezogenem Know-how und unter Verwendung der Daten und Modelle des Digitalen Produktzwillings angeboten werden können. So lassen sich ohne zusätzliche Sensorintegration die Thermik und auch die Belastung (Alterung) eines Getriebes auf Basis der vorhandenen Lastkollektive (Drehmoment, Drehzahl) und Umgebungsbedingungen ermitteln. Mithilfe der Modelle können benötigte Daten berechnet werden, man spricht hier von sogenannten Virtuellen Sensoren.

3.2.2 Herausforderungen und Hürden

Bei der Etablierung eines innovativen Industrie 4.0-Geschäftsmodells bestehen für das Unternehmen Herausforderungen unter anderem darin, dass es Bestandteil eines weitreichenden Wertschöpfungsnetzwerks ist: Ohne die Kooperationsbereitschaft der Partner sind Innovationen wie die Implementierung von Smart Services nicht möglich. Es bedarf hier also der Mitwirkung und Unterstützung der beteiligten OEMs sowie der Bereitschaft des Anwenders, seine Betriebsdaten zu teilen, um den vollen Nutzen zu entfalten.

Um dem Anwender eine effizientere Nutzung der Ressourcen zu ermöglichen und generell mehr Nachhaltigkeit bei Maschinen und Anlagen zu erreichen, ist eine Optimierung über den gesamten Lebenszyklus eines Getriebes hinweg notwendig. Dies erfordert dann bereits im Engineering bei der Auslegung des Systems die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten (zum Beispiel CO₂-Fußabdruck und Lebensdauerberechnung).

Darüber hinaus spielen auch die Hersteller von Steuerungen als Partner des Unternehmens eine wichtige Rolle, da Smart Services dort zu integrieren sind, um sie für den OEM möglichst einfach nutzbar zu machen. Um Services auf Basis der Getriebe anbieten zu können, sollen Getriebedaten in Echtzeit verarbeitet werden. Dies erfolgt im Zusammenspiel zwischen Komponente, Steuerung und Edge Device (Industrial Personal Computer – IPC). Für eine

möglichst nutzerfreundliche Anwendung können Daten über eine Cloud zusammengeführt und vernetzt werden. Dazu muss das Unternehmen mit den Entwicklern der Steuerung beziehungsweise des Edge Device und der Cloud in Dialog treten, was ein zentraler Schlüssel zum Erfolg ist.

Die spezifischen Herausforderungen des Unternehmens liegen demzufolge insbesondere in der Innovation im Wertschöpfungsnetzwerk mit Partnern. Der Endkunde hat den Mehrwert und daher die Zahlungsbereitschaft. Wo für den Wertbeitrag beispielsweise von Smart Services Produktwissen über Einzelkomponenten nötig ist, müssen sich die verschiedenen Wertschöpfungsakteure aber zunächst vernetzen, da OEMs und Steuerungsherstellern das Wissen der Komponentenhersteller fehlt. Der Fokus des Netzwerks liegt dann auf der Nähe zum Endkunden, um ein genaues Verständnis für dessen Bedarfe zu entwickeln. Ziel des innovativen Wertschöpfungsnetzwerks ist es, zukünftig Services anzubieten, die im Betrieb die Produktivität, Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit steigern.

3.2.3 Das Geschäftsmodell

Ausgehend von den oben beschriebenen strategischen Grundüberlegungen und technologischen Möglichkeiten, hat das Unternehmen mit dem sogenannten Health Index einen neuen, höherwertigen Smart Service entwickelt.

Nutzenversprechen

Der Smart Service „Health Index“ verwendet vorzugsweise Daten, die ohnehin in der Steuerung beziehungsweise im Antriebssystem verfügbar sind, um den „Gesundheitszustand“ einer Komponente wie des Getriebes und seiner Einzelbaugruppen auf Basis realer Belastungsdaten zu analysieren. Der Health Index bietet das Nutzenversprechen, die Produktivität durch eine größtmögliche Verfügbarkeit abzusichern und die Lebensdauer eines Getriebes zu maximieren. Dabei ermöglicht zum einen ein Ampelsystem dem Anwender eine Nutzung mit möglichst geringem Verschleiß; zum anderen bietet der Health-Index-Service eine schnellere Lieferung von Ersatzteilen.

Architektur der Wertschöpfung

Auf Basis der erfassten Betriebsdaten (zum Beispiel Drehzahl, Strom und Temperatur) wird über die eigens entwickelten Schadensmodelle eine belastungsabhängige Alterung des betreffenden Getriebes ermittelt; anschließend signalisieren Ampelfarben die Beanspruchung beziehungsweise Alterung des Getriebes. Sie zeigen von Grün über Orange bis Rot an, ob der Getriebezustand gut ist, ob es einer Wartung bedarf oder ob der Zustand bereits kritisch ist.

Somit lässt sich schon im Betrieb erkennen, ob eine zustandsbasierte Wartung oder ein Serviceeinsatz erforderlich ist und ob eine gegebenenfalls erforderliche Ersatzteillieferung initiiert werden muss. Diese kann dann größtenteils automatisiert werden. Das heißt, es wird automatisch ein Ersatzteil beim Anbieter bestellt, der Auf-

trag dem Endkunden bestätigt und die entsprechende Rechnung erstellt. Dabei tritt aber der OEM gegenüber dem Endkunden in Erscheinung, während das hier vorgestellte Unternehmen im Hintergrund tätig ist. Der OEM tritt gegenüber dem Endkunden also als Face to the Customer – als zentraler Ansprechpartner – in Erscheinung, er erhält somit die Ersatzteilbestellung des Anwenders und schickt ihm Auftragsbestätigung und Rechnung. Zudem ist zu erwähnen, dass die Rohdaten aus dem Betrieb beim Endkunden in einem geschützten Raum verbleiben, was eine wichtige Voraussetzung für Endkundenakzeptanz ist.

Beim hier vorgestellten Unternehmen erfordert die Einführung eines solchen Geschäftsmodells ein grundsätzliches Umdenken: Der OEM bleibt zwar zentraler Teil der Wertschöpfung (inklusive Produkthaftung gegenüber dem Endkunden) und Kunde des Anbieters; er kann dabei von einer schnelleren Lieferung der Ersatzteile (weltweit) profitieren. Darüber hinaus rückt aber der Endkunde deutlich stärker in den Fokus. Diese Beziehung muss nun zum Beispiel über Kundengespräche intensiviert werden, um die konkreten Bedarfe und Prozesse des Anwenders zu verstehen und zu ermitteln, in welchen Anwendungen der größte Nutzenhebel liegt.

3.2.4 Einführung und Umsetzungsgrad

Der Smart Service „Health Index“ befindet sich aktuell in der Markteinführungsphase und wird mit Pilotkunden erprobt. Mit dem Digitalen Zwilling wurde die Basis gelegt, um weitere Lösungen für Nachhaltigkeit umzusetzen. Zum Teil wurden diese mit den Kunden bereits konkret implementiert, oder sie sind Gegenstand von Vorentwicklungsprojekten, die in Produkte überführt werden sollen. In der zweiten Instanz könnten hier auch neue Geschäftsmodelle im Bereich der Circular Economy generiert werden. Für die Umsetzung ist ein zentraler Ansprechpartner zuständig, der sie im Schulterschluss mit den verschiedenen Geschäftseinheiten durchführt.

Das Unternehmen hat also das neue Geschäftsmodell „Health Index“ intern sowohl organisational als auch technologisch bereits erfolgreich implementiert. In den Erprobungen mit den Pilotkunden zeichnet sich der überlegene Kundennutzen ab, der darin besteht, Produktivität durch eine größtmögliche Verfügbarkeit von Ersatzteilen abzusichern. Auf dieser Basis lassen sich zudem, wie oben bereits beschrieben, zahlreiche weitere Services anbieten, die bislang ebenfalls noch nicht skaliert wurden. Dafür wird es notwendig sein, die externen Wertschöpfungsstrukturen beziehungsweise -prozesse weiterhin auf dieses Geschäftsmodell hin auszurichten. Es gilt die externen Anwendungen, Prozesse und Bedürfnisse der verschiedenen Endkunden besser zu verstehen und insbesondere das Geschäftsmodell in Kooperation mit den OEMs zu etablieren.

3.2.5 Grad der Disruptivität

Mit dem neuen Geschäftsmodell werden einerseits existierende Vorgänge optimiert, indem Ersatzteile für eigene Produkte auf Basis von Digitalisierung und Automatisierung deutlich effizienter an

Endkunden vertrieben werden können; insofern werden bestehende Wertschöpfungsketten digital erweitert und fortgeführt. Andererseits besteht ein höherer Grad an Disruptivität, weil für OEMs und Endkunden mit dem Health Index eine größtmögliche Verfügbarkeit von Ersatzteilen gewährleistet wird, weil Ausfälle vorhergesagt werden und der Verschleiß im Betrieb reduziert wird. Dadurch lässt sich auch die Lebensdauer der Getriebe maximieren. Somit lässt dieses neue Geschäftsmodell eine Differenzierung gegenüber dem bisherigen Angebot und neue Marktchancen gegenüber anderen Anbietern zu. Außerdem erfolgt eine Differenzierung gegenüber den Anbietern sogenannter agnostischer Services wie der Datenanalyse, denn über das tiefergehende Verständnis der Domänen und der Endkunden können – wie über den Health Index – auf Basis der Daten Informationen generiert und entsprechend interpretiert werden.

Der Grad der Disruptivität für das hier vorgestellte Unternehmen wird auch am grundsätzlichen Umdenken in der Wertschöpfung deutlich: Sowohl die Umstellung in eine Matrixorganisation als auch der stärkere Fokus auf den Endkunden weisen auf die Notwendigkeit neuer Strukturen hin. Mit der Etablierung weiterer Services, die auf diesen Umstellungen in der Organisation basieren, werden zukünftig vollkommen neue Dienstleistungen und damit Geschäftsmodelle mit disruptivem Potenzial möglich. So können Services wie die Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks, Sustainable Design for Circular Economy oder der Auf- und Ausbau eines Digitalen Produktpasses zukünftig neue Marktchancen eröffnen.

3.2.6 Weitere Erfolgsdimensionen

Wie beim Grad der Umsetzung bereits deutlich wurde, richten sich die ökonomischen Erfolgserwartungen für die neuen Geschäftsmodelle in die Zukunft. Diese sind jedoch bereits heute wesentlicher Bestandteil der Unternehmensstrategie. Um mittel- und langfristig erfolgreich zu bleiben, versucht das Unternehmen über cyber-physische Systeme, die in Domänen wie der industriellen Produktion speziell verankert sind, den Kunden ein spezifisches Angebot zu machen und sich somit von Wettbewerbern zu differenzieren. Auf Grundlage einer organisationalen Anpassung und technologischer Entwicklung bestehen hier vielfältige Skalierungspotenziale für weitere Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, die auf dieser Basis schneller entwickelt werden können. Für die Zukunft könnten in dieser Entwicklung des Unternehmens und der Etablierung neuer Geschäftsmodelle entscheidende Wettbewerbsvorteile liegen.

Neben ökonomischen Erfolgskennzahlen kann das innovative Geschäftsmodell auch einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten: Der Fokus des Health Index und der weiteren Geschäftsmodelle des Unternehmens liegt insbesondere auf einer größeren ökologischen Nachhaltigkeit. Für den Endkunden bedeutet das zudem einen geringeren Ressourcenverbrauch, da sich zum Beispiel der Verschleiß reduzieren und der Energieeinsatz effizienter gestalten lässt. Insgesamt wird mit dem Health Index ein grundlegender Baustein für die Kreislaufwirtschaft gelegt.

Tabelle 2: Übersicht zum Wertschöpfungsnetzwerk für Use Case 2

Akteur im Netzwerk	Lösung/Umsetzung	Ökonomischer Nutzen	Weitere Erfolgsdimensionen
Komponentenhersteller von Antriebstechnik im Maschinen- und Anlagenbau	Angebot höherwertiger Services wie Condition Monitoring auf Basis eines Digitalen Zwillings	Differenzierung durch Angebot innovativer Services	Besseres Verständnis der produzierenden Unternehmen
Original Equipment Manufacturer	Face to the Customer für produzierende Unternehmen im Ersatzteilvertrieb	Effiziente Logistik und schnelle Lieferung von Ersatzteilen für Maschinen	
Produzierendes Unternehmen	Zustandsanalyse einer Maschinenkomponente über Ampelsystem	Verbesserte Verfügbarkeit der Maschine und geringerer Verschleiß	Resilienz; Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit

3.3 Use Case 3: Weltweit agieren-der Mischkonzern mit Sparte für Automatisierung und Digitalisierung

3.3.1 Ausgangssituation und Motivation

Das hier betrachtete Unternehmen ist ein Mischkonzern mit einem Angebot für Automatisierung und Digitalisierung als einen von mehreren Schwerpunkten. Der Unternehmenssitz liegt in Deutschland, aber das Unternehmen verfügt über ein weitverzweigtes globales Standortnetz. Eben Automatisierungs- und Antriebstechnik auch Software in diesem Bereich und generiert damit einen hohen Anteil seiner Umsätze. Neben Produkten und Dienstleistungen führt das Unternehmen Lösungen für eine Vielzahl an Branchen im Angebot.

Die ursprüngliche Motivation bei der Entwicklung eines neuen Geschäftsmodells lag in dem Bestreben, die spezifischen Bedürfnisse der Kundschaft besser zu bedienen und so längerfristige Kooperationsbeziehungen zwischen dem Unternehmen und seinen Kunden zu etablieren. Als aktuelles und zukünftiges Ziel wurde daher festgelegt, die Kundenunternehmen bei ihrem Weg in die digitale Transformation zu begleiten. Das Unternehmen geht vor diesem Hintergrund von massiven Veränderungen aus, auf die die Anwenderunternehmen in der Prozess- und Fertigungsindustrie bislang nicht ausreichend vorbereitet sind. Es prognostiziert auch weiterhin eine Verschiebung in der Bedeutung von Hardware zu Software, für die viele industrielle Kunden und insbesondere KMU auf umfassende Unterstützung angewiesen sind. Die Industrie steht hier – beispielsweise mit der Entwicklung von Software Defined Hardware oder Digitalen Zwillingen – vor disruptiven technologischen Veränderungen, die richtig gemeistert produzierenden Unternehmen Qualitäts- und Kostenvorteile bieten.

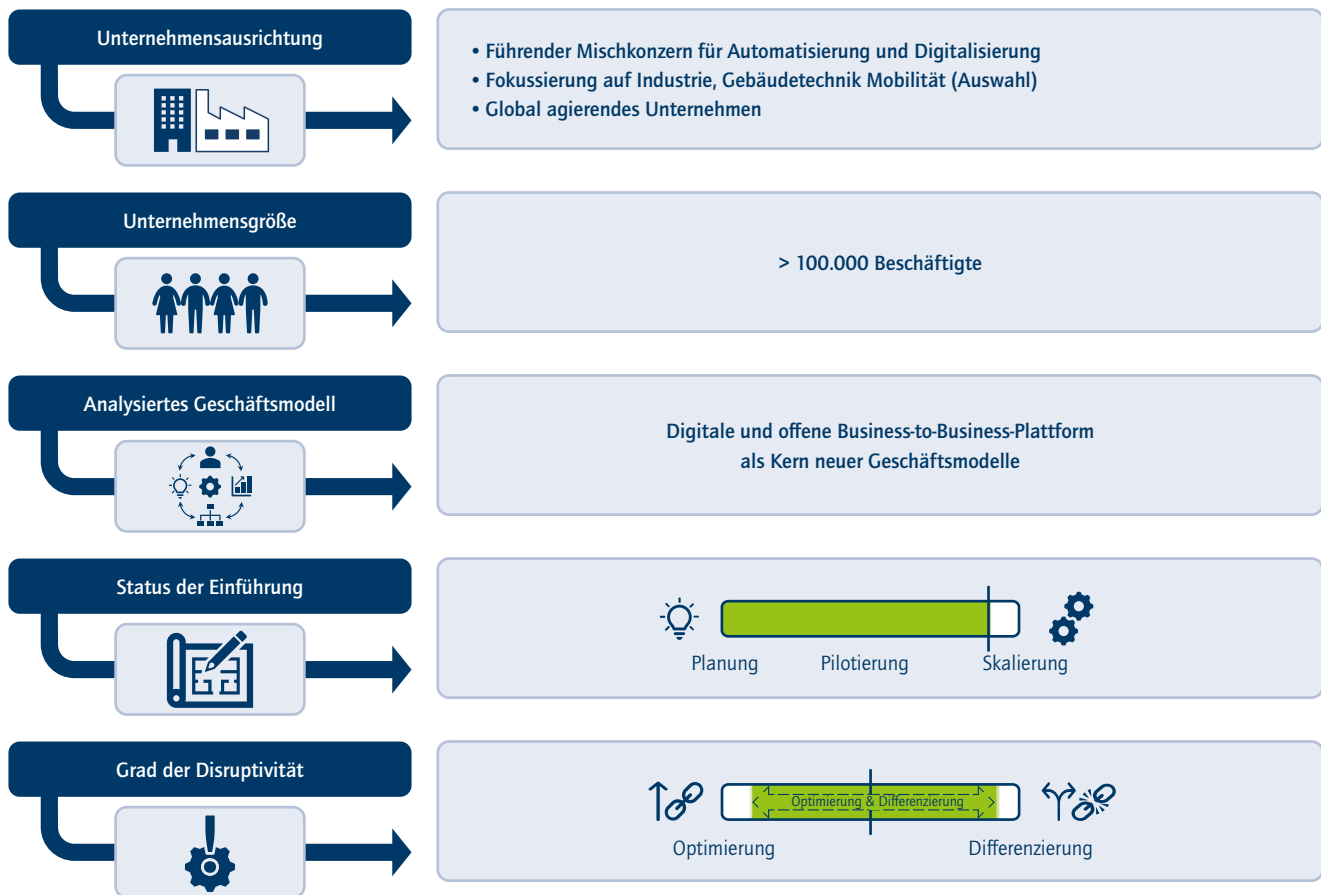
Neben dem technologischen Wandel sieht das Unternehmen aber noch weitere Potenziale, um die vielfältigen Herausforderungen seiner Kunden bewältigen zu können und dafür Lösungen zu entwickeln. So stellt auch der branchenspezifische Fachkräftemangel

gegenwärtig wie künftig ein großes Problem der Anwenderindustrien dar: Expertinnen und Experten für die Nutzbarmachung von Daten wie Data Scientists sind in Anbetracht der immensen Nachfrage rar. Außerdem wirkt sich der demografische Wandel negativ auf die verfügbaren Fachkräfte auf dem sogenannten Shopfloor aus. Eine weitere Herausforderung liegt in spürbaren Verschiebungen auf den globalen Märkten und geopolitischen Spannungen begründet. Diese haben den Kunden des Unternehmens gezeigt, dass die Wertschöpfungsketten in ihrer bisherigen Konfiguration fragiler und somit störanfällig werden. Der Fokus auf Kosten verliert demzufolge vergleichsweise an Bedeutung; stattdessen steigen Resilienzbedarf und Anforderungen zur Produktpersonalisierung. Ein dritter Aspekt, der die Ausgangssituation des Unternehmens verändert, ist die gestiegene Bedeutung von Nachhaltigkeit und der Reduktion des CO₂-Fußabdrucks. Um diese Ziele zu erreichen, sieht das Unternehmen nach wie vor neue Technologien als Mittel der Wahl, was während der Entwicklungsphase zu deren Einbeziehung in das Geschäftsmodell führte. Verzicht oder Reduktion als alleinige Alternativen sind nach dieser Einschätzung vergleichsweise unpopulär, solange eine Modernisierung der Anwenderindustrie das Potenzial bietet, nachhaltige Lösungen ohne Einschränkung für den Endkunden bereitzustellen.

3.3.2 Herausforderungen und Hürden

Das Unternehmen hat die wichtigsten Herausforderungen bei der Etablierung eines neuen Geschäftsmodells bereits bewältigt. Im Zentrum des Modells stehen dabei drei technologische Disruptionen, für die das Unternehmen Lösungen entwickelt hat und nun anbietet. Dazu gehört der Bau von Fabriken, die über eine virtuelle Steuerung verfügen, Geräte und Produkte, bei denen die Software und nicht mehr die Hardware im Vordergrund steht, die also eine virtuelle Basis besitzen, sowie die zunehmende Nutzung Digitaler Zwillinge, die hier nicht als statische Parameter von Maschinen und Anlagen zu verstehen sind, sondern das gesamte Produktionssystem in seiner vollständigen Dynamik virtuell abbilden. Dadurch werden zum Beispiel deutlich weniger reale Prototypen benötigt,

Abbildung 5: Kernfakten zum Use Case 3



Quelle: eigene Darstellung

da sie durch virtuelles Prototyping mit mehr Varianz ersetzt werden können, wodurch sich Kosten, aber insbesondere auch Zeitaufwand sowie Energie- und Ressourcenverbrauch bis zur Markteinführung stark reduzieren lassen.

Zusammengefasst führen diese Entwicklungen zu einer umfassenden digitalen Transformation, in deren Verlauf die Fertigung sowie die gesamte industrielle Wertschöpfung in grundlegend neuen Umgebungen stattfinden werden. Die Kunden des hier betrachteten Unternehmens stehen also vor der Herausforderung, entweder neue Strukturen aufzubauen (Greenfield) oder aber ihre bestehenden Anlagen (Brownfield) entsprechend zukunftsfähig zu gestalten. Das heißt, dass für die bestehenden Anlagen ein Upgrade durchgeführt werden muss, um die Potenziale der digitalen Transformation weitergehend nutzen zu können. Die Komplexität eines Digitalisierungsprojekts erhöht sich jedoch extrem, wenn eine bestehende Anlage für die Erfordernisse einer innovativen Produktionsweise anzupassen ist.

Darüber hinaus galt es das Softwareportfolio des Unternehmens neu aufzustellen, das lange Zeit monolithisch aufgebaut gewesen ist, also in einzelnen großen und zusammenhängenden Anwendungen. Das Angebot wurde in der Vergangenheit daher zunehmend modularisiert und somit flexibilisiert, weil nun Softwaremodule

auch unabhängig voneinander bereitgestellt werden können. So kann das Unternehmen seither stärker personalisiert auf die Bedürfnisse der eigenen Kundschaft eingehen.

3.3.3 Das Geschäftsmodell

Das hier im Fokus stehende Unternehmen hat eine digitale und offene Business-to-Business-Plattform (B2B-Plattform) entwickelt und aufgebaut, die im Folgenden als Kern eines neuen Geschäftsmodells vorgestellt wird. Kunden können Lösungen für eine zügige Digitalisierung ihrer Produktionsprozesse und die Steigerung der eigenen Wertschöpfung erwerben. Auf der Plattform wird ein kuratiertes Portfolio Internet-of-Things-fähiger Hard- und Software vom Unternehmen, aber auch weiterer Drittanbieter angeboten. Dabei wird viel Wert auf Interoperabilität, Flexibilität und die Bereitstellung sogenannter As-a-Service-Angebote gelegt. Es handelt sich also um ein umfassendes Konzept, das einen Marktplatz- und Ökosystemansatz umsetzt. Damit geht es über den Einzelfall eines neuen Geschäftsmodells – für ein spezifisches Produkt oder eine spezifische Dienstleistung – hinaus, da es verschiedene Lösungen und darauf aufbauender Geschäftsaktivitäten- und -modelle für eine Vielzahl von Ökosystemakteuren ermöglicht.

Nutzenversprechen

Mit den verschiedenen auf der Plattform angebotenen Leistungen variiert auch der jeweilige Kundennutzen im Kontext der Beschleunigung und Vereinfachung der digitalen Transformation. Allgemein lässt sich jedoch festhalten, dass die Produkte und Services der Plattform darauf abzielen, konkrete Geschäftsprobleme spezifisch auf den Kunden abgestimmt zu lösen beziehungsweise Effizienzgewinne durch digitale Lösungen, vor allem Simulationen und industriell nutzbare KI-Anwendungen zu erreichen. Gleichzeitig gilt es auch, regionale oder nationale Regulierung und Gesetzgebung zum Sammeln von Daten an verschiedenen Standorten auf der Welt zu berücksichtigen. Aus diesem Grund sollen eine Vielfalt und Interoperabilität der Angebote gegeben sein. Von großer Bedeutung ist dabei, dass die angebotenen Leistungen stets hochautomatisiert und im As-a-Service-Modus verfügbar sind. Das heißt, Kunden, insbesondere KMU, erhalten das Angebot als (Dienst-) Leistung, ohne selbst zusätzliche Ressourcen für eine eigene IT-Abteilung oder eigenes Fachpersonal aufbringen zu müssen. Darüber hinaus müssen alle Angebote der Plattform die nötigen Anforderungen an die Cybersicherheit erfüllen. Aus Unternehmenssicht zu berücksichtigen war zudem, dass der Nutzen für den Kunden stets transparent sein und bestmöglich vermittelt werden sollte.

Architektur der Wertschöpfung

Über eine Webseite bietet die Plattform des Unternehmens Zugang zu Hardware, Software und Dienstleistungen, die je nach Geschäftsziel recherchiert und erworben beziehungsweise beauftragt werden können. Darüber hinaus können Interessierte spezifisch nach Themen (zum Beispiel Additive Fertigung, Künstliche Intelligenz, Asset Management) und Branchen suchen. Außerdem sind die Angebote gegliedert nach Application Programming Interface (API), Produkt, Dienstleistung und Lösung sowie nach Typ (Beratung, Hardware, Software und Schulung). Wird ein bestimmtes Angebot ausgewählt, erscheinen im Überblick Informationen zur Funktionalität, zu den Vorteilen und zu den Voraussetzungen des Angebots. Außerdem kann man so mit dem jeweiligen Anbieter in Kontakt treten.

Die kuratierten Partner des Unternehmens sind ein wichtiger Bestandteil in der Wertschöpfungsarchitektur des hier vorgestellten Geschäftsmodells. Das Unternehmen wirbt intensiv, um Drittanbieter weiterer Leistungen neben den eigenen Angeboten auf der Plattform zu integrieren. Die Anzahl der Anbieter wächst stetig; derzeit haben mehr als 150 Drittanbieter mindestens ein Angebot auf der Plattform eingestellt. Auch ein großes Unternehmen kann nicht alleine für sämtliche Kundenbedarfe Lösungen entwickeln und anbieten. Das Netzwerk der Plattform mit einer Vielzahl von Anbietern ist dafür entscheidend. Nach Erfahrung des Unternehmens ist die durch die Plattform mögliche Geschwindigkeit bei der praktischen Umsetzung der digitalen Transformation für seine Kunden von größerer Bedeutung als die Vorteile einer Lösung aus einer Hand. Ein weiterer integraler Bestandteil der Plattform ist schließlich auf das sogenannte Community-Building hin ausgerichtet: Hier werden verschiedene Formate wie Blogs, Podcasts und Schulungen

zu Herausforderungen und Lösungen der digitalen Transformation angeboten.

Erlösmodell

Die auf dem Online-Marktplatz angebotene Software bündelt das Unternehmen zunehmend in sogenannten Application Suites – das sind zusammenhängende Applikationen, die gemeinsam genutzt werden, um technische oder Geschäftsprozesse in der Industrie zu unterstützen. Die Möglichkeit, einzelne Anwendungen oder Module unabhängig voneinander zu verwenden oder nach Bedarf zu kombinieren, führt zu einer flexibleren Preisgestaltung und ist für den Kunden günstiger als der Kauf mehrerer separater Softwarelösungen. Zudem geht das Unternehmen weg von der klassischen Produktlogik und bietet seine Software über Mietverträge an. Erlösmodelle, die erfolgs- oder ergebnisorientiert sind, bilden derzeit noch die Ausnahme, werden aber bereits im Bereich Energie – zum Beispiel bei Lösungen zur Senkung des Energieverbrauchs – angeboten. Modelle mit Durchsatzbeteiligung an der Produktion des Anwenders sind noch in der Entwicklung. Die Herausforderungen liegen hier insbesondere in der Komplexität der rechtlichen Aspekte begründet.

Das Prinzip, Daten gegen Geld zu kaufen beziehungsweise zu verkaufen, beurteilt das Unternehmen hingegen als wenig zukunftsweisend, da entsprechende Versuche im Bereich der Industrie bislang kaum erfolgreich waren. Vielmehr soll die datenbasierte Wertschöpfung über das Teilen von Daten erfolgen beziehungsweise einem Wertversprechen, von dem die verschiedenen Partner gleichermaßen profitieren können (mehrseitiges Plattform-Geschäftsmodell). Um zum Beispiel KI-Anwendungen für den Einsatz im industriellen Sektor zu trainieren, sollten die Trainingsdaten optimalerweise dem gesamten Wertschöpfungsnetzwerk entstammen, sodass am Ende möglichst passgenaue Lösungen entwickelt werden können, die sowohl dem Unternehmen als auch der Anwenderindustrie nutzen. Initiativen wie *Manufacturing-X* und *Catena-X* können dabei unterstützen.

3.3.4 Einführung und Umsetzungsgrad

Der Plattform-Marktplatz des hier betrachteten Unternehmens wurde im Jahr 2022 eröffnet; seitdem wurden das Produkt- und Leistungsangebot sowie das Partnernetzwerk stetig erweitert. Insofern haben das Unternehmen, aber auch die Plattformpartner das neue Geschäftsmodell in ihrer Wertschöpfungsstruktur und den entsprechenden Prozessen etabliert. Das Unternehmen betrachtet die Entwicklung des Modells jedoch noch nicht als abgeschlossen, sondern möchte das Angebot weiterhin verbessern und ausbauen. Ziel ist so beispielsweise, bisher noch disjunkte Systeme synchron in Echtzeit zu optimieren. Zudem wird an einer Verbesserung der Simulationsqualität sowie an holistischen Optimierungssystemen im virtuellen Raum gearbeitet. Die Technologien und Prozesse dafür stehen grundsätzlich bereits zur Verfügung, sie sind aber noch nicht für die volle Breite des Anwendungsmarkts spezifiziert. Hemmnisse bestehen vor allem noch bei der Konnektivität, der Datenintegration und mangelnder Interoperabilität. Der Weg, dies zu erreichen, ist

bereits klar definiert, die Umsetzung muss also noch erfolgen und es bestehen des weiteren Herausforderungen wie die verfügbare Rechenleistung. Darüber hinaus bedarf es in einigen Bereichen wie in der Pharmaprozess-technik weiterer Modularisierung, um einen höheren Detailgrad zu erreichen. Perspektivisch können Anlagen außerdem im Ganzen virtuell optimiert und real angepasst werden. Und auch wenn das Unternehmen Cybersecurity bei der bisherigen Umsetzung seines innovativen Geschäftsmodells bereits im Fokus hat, wird diese Herausforderung bleiben und eine stetige Weiterentwicklung der eigenen Sicherheitsmaßnahmen erfordern.

Das Unternehmen sieht bereits heute durch das neue Geschäftsmodell einen überlegenen Kundennutzen im Sinne von Effizienz, Ressourcen- und Geschwindigkeitsvorteilen bei der digitalen Transformation verwirklicht. Zum Beispiel können Digitale Zwillinge, lange bevor die realen Maschinen beim Kunden sind, bereits zur Optimierung und Verbesserung der Inbetriebnahmezeiten verwendet werden. Außerdem können Tests im virtuellen Modell deutliche höhere Anforderungen stellen, da beim digitalen Abbild kein Schaden entstehen kann.

3.3.5 Grad der Disruptivität

Das Unternehmen hat einen bimodalen Ansatz zur Entwicklung seines innovativen Geschäftsmodells gewählt. Zum einen besteht dieser Ansatz in der Optimierung bestehender Produkte und Produkt-Service-Systeme. Wie oben beschrieben werden unter anderem über Digitalisierung, Modularisierung sowie softwarebasierte Produkte und Services bestehende Konzepte und Vorgänge weiterentwickelt und verhelfen den Anwendern mit Lösungen wie dem digitalen Zwilling zu neuen Möglichkeiten. Zum anderen verfolgt das Unternehmen einen disruptiven Ansatz, indem es über seine Plattform verschiedene Akteure zu einem erfolgreichen Wertschöpfungsnetzwerk verbindet. Auf Basis des Online-Marktplatzes entsteht so ein dynamisches und flexibles Ökosystem, dessen interope-

ralen Produkte und Services ein neues und umfassendes Angebot ergeben, das einzelne Anbieter auch in Summe so nicht stellen könnten. Das Ökosystem ermöglicht darüber hinaus der Plattform-Community den Austausch und das Kennenlernen verschiedenster kuratierter Akteure. Auch darüber wird ein neuer Kundennutzen geschaffen. Zudem trägt das Format zu mehr Angebotstransparenz bei. Insgesamt hebt sich das Unternehmen damit von anderen Lösungsanbietern in der Industrie ab.

3.3.6 Weitere Erfolgsdimensionen

Auf dem Online-Marktplatz können bereits Produkte und Services gekauft werden; der ökonomische Erfolg des neuen Geschäftsmodells erstreckt sich jedoch nicht bloß auf solche Unternehmensumsätze: Das Partnernetzwerk ermöglicht einen Grad an Angebotsindividualisierung beziehungsweise -personalisierung für die Kundschaft, den das Unternehmen alleine nicht erreichen könnte. Die angebotenen Produkte und Leistungen können also besser an verschiedene Kundenbedarfe angepasst werden, was die Wertschöpfung und die Zukunftsfähigkeit sowohl des Unternehmens als auch die der anderen Anbieter und der Anwenderindustrie fördert und somit zur ökonomischen Nachhaltigkeit des gesamten Ökosystems beiträgt. Außerdem bietet das Wachstum des Partnernetzwerks auf der Plattform Skalierungspotenziale für das Ökosystem, die ein einzelnes Unternehmen nicht schaffen könnte. So haben Anbieter beispielsweise die Möglichkeit, sehr spezifische Lösungen oder auch Lösungen im Verbund mit anderen Anbietern zu vertreiben. Durch die Interoperabilität der angebotenen Leistungen erhöht sich darüber hinaus die Attraktivität für die Kunden, diese nicht als proprietäre Lösungen zu beschaffen. Gleichzeitig bietet der Online-Marktplatz für das Unternehmen die Chance, eine größere Kundenbindung zu erreichen.

Neben der ökonomischen Erfolgsdimension trägt das neue Geschäftsmodell aber auch zur ökologischen Nachhaltigkeit bei. So

Tabelle 3: Übersicht zum Wertschöpfungsnetzwerk für Use Case 3

Akteur im Netzwerk	Lösung/Umsetzung	Ökonomischer Nutzen	Weitere Erfolgsdimensionen
Mischkonzern für Automatisierung und Digitalisierung	Etablierung einer B2B-Plattform; Angebot eines kuratierten Portfolios von IoT-fähiger Hardware und Software	Langfristiger Partner für Kunden zur digitalen Transformation; Effizienzgewinne durch Angebots- und Produktindividualisierung; Skalierung des Angebots durch Drittanbieter	Transparenz des Kundennutzens angebotener Produkte und Leistungen
Drittanbieter von Lösungen auf B2B-Plattform	Nutzung der Plattform für Vertrieb von IoT-fähiger Hardware und Software	Erweiterung des Marktzugangs	Interoperabilität der angebotenen Produkte und Leistungen
Produzierendes Unternehmen	Bedarfsgerechte Auswahl und Anwendung von Produkten und Leistungen	Beschleunigung und Kostenreduktion für Industrie 4.0 Umsetzung; hoch-automatisierte Lösungen As-a-Service, Verbesserung der Wertschöpfung	Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit; Transparenz der Datennutzung; Einbindung und Austausch in Plattform-Community

sind über die Plattform verschiedene Lösungen für eine Reduktion des Energieverbrauchs in der industriellen Fertigung verfügbar. Hinsichtlich der technologischen Souveränität stellte das Unternehmen klar, welche Daten erhoben und verarbeitet werden und wo diese gespeichert werden. Das Unternehmen legt hierbei großen Wert auf Transparenz.

3.4 Use Case 4: Mittelständischer Maschinen- und Anlagenbauer für ProfilmBearbeitungslinien

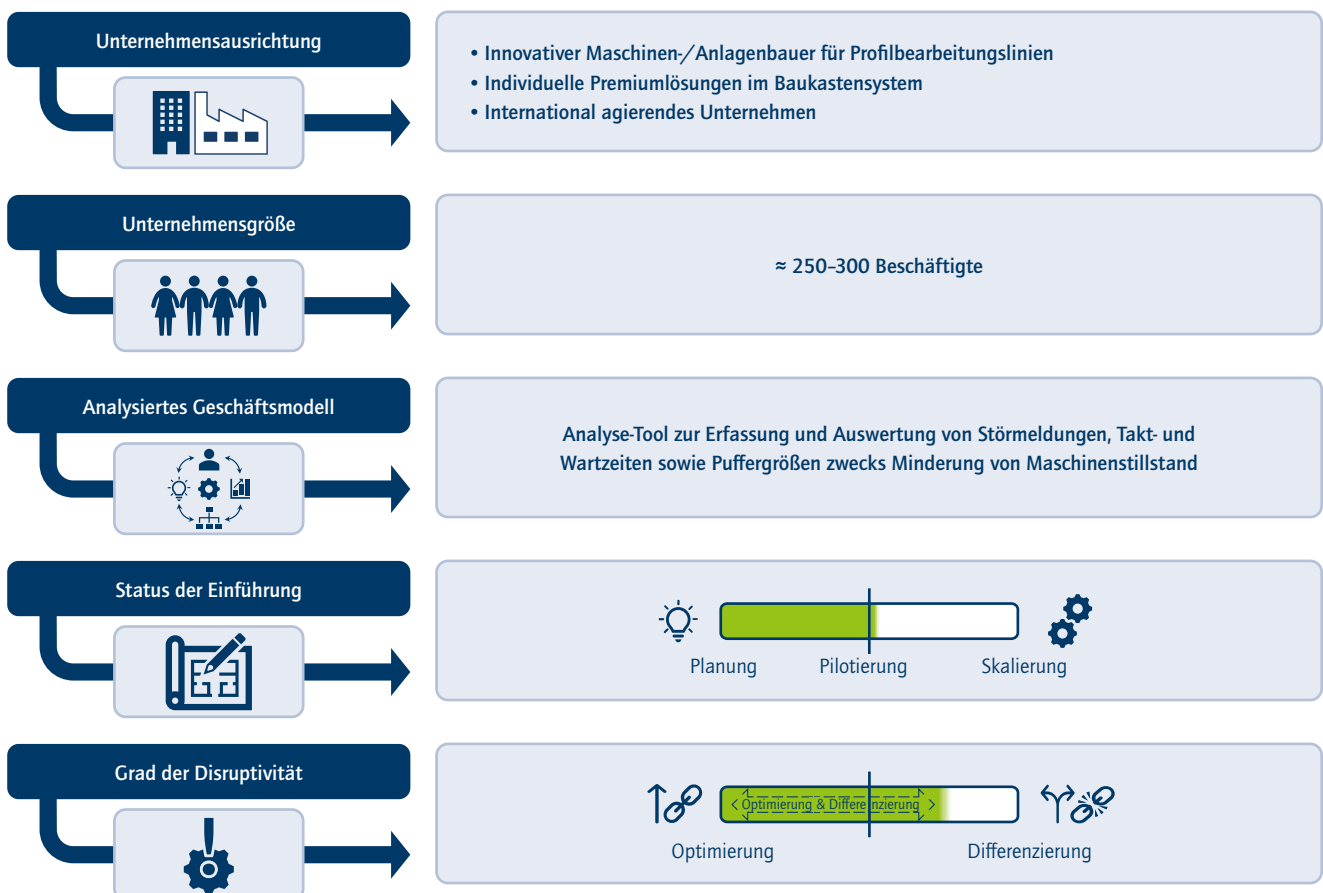
3.4.1 Ausgangssituation und Motivation

Das nachfolgend näher betrachtete Unternehmen ist ein Maschinen- und Anlagenbauer für ProfilmBearbeitungslinien – beispielsweise für Fenster und Türen. Hierfür entwickelt es Maschinen und Module im Baukastensystem, die kundenindividuelle Anpassungen und innovative Lösungen im Premiumsegment ermöglichen. Die Maschinen sind entsprechend hochgradig automatisiert und flexibel. Das Unternehmen verfügt über 250 bis 300 Mitarbeitende und ein internationales Vertriebsnetz. Der weltweit generierte Jahresumsatz liegt bei circa 80 Millionen Euro. Organisatorisch ist das Unternehmen Teil einer Unternehmensgruppe, die Automati-

sierungstechnik für den Maschinen- und Anlagenbau entwickelt, herstellt und vertreibt. Aus dieser Gruppe erhält das Unternehmen einerseits innovative Technologien und kann andererseits damit Neuheiten für die Unternehmensgruppe an den eigenen Anlagen der Kundschaft präsentieren.

Bereits das etablierte Leistungsangebot des Unternehmens sah die Möglichkeit vor, die Betriebsdaten des Anwenders zu erfassen und in der Produktion zu verwenden. So konnte etwa die Verwaltung der Aufträge oder des Materials datenbasiert gehandhabt werden. Ziel des Unternehmens war es nun, Maschinendaten darüber hinaus auch aus dem laufenden Betrieb zu erheben, um Schwächen und Verbesserungsmöglichkeiten im Fertigungsprozess des Anwenders unter realen Bedingungen identifizieren zu können. Eine manuelle Analyse durch Personen dazu ist voraussetzungsreich und zudem oft nicht vollständig möglich, sodass beispielsweise unklar bleibt, ob mögliche Schwächen auf die Konfiguration der Maschine oder der Software, eine fehlerhafte Bedienung oder die Logistik des Anwenders zurückzuführen sind. Die persönliche Suche nach Fehlern und Optimierungsbedarf ist zudem wenig effizient, da sie einen (oft mehrtägigen) Besuch vor Ort beim Kunden erfordert und außerdem von der Erfahrung des Servicetechnikpersonals abhängig ist.

Abbildung 6: Kernfakten zum Use Case 4



Zur Steigerung der Analysefähigkeiten wurde daher ein spezifisches Tool entwickelt, um Parameter wie Störmeldungen, Takt- und Wartezeiten oder Puffergrößen zu erfassen und auszuwerten. Konkret sollte die Entwicklung die Funktionalität der Maschine in der Anwendung transparenter und verständlicher machen und außerdem zu einer realen Kostenersparnis für die Kundschaft führen. So geben automatisierte Störmeldungen und die automatische Dokumentation von Wartezeiten präzise Hinweise zur Reduzierung von Maschinenstillständen. Dabei werden im sogenannten Closed Loop die Ausgangsparameter eines Fertigungsprozesses kontinuierlich überwacht und mit der Sollgröße verglichen, um entsprechende Abweichungen frühzeitig zu erkennen und minimieren zu können.

3.4.2 Herausforderungen und Hürden

Die Entwicklung des Tools, das für die systematische Erfassung und Auswertung konzipiert worden ist und den Kern des innovativen Geschäftsmodells darstellt, war trotz vorhandenen Fachwissens im Unternehmen mit erheblichem Zeitaufwand verbunden. Die Maschinen des Unternehmens müssen aufgrund hoher Leistungsanforderungen im Betrieb des jeweiligen Anwenders technisch enorm komplex konstruiert sein. Die Produktionsabläufe unterscheiden sich zudem in den Taktzeiten der jeweiligen Teile, da die Endprodukte in Größe und Design stärker als in anderen Branchen variieren. Aus diesem Grund muss jedes Produkt individuell mit einer optimierten Materialauswahl und in einer speziellen Reihenfolge hergestellt werden. All das erschwerte die Entwicklung und Implementierung der systematischen Datenanalyse zur Optimierung.

Neben der Bewältigung der technologischen Herausforderungen galt es im Rahmen eines Change-Managements zudem einen organisationalen Wandel zu vollziehen. Bei Teilen der Belegschaft der Inbetriebnahme und der Servicetechnik, die gewohnt sind, Schwächen und Optimierungsmöglichkeiten aufgrund persönlicher Erfahrung zu identifizieren, stieß das Vorhaben zunächst auf Bedenken. Um diese auszuräumen, mussten die Notwendigkeiten und die Vorteile der Umstellung vermittelt werden. Des Weiteren führen der Druck des Tagesgeschäfts und kurzfristige Effizienzerfordernisse – insbesondere bei KMU – dazu, dass Kunden auf eine Optimierung bestehender Fertigungsprozesse und der Resilienz ihrer Maschinen setzen, anstatt in innovative Industrie 4.0-Lösungen zu investieren. Die Zahlungsbereitschaft für eine Nutzung des zusätzlichen Tools scheint zunächst also gering zu sein, da der tatsächliche Mehrwert nur schwer transparent zu vermitteln ist. Darüber hinaus müssen perspektivisch Fragen des Datenschutzes geklärt werden; indirekte Möglichkeiten der Datenauswertung könnten so etwa Rückschlüsse über personenspezifische Aktivitäten – zum Beispiel falsche Materialauflage durch eine bestimmbare Person – erlauben und daher Vorbehalte der Mitbestimmungsgremien hervorrufen.

Das Unternehmen hat gleichwohl die Absicht, auf Basis des Tools zur systematischen Maschinendatenerfassung insbesondere die Inbetriebnahme und die Gewährleistungsphase sowie den späteren Service auf Kundennachfrage zu verbessern und mittelfristig darü-

ber hinaus auch eine permanente Optimierungsfunktion auf Grundlage fortlaufender Datenauswertung anzubieten. Dem Unternehmen fehlt es hierfür jedoch an geeigneten Fachkräften, die auf dem Arbeitsmarkt derzeit nicht in ausreichendem Maße verfügbar sind. Des Weiteren könnten im Zuge der Implementierung eines neuen beziehungsweise erweiterten Geschäftsmodells dem Kunden künftig sämtliche Maschinendaten zur Verfügung gestellt werden. Hier bestehen bislang jedoch noch Bedenken, ob ein solches Angebot beim Kunden das Bedürfnis wecken könnte, die Maschinennutzung mit einem unverhältnismäßigen Aufwand für das hier vorgestellte Unternehmen perfektionieren zu wollen.

3.4.3 Das Geschäftsmodell

Im Rahmen des neuen Geschäftsmodells liefert das Unternehmen zunächst seine Maschinen an den Kunden aus. Nach der Installation und dem Hochfahren werden Leistungstests durchgeführt, woraufhin im Regelfall die Abnahme durch den Kunden erfolgt. Während der Gewährleistungsphase kümmert sich das Unternehmen bei etwaigen Störungen um die Nachjustierung der Maschine. Da das Unternehmen Wert auf Kundenzufriedenheit und Kundenbindung legt, ist gegebenenfalls auch eine nachträgliche Optimierung auf Unternehmenskosten und nach Kulanzentscheidung möglich. Das Unternehmen verbessert auf Grundlage des neuen Diagnose-Tools die Leistung der betreffenden Maschine, indem es über die systematische Analyse von Maschinendaten aus der Anwendung, die Produktion der Maschine optimieren und damit eine hohe Verfügbarkeit besser und transparenter gewährleisten kann.

Nutzenversprechen

Das Nutzenversprechen des innovativen, datengetriebenen Analysetools umfasst die Gewährleistung einer hohen und vorab bestimmten technischen Verfügbarkeit der betreffenden Produktionsmaschine im Betrieb und die Möglichkeit, die Maschine darüber hinaus noch zu optimieren. Diese Vereinbarung zwischen Unternehmen und Kunden ist im Grundsatz zwar nicht neu und gilt im Kundengeschäft des Unternehmens auch unabhängig von der Nutzung des Tools zur Auswertung von Maschinendaten. Auf Basis des Tools wird es nun aber trotz der hohen Komplexität der ausgelieferten Maschinen möglich, die Verfügbarkeit auch objektiv nachzuweisen. Außerdem erhöht sich so die Wahrscheinlichkeit, die Verfügbarkeit zu steigern, weil Schwachstellen effizienter erkannt und beseitigt werden können. Und bereits bei kleineren Steigerungen der Verfügbarkeit können Kunden einen signifikanten zusätzlichen monetären Nutzen erzielen. In der Branche des Unternehmens sind Kunden außerdem auf einen guten Service des Herstellers angewiesen, da sie selbst meist nicht über die nötigen Ressourcen verfügen, um die Maschinen professionell instand zu halten. Der Kundennutzen kann nun stärker datenbasiert, analytisch präziser und somit auch effizienter geleistet und dargelegt werden. Diskussionen diesbezüglich müssen nicht mehr „aus dem Bauch heraus“ stattfinden.

Architektur der Wertschöpfung

Die interne Wertschöpfung erfolgt über Entwicklung, Verkauf, Installation und Inbetriebnahme der Maschine. Die wesentliche Veränderung bei der Leistungserbringung liegt in der Remote-Fähigkeit des innovativen Analysetools begründet, sodass Maschinen und Services nun auch vom Standort des Unternehmens aus optimiert werden können. So lassen sich zum Beispiel Kosten für mehrtägige Auslandsreisen reduzieren und die Arbeitskapazität der Beschäftigten im Service für andere Aufgaben nutzen.

Die Wertschöpfung des neuen Geschäftsmodells leistet das Unternehmen selbst und zunächst einmal ohne Kollaborationen. Die Entwicklung des Analysetools fand jedoch in Zusammenarbeit mit einem größeren Partner aus der Unternehmensgruppe statt, der insbesondere für Automatisierungstechnologien zuständig ist. Durch die Zusammenarbeit konnte das Unternehmen das Fachwissen des Partnerunternehmens nutzen. Die Kooperation ist auch für den Partner von Vorteil, da die Anwendung des Analysetools beim Kunden Rückmeldungen über eine etwaige Störanfälligkeit von Technologiekomponenten ermöglicht und somit Optimierungspotenziale öffnet. Das Unternehmen kann in einem solchen Fall auch gemeinsam mit dem Service des größeren Partners an der Optimierung der betreffenden Produktionsanlage arbeiten. Zudem fungiert das Unternehmen für die Unternehmensgruppe als Qualitätsmarker nach innen und außen, indem es die Funktionalität und Praxiseignung ihrer innovativen Technologie, ihres Servicekonzepts und ihres Geschäftsmodells nachweist.

Erlösmodell

Das Unternehmen erzielt seine Erlöse auch weiterhin mit dem Verkauf von Maschinen für die Anwenderindustrie zu einer Mindestverfügbarkeit von zum Beispiel 94 Prozent und hat sein Erlösmodell dementsprechend nicht angepasst. Auf Basis des neuen Analysetools sind jedoch weitere Services mit einem weiter ausdifferenzierten Erlösmodell denkbar, wie der folgende Abschnitt zeigt.

3.4.4 Einführung und Umsetzungsgrad

Eine rudimentäre Vorgängerversion des innovativen Analysetools hatte der Partner aus der Unternehmensgruppe bereits 2010 auf den Markt gebracht, die Weiterentwicklung des Tools für die Bedarfe des Unternehmens erfolgte zu einem späteren Zeitpunkt. Dabei konzipierte die Softwareentwicklungsabteilung des Partners zunächst eine Testsoftware; erste Tests der Software im Hardwareumfeld führte das Unternehmen bei einer kleinen Maschine im Zuge der Inbetriebnahme im eigenen Haus durch. Neben einer Remote-Analyse der Maschinendaten wurden im weiteren Verlauf außerdem zusätzliche Funktionen wie der Zugriff auf historische Anlagedaten entwickelt. Darüber hinaus bestand Entwicklungsbedarf für eine möglichst schnelle Datenanalyse, um Verfügbarkeitssteigerung und Optimierung der Maschine auch im realen Betrieb

praxisgerecht gewährleisten zu können. Auch hier unterstützte das Produktmanagement des Unternehmenspartners.

Bislang wurde die neue Lösung an Testkunden ausgeliefert und entsprechend implementiert, aber noch nicht vollständig als neues Angebot für alle Kunden ausgerollt. Zwischen dem Unternehmen und seinen Testkunden bestehen eine regionale Verbundenheit und ein Vertrauensverhältnis, das aus vergangenen Projekten resultiert. Dabei profitiert das Unternehmen von der Möglichkeit, die Anwendung des Tools – also die digitale Auswertung von Maschinendaten – zunächst testen zu können, ohne dass der betreffende Kunde bereits Ansprüche auf eine Optimierung der von ihm erworbenen Fertigungsmaschine geltend machen würde. Der Anwender hat gleichwohl den Vorteil einer kostenlosen Nutzung des Diagnosetools und kann genau wie der Anbieter aus den Erfahrungen des Testbetriebs lernen.

Perspektivisch wird das Tool voraussichtlich als Grundlage für weitere innovative Leistungen dienen. So lassen sich künftig wohl Energieverbräuche oder Daten zur Pneumatik dokumentieren und auswerten, um die Funktionalität der Maschine weiter zu optimieren. Eine entsprechende Ergänzung der Sensorik ermöglicht zudem die sogenannte Predictive Maintenance – also die vorausschauende Wartung der betreffenden Maschine mit dem Ziel, Stillstandzeiten zu reduzieren sowie ungeplanten Stillstand aufgrund vorhersehbarer Funktionsausfälle und Verschleißes zu vermeiden. Das Unternehmen sieht bei der Gestaltung seines Geschäftsmodells hier jedoch momentan keine Priorität, da es die entsprechende Nachfrage in seiner Domäne als gering einschätzt. Darüber hinaus wirft die Planung weiterer Angebote Fragen auf, die sich heute noch nicht hinreichend beantworten lassen: Beispielsweise ist bislang unklar, inwiefern das Angebot digitaler Servicetechnik ausreicht oder ob größerer Betreuungsaufwand besteht, also gezielte Schulungen des Anwenders durch das Unternehmen notwendig wären.

3.4.5 Grad der Disruptivität

Das Unternehmen verfolgt mit dem innovativen Geschäftsmodell eine Optimierung des bisherigen Produktverkaufsgeschäfts. Das Nutzenversprechen, Fertigungsmaschinen mit einer hohen Verfügbarkeit anzubieten, bleibt dabei bestehen; es wird im Rahmen des neuen Angebots aber nun transparenter, digital und datenbasiert, also effizienter und effektiver erfüllt, da die Daten aus der Maschinennutzung eine genauere und objektive Analyse ermöglichen. Das Unternehmen versucht, seine Geschäftstätigkeit über dieses neue Qualitätsniveau im Wettbewerb zu differenzieren, ohne deswegen zusätzliche Erlöse und Profite fest einzukalkulieren. Die Zusammenarbeit mit den Partnern aus der Unternehmensgruppe, die einzelne Komponenten der Maschinen zuliefern, bleibt zunächst weitgehend unverändert. Perspektivisch sind jedoch auch hier datenbasierte Innovationen möglich, falls Komponenten und Kooperationsgrundlagen ein entsprechendes Optimierungspotenzial besitzen.

Tabelle 4: Übersicht zum Wertschöpfungsnetzwerk für Use Case 4

Akteur im Netzwerk	Lösung-/Umsetzung	Ökonomischer Nutzen	Weitere Erfolgsdimensionen
Mittelständischer Maschinen- und Anlagenbauer	Tool zur Steigerung der Analysefähigkeiten von Maschinen	Differenzierung am Markt durch Qualität; Reduktion der Reisekosten für Vor-Ort-Service	Transparenz der objektiven Maschinenverfügbarkeit; effektive Analyse von Schwachstellen in der Maschinenfunktionalität
Partner aus Unternehmensgruppe für Automatisierungstechnik	Gemeinsame Entwicklung des Tools mit Maschinen- und Anlagenbauer	Demonstration und Qualitätsnachweis eigener Lösungen in der Praxis beim Anwender	Potenzielle Verbesserung eigener Komponenten für mehr Resilienz
Produzierendes Unternehmen	Datenbasierte Optimierung der Maschinen	Gewährleistung hoher Maschinenverfügbarkeit; geringerer Kosten- und Zeitaufwand für Instandhaltung	Nachhaltigkeit durch Energie- und Ressourceneffizienz

3.4.6 Weitere Erfolgsdimensionen

Das primäre Ziel des Unternehmens war nicht, durch Innovation ein komplett neues Leistungsangebot zu schaffen, das gesondert und direkt vom Kunden zu bezahlen ist. Doch auch wenn bislang noch keine zusätzlichen Umsätze generiert wurden, geht das Unternehmen davon aus, dass sich durch den datenbasierten Service die Leistung verbessert und damit auch längerfristig ökonomisch rentabel ist. Darüber hinaus sind weitere Gewinn- und Profitpotenziale perspektivisch durch Dienstleistungen möglich, die auf dem Analyse-Tool aufbauen.

Abgesehen von den ökonomischen Erfolgskriterien kann das Geschäftsmodell einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten. So ermöglicht das digitale Analysetool, den Ausschuss der Maschine zu mindern und damit den Materialverbrauch zu reduzieren. Perspektivisch kann zudem der Energieverbrauch in der Produktion gesenkt werden. Des Weiteren entfallen aufgrund der Remote-Funktionalität des Tools Reiseaktivitäten des Personals für den Vor-Ort-Service, was sich positiv auf den CO₂-Fußabdruck des Unternehmens auswirkt. Neben der Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit führt die Remote-Funktionalität darüber hinaus auch zur Entlastung der betreffenden Beschäftigten in der Servicetechnik und trägt somit zur sozialen Nachhaltigkeit im Unternehmen bei. Andererseits können die neuen Arbeitsbedingungen auch zu Bedenken in der Belegschaft führen, die adressiert und ausgeräumt werden müssen. Gleiches gilt für die Beschäftigten auf dem Shopfloor der Anwenderindustrie. Es bedarf eines sensiblen Vorgehens, damit die umfassende, digitale Analyse von Maschinendaten als Schritt zur Verbesserung der Produktion und der Arbeitsweise bewertet werden. Es gilt den Eindruck zu vermeiden, dass hier potenziell ein Instrument zur Leistungskontrolle gegen die Interessen der Beschäftigten implementiert werden soll.

3.5 Use Case 5: Familiengeführtes Traditionsunternehmen mit breitem, vernetztem Automatisierungstechnikportfolio

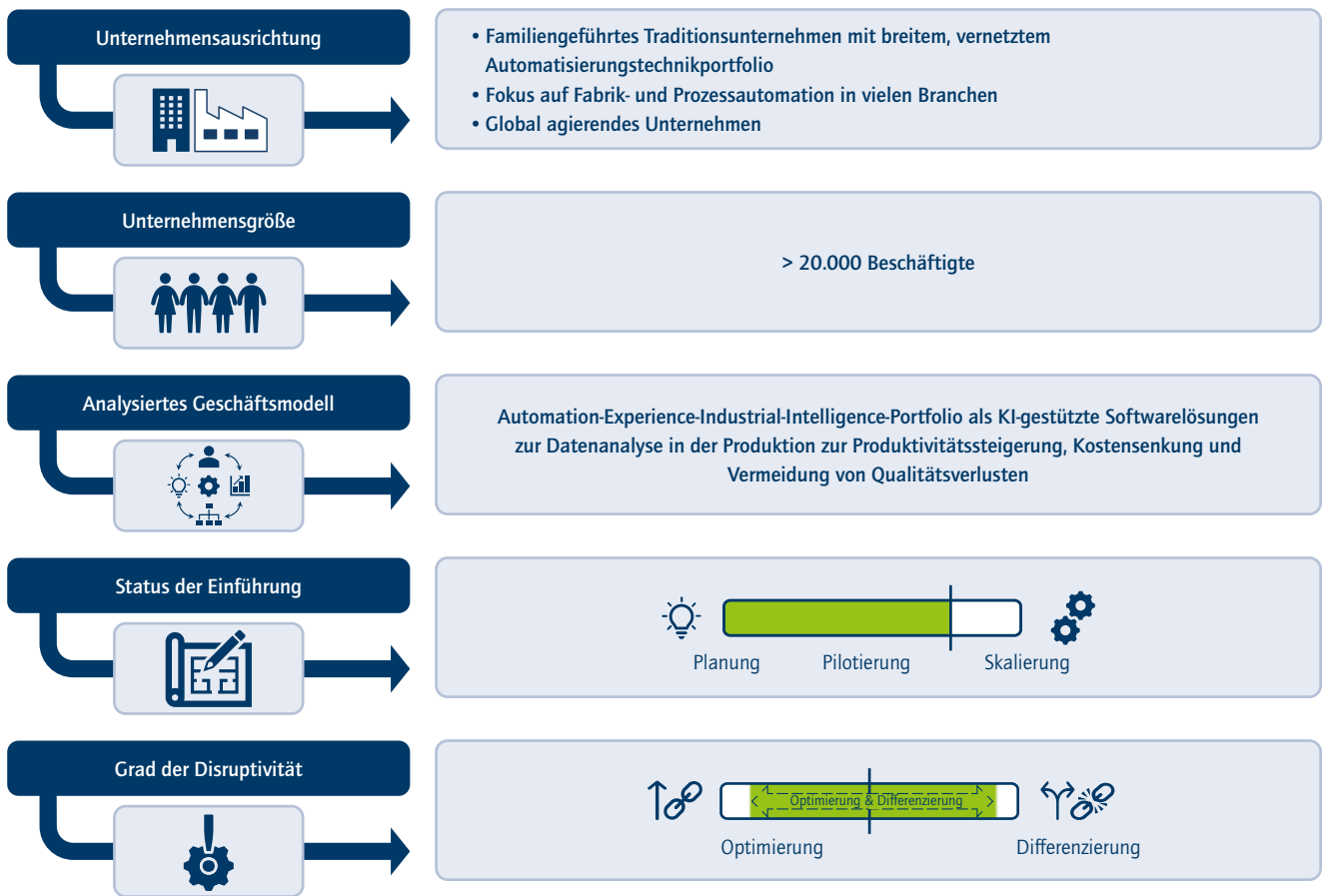
3.5.1 Ausgangssituation und Motivation

Das seit 100 Jahren bestehende Unternehmen entwickelt und produziert Lösungen für die Automatisierung und die technische Bildung. Mit einem breiten und vernetzten Portfolio für Automatisierungstechnik werden Bewegungsaufgaben in der Fabrik- und Prozessautomation in einer Vielzahl von Branchen realisiert. Das Unternehmen bezeichnet sich als unabhängiges und verantwortliches Familienunternehmen, das gleichzeitig ein Global Player mit Gesellschaften in rund 60 Ländern ist und über 20.000 Mitarbeitende beschäftigt. Mit einem Forschungs- und Entwicklungsanteil von über 7 Prozent des Umsatzes gehört es zu den forschungsstarken Unternehmen.

Das hier betrachtete Unternehmen verfügt über eine Business Unit „Digital Business“ für digitale Geschäftsmodelle und komplementiert mit Software sein Portfolio als Automatisierungslösungsanbieter. Da Kunden in den Anwenderindustrien neben klassischen Komponenten wie pneumatischer, servopneumatischer und elektrischer Automatisierungstechnik auch die entsprechende Software und somit zunehmend ganzheitliche Lösungen erwarten, verfolgt das Unternehmen eine innovative Differenzierungsstrategie: Es kombiniert das traditionell gewachsene Domänenwissen für die Anwenderbranchen mit innovationsförderlichen Software-, IT- und KI-Kompetenzen. Ein zentrales Angebot in diesem Bereich ist das sogenannte AX-Industrial-Intelligence-Portfolio, wobei „AX“ für „Automation Experience“ steht. Dabei handelt es sich um KI-gestützte Softwarelösungen zur Analyse in der Produktion, die Maschinen- und Anlagen Daten nutzen, um die Produktivität zu steigern, Kosten zu senken und Qualitätsverluste zu vermeiden.

Um die Kundennachfrage bestmöglich zu bedienen, wurden software- und KI-basierte Lösungen für die Produktion standardisiert –

Abbildung 7: Kernfakten zum Use Case 5



Quelle: eigene Darstellung

die zuvor als Einzelprojekt angebotenen Leistungen werden nun als Standardprodukt zu einem Fixpreis verkauft. Das heißt, die betreffenden Lösungen können vom Kunden nun „off the shelf“ ausgesucht, installiert und in Betrieb genommen werden. Ziel der Standardisierung war es, die Anwendungen so unkompliziert wie eine App auf dem Smartphone verwenden zu können – also die Software möglichst einfach, schnell und nutzerfreundlich zu gestalten. Das Unternehmen geht davon aus, dass die technologische Entwicklung branchenübergreifend zur Etablierung einer maschinen-datenbasierten Produktionsüberwachung im industriellen Sektor führen wird und der Anwendermarkt bereits frühzeitig Standardlösungen verlangt. Dennoch bleiben Projekte für kundenindividuelle Bedarfe zunächst relevant für das Unternehmen, wenn diese ganzheitliche Herangehensweisen von größeren Prozessthemen erfordern – beispielsweise bei der Optimierung von Predictive Maintenance im Automobilbau. Auch diese Projekte erfolgen jedoch auf einem standardisierten Ansatz und nutzen sowohl individuelle als auch Standardkomponenten.

3.5.2 Herausforderungen und Hürden

Das Unternehmen verfügt über langjährige Erfahrung in der Durchführung des kundenindividuellen Projektgeschäfts. Die Herausfor-

derung lag nun darin, auf Basis der erfolgreichen Projekte eine Skalierung des Angebots zu erreichen, um die Kundennachfrage besser zu bedienen. Um standardisierte Leistungen im App-Format anbieten zu können, waren die Erfahrungen aus den Projekten zentral, mit deren Hilfe sich entsprechende Use Cases und Lösungen entwickeln ließen. Denn die Anforderungen der Anwenderindustrien sind individuell geprägt und unterscheiden sich geografisch wie auch nach Branchen (zum Beispiel Nahrungsmittel- oder Automobilproduktion, Prozess- oder Elektronikindustrie). Ziel war es, aus den jeweiligen Erfahrungen in den unterschiedlichen Anwendungen branchenübergreifende Lösungsbausteine herauszuarbeiten, um diese als standardisierte Produkte anbieten zu können.

3.5.3 Das Geschäftsmodell

Angesichts der zahlreichen aktuellen Herausforderungen für den industriellen Sektor existiert sowohl aufseiten des Maschinen- und Anlagenbaus als auch aufseiten der produzierenden Unternehmen ein großer Bedarf an digitalen Lösungen und Software. Während die Maschinen- und Anlagenbauer ihre Produkte in der Regel mittel- bis langfristig grundlegend verbessern möchten, sind die Bedürfnisse der produzierenden Unternehmen von konkreten Anforderungen im Tagesgeschäft getrieben. Im Gegensatz zum klassischen

Unternehmensgeschäft war der Kontakt zum Endkunden – also zur produzierenden Industrie – im Softwarebereich von Beginn an vorhanden, das Geschäft mit dem Maschinen- und Anlagenbau zog hingegen später nach. Somit ist das Digital Business für das Unternehmen und seine Wertschöpfung auch eine Chance, um die Bedürfnisse der Endkunden besser zu verstehen.

Ein konkretes Angebot des Unternehmens umfasst die Befähigung des Kunden, seine Produktion von einer reaktiven zu einer zustandsbasierten Instandhaltung zu entwickeln; Stichworte sind hier das sogenannte Condition Monitoring – also die kontinuierliche Überwachung von Anlagenzuständen, um Probleme frühzeitig zu erkennen – und Predictive Maintenance zur Vorhersage von optimalen Wartungszeitpunkten mithilfe von Datenanalysen und Prognosemodellen. Die Produktion soll so möglichst effizient und ohne ungeplante Stillstände und Ausfallzeiten laufen. Für Kunden aus dem Maschinen- und Anlagenbau bieten sich zudem größere Differenzierungspotenziale, zum Beispiel aufgrund softwarebasierter Präzisionen im Fertigungsprozess oder besserer Wartung der entsprechenden Fertigungssysteme.

Nutzenversprechen

Das Unternehmen wirbt mit einer möglichen Steigerung der Produktivität um bis zu 20 Prozent, einer Kostenreduktion beim Ausschuss um bis zu 40 Prozent, einer Senkung der ungeplanten Ausfallzeiten um bis zu 20 Prozent sowie einer Minderung der Reklamationen um bis zu 50 Prozent. Von Bedeutung ist zudem, dass die angebotenen Innovationen eine Transparenz über Zustände und Fertigungsprozesse transparenter machen und so eine effiziente Optimierung überhaupt erst ermöglichen. Ein Erfolgsfaktor besteht darin, den Kunden die Lösungen schnell und direkt an der realen Maschine zeigen zu können, damit der Nutzen unmittelbar erkannt werden kann.

Architektur der Wertschöpfung

Die in einem agilen Entwicklungsprozess erstellten Lösungsbausteine werden als standardisierte Softwareprodukte beziehungsweise Apps angeboten. Diese sind vom Kunden innerhalb kurzer Zeit und ohne Expertenwissen wie Data Science nutzbar. Beispielsweise lässt sich eine App für KI-basierte Predictive Maintenance von Pneumatikzylindern in unter 20 Minuten installieren: Nutzerinnen und Nutzer werden durch ein Installationsmenü mit schrittweiser Anleitung geführt. Dabei lernt sich die App selbstständig ein, indem sie den Zylinder im Gebrauch analysiert und anschließend das Risiko eines möglichen Ausfalls vorhersagt. Darüber hinaus existiert ein Risikoindikator mit Ampelsignalfunktion, der anzeigt, welche Werte im Vergleich zum normgerechten Verhalten des Zylinders vorliegen. Wie der Kunde auf die Signale der Ampel reagiert, bleibt grundsätzlich ihm überlassen; und auch die Daten verbleiben weiterhin beim Anwender. Neben der technologischen Entwicklung erforderte das neue Geschäftsmodell, auch die Organisation der Wertschöpfung anzupassen – etwa die Ausrichtung des Vertriebs auf Standardprodukte, die Nutzung digitaler Marktplätze zur Steigerung der Marktsichtbarkeit sowie die Standardisierung von Pro-

duktbeschreibungen und Inbetriebnahme über Länder und Branchen hinweg.

Hinsichtlich der externen Wertschöpfungsarchitektur pflegt das Unternehmen einen engen Kontakt zum Endkundenkreis und diskutiert gemeinsam mit diesem neue Entwicklungen. Dabei werden mit verschiedenen Funktionsbereichen wie der Instandhaltung oder der Produktionsplanung Gespräche geführt. Kooperationen bestehen auch mit dem Maschinen- und Anlagenbau, um deren Systeme mit softwarebasierten Leistungen auszustatten. Je nach Geschäftsmodell des Maschinen- und Anlagenbauers können der Verkauf und das Management der Lizenzen direkt über ihn erfolgen oder das hier im Fokus stehende Unternehmen kann selbst als Anbieter für den Endkunden auftreten. Die Softwarelizenzen werden bislang über ein Abonnementmodell angeboten, für spezielle Anwendungsfälle sind zukünftig zudem Variationen wie Perpetuallizenzen geplant.

Auch wenn das Unternehmen bei Vorentwicklung und Entwicklung sehr eigenständig agieren kann, setzt es beim Marktzugang stark auf Ökosysteme wie Online-Marktplätze im Business-to-Business-Bereich. Daher werden Industriestandards genutzt und Initiativen wie *Manufacturing-X* zum Aufbau von vertrauenswürdigen und kollaborativen digitalen Datenökosystemen für Unternehmen in Europa unterstützt. Die AX-Industrial-Apps des Unternehmens werden darüber hinaus auf den Ökosystemplattformen Siemens Industrial Edge und Siemens XCellerator angeboten.

Erlösmodell

Einzelheiten zur Preisbildung beziehungsweise -festlegung sowie zur Generierung von Erlösen können aus kartellrechtlichen Gründen nicht veröffentlicht werden. Grundsätzlich sind aber viele bekannte Erlösmodellvarianten und -Kombinationen anwendbar (Lizenzierung, App-Gebühren, Rabattmöglichkeiten etc.).

3.5.4 Einführung und Umsetzungsgrad

Das hier vorgestellte Unternehmen hat eine lange Tradition in der Herstellung von Hardware für Maschinen und Anlagen. Mit Digital Business beschäftigt es sich seit zehn Jahren intensiver und hat in dieser Zeit unter anderem einen Anbieter für KI-Expertise und -Lösungen hinzugekauft. Wie bereits oben erläutert, war die Überführung des kundenspezifischen und projektbasierten Digitalgeschäfts in den Vertrieb eines standardisierten Produktportfolios ein wesentlicher Schritt des neuen Geschäftsmodells: Auf Grundlage vergangener Kundenprojekte wurden zunächst generalisierbare Lösungen identifiziert, dann Use Cases entwickelt und schließlich Pilotprojekte mit dreimonatiger Laufzeit durchgeführt, die ihrerseits die Basis für das Roll-out standardisierter Digitalprodukte bilden sollten. Voraussetzung hierfür war, dass sich aus der konkreten Umsetzung ein Business Case ergab, Kosten, Risiken und Kundennutzen also in einem günstigen Verhältnis standen und somit ein Mehrwert des neuen Geschäftsmodells zu erwarten war. Anschließend folgte die Erprobung der standardisierten Produkte mit Fokus auf den

Tabelle 5: Übersicht zum Wertschöpfungsnetzwerk für Use Case 5

Akteur im Netzwerk	Lösung/Umsetzung	Ökonomischer Nutzen	Weitere Erfolgsdimensionen
Anbieter von Automatisierungslösungen inklusive Software und KI	Standard-Apps für innovative Services in Maschinen- und Anlagenbau beziehungsweise produzierender Industrie	Differenzierung über neue Marktleistungen; Skalierung und Automatisierung des Angebots über Einzellösungen hinaus	Interoperabilität mit Lösungen anderer Anbieter; Kooperation in Ökosystemen
Maschinen- und Anlagenbauer	Lizenzmanagement für die Software beim Endkunden	Verbesserung der eigenen Produkte durch Softwareausstattung	
Produzierendes Unternehmen (Endkunde)	Nutzung von Software für Transparenz von Maschinenzuständen und Produktionsprozessen	Zustandsbasierte Instandhaltung mit Steigerung der Maschinenverfügbarkeit und Kostenreduktion	Unmittelbare App-Nutzbarkeit ohne Expertenwissen; Erhalt von Datensouveränität; Verbesserung der Energieeffizienz; Transparenz des Nutzens

konkreten Kundenbedarf. Neben technologischen und technischen Voraussetzungen in der Entwicklung betraf die Skalierung des Digitalgeschäfts aber auch weitere Aspekte der Produktentstehung und Bereiche des Unternehmens. So mussten unter anderem die Vertriebsstrukturen auf den Verkauf der Standardprodukte eingestellt werden. Weitere Vertriebskanäle wie Online-Plattformen, die als Marktplätze für Anbieter und Kunden dienen, sorgen heute für zusätzliche Aufmerksamkeit am Markt. Zudem mussten Beschreibungen und Inbetriebnahme für verschiedene Länder und Branchen standardisiert werden.

Derzeit sind bereits verschiedene Digitallösungen für die Industrie am Markt verfügbar. Es werden aber auch weiterhin Innovationen entwickelt und getestet, um diese auf den Markt zu bringen. Das wachsende Softwaregeschäft mit dem Maschinen- und Anlagenbau fungiert zudem als Multiplikator für Softwareangebote, die sich an die produzierende Industrie richten, also für solche Softwareprodukte des Unternehmens, die Anwender im Zuge des Maschinenkaufs nutzen.

3.5.5 Grad der Disruptivität

Das Kerngeschäft des hier betrachteten Unternehmens bleibt die Automatisierungstechnik. Mit der Entwicklung von Software für neue Marktleistungen und deren Skalierung von Pilotprojekten zu Standardprodukten hat das Unternehmen sein bisheriges Geschäftsmodell aber optimiert und differenziert sich so von anderen Akteuren am Markt. Durch die digitale Erweiterung werden Transparenz, Effizienz und Automatisierung verbessert. Die bisherigen Wertschöpfungsketten bleiben dabei erhalten, wobei die Potenziale in der Kombination mit Lösungen anderer Anbieter zunehmend durch die Beteiligung an Marktplätzen gehoben werden sollen.

3.5.6 Weitere Erfolgsdimensionen

Das hier vorgestellte Unternehmen hat die neuen, erfolgreich standardisierten Softwareprodukte mittlerweile am Markt etabliert, wo sie bereits zum ökonomischen Erfolg des Herstellers beitragen. Der Anteil von Software in der Hardware wird perspektivisch weiter steigen und voraussichtlich einen wachsenden Anteil am Gesamtumsatz des Unternehmens ausmachen, auch wenn Hardware und Automatisierungstechnik weiterhin das Kerngeschäft bestreiten werden.

Sowohl zur ökonomischen als auch zur ökologischen Nachhaltigkeit trägt aus Sicht des Unternehmens bei, dass Regierungsinitiativen und staatliche Förderprogramme weltweit auf verschiedenen Märkten den Aufbau und die Nachfrage von energieeffizienten Fertigungssystemen fördern und solche softwaregestützten Systeme Produktionskosten einsparen. Unter anderem tragen KI-Anwendungen in Kombination mit Sensorik dazu bei, Energieeffizienzverluste im Fertigungsprozess zu vermeiden – beispielsweise durch Verhinderung einer Leckage, also des unkontrollierten Austritts von Flüssigkeit, Gas oder Druckluft. Datenbasierte Transparenz von Maschinenfunktionalität und Fertigungsprozess sowie die frühzeitige Behebung von Fehlfunktionen oder vermeidbaren Energieverlusten können somit einen Beitrag dazu leisten, die Energieeffizienzziele im Werk des Anwenders einzuhalten oder zu steigern.

Hinsichtlich der Interoperabilität von unternehmenseigenen Produkten und digitalen Lösungen anderer Anbieter können Kunden bereits heute verschiedentlich kombinieren; das Angebot mit interoperablen Lösungen soll zudem weiter ausgebaut werden. Das Unternehmen verfügt also über weitreichende, eigenständige Kompetenzen in Vorentwicklung und Entwicklung, aber bringt diese auch kompatibel mit den Lösungen anderer Unternehmen auf den Markt. Dafür nutzt es Möglichkeiten wie die Marktplattformen zentraler Anbieter (vgl. Kapitel 3.3). Darüber hinaus ist das Unternehmen aktuell dabei, mit einem weiteren Kooperationspartner eine

gesonderte Plattform für Steuerungssysteme zu lancieren. Insbesondere im Kontext der Skalierung ist es wichtig, eine spezifische, aber kompatible Einzellösung auf einer zentralen Plattform anzubieten, damit diese auch in Verbindung mit anderen Produkten verwendet werden kann. Um Interoperabilität mit den Produkten anderer Anbieter zu ermöglichen und das entsprechende Angebotsportfolio künftig noch zu erweitern, entwickelt das Unternehmen seine Lösungen auf Basis eines semantischen Datenmodells, das vom betreffenden Plattformbetreiber bereitgestellt wird und für ein gemeinsames Verständnis sorgt.

Das Unternehmen ist davon überzeugt, dass die Beteiligung an einem Ökosystem grundsätzlich zu Vorteilen sowohl für den Anbieter als auch den Kunden führt. Gleichwohl existieren noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich konkreter kollaborativer Geschäftsmodelle, um eine vertiefte Zusammenarbeit von ganz verschiedenen Akteuren zu ermöglichen. Darüber hinaus beteiligt sich das Unternehmen bereits heute an der Entwicklung von Industriestandards. Die Zusammenarbeit mit Partnern ist dementsprechend für das Unternehmen also insgesamt von großer Bedeutung.

4. Gestaltungsfelder und Ableitung von Forschungsbedarf

Der vorliegende Impulsbericht veranschaulicht mithilfe der hier vorgestellten fünf Use Cases die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle im Kontext von Industrie 4.0 durch führende deutsche Unternehmen. Als spezifische Einblicke in die Herangehensweisen verschiedener Unternehmenstypen können diese interessierten Unternehmen mit unterschiedlichen Anforderungen und Ausgangsbedingungen Orientierung beim Aufbau eigener innovativer Geschäftsmodelle bieten.¹³ Basierend auf der Analyse der einzelnen Use Cases werden im Folgenden vier Gestaltungsfelder fallübergreifend skizziert. Die ersten drei Handlungsfelder richten sich nach den drei Hauptdimensionen eines Geschäftsmodells, umfassen also das Nutzenversprechen, die Architektur der Wertschöpfung und das Erlösmodell (siehe Kapitel 2.2). Sie beeinflussen demnach die Art und Weise, wie das betreffende Unternehmen einen (überlegenen) Nutzen beziehungsweise Mehrwert für seine Kunden schafft, wie und in welcher Form das Unternehmen auf dieser Grundlage Ertrag beziehungsweise Profit generieren kann und welche internen wie externen Strukturen beziehungsweise Interaktionen dafür notwendig sind. Das vierte Handlungsfeld widmet sich geeigneten Maßnahmen zur Gewährleistung oder Steigerung von Resilienz, Souveränität, Interoperabilität oder Nachhaltigkeit.

4.1 Handlungsfeld 1: Nutzenversprechen

Innovative Geschäftsmodelle zeichnen sich optimalerweise durch ein **kundenorientiertes, individuelles Leistungsversprechen** mit überlegenem Kundennutzen aus und verschaffen dem betreffenden Unternehmen so Differenzierungschancen und neue Marktpotenziale. Die Nutzenversprechen von Industrie 4.0 für den Anwendersektor sind vielfältig. Praxisbeispiele hierfür sind Angebote zur Steigerung der Flexibilität und Produktivität in der Fertigung bei gleichzeitig geringem Aufwand für Implementierung, Anwendung und Instandhaltung entsprechender Industrie 4.0-Lösungen. Auch die Gewährleistung einer hohen Verfügbarkeit der Maschinen und die Reduktion von Produktionskosten gehören zu den konkreten Nutzenversprechen. Eine wesentliche Voraussetzung zur Einlösung solcher Versprechen ist die Schaffung (intelligenter) digital anschlussfähiger, das heißt vernetzter Gegenstände, Komponenten, Geräte, Maschinen und Systeme als Grundlage für datenbasierte Smart Services. Demnach werden physische Produkte beziehungsweise Komponenten durch datenbasierte (Dienst-)Leistungen (Smart Services) zu hybriden Leistungsbündeln – sogenannten Produkt-Service-Systemen (PSS) – komplementiert.

Die fallübergreifende Analyse zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle verdeutlicht, wie wichtig insbesondere ein **tiefes Verständnis der Endkunden** – also der produzierenden Unternehmen – mit ihren Präferenzen, Erwartungen und Bedarfen ist, um den Kundennutzen marktwirksam adressieren zu können. Bei der Entwicklung und Implementierung entsprechender Services, die auf innovativen Technologien basieren, braucht es neben dem Know-how zur Optimierung einzelner Produktionsschritte auch Anpassungsmaßnahmen bei Produktions- und Arbeitsabläufen sowie administrative und betriebswirtschaftliche Strategien zur Gewährleistung der eigenen Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit. Sowohl OEMs als auch die Entwickler von Komponenten sind derzeit dabei, ihr Wissen über Ausgangsbedingungen, Perspektiven und die tatsächlichen Bedarfe der Kunden noch weiter zu vertiefen und zu erweitern. Das geschieht zum Beispiel über direkten Austausch und die Durchführung individueller Pilotprojekte. Für den Erfolg neuer Geschäftsmodelle ist jedoch neben dem Verständnis der Produktion des Kunden auch das Wissen über deren konkreten Bedarf entscheidend. Dieser geht nicht notwendigerweise aus der Optimierung der Produktion hervor. Denn auch wenn Anbieter von Industrie 4.0-Lösungen den Kundennutzen ihrer Lösungen klar benennen können, fehlt es Kunden hier oft noch Transparenz über die konkreten Auswirkungen in der Praxis, bevor sie eine Leistung erwerben. Demonstratoren oder spezifische Kennzahlen, die darauf ausgerichtet sind, Optimierungseffekte für Kunden greif- und messbar zu machen, können zu dieser Transparenz beitragen; gleichwohl sind Kennzahlen wie der potenzielle Return of Investment (RoI) häufig schwer darzulegen, zumal sich Erfolg für gewöhnlich nicht bloß am Umsatz, sondern auch an langfristiger Kundenbindung, an Resilienz- oder Souveränitätsgewinnen festmachen lässt. Die Bedürfnisse können auch außerhalb der Produktionsanlagen liegen, wie zum Beispiel in der Kompensation des Fachkräftemangels. Industrie 4.0-Lösungen können dazu beitragen, solche Herausforderungen zu bewältigen, indem zum Beispiel Fertigungsprozesse so konzipiert werden, dass sie selbstständig und flexibel auf äußere Umstände reagieren, oder indem Prozesssteuerung und Problembehebung remote erfolgen.

Im Gegensatz zur oft fehlenden Transparenz vor dem Kauf ermöglichen insbesondere datengetriebene Industrie 4.0-Lösungen während des Einsatzes ein **hohes Maß an objektiver Nachvollziehbarkeit der erbrachten Leistung und des Kundennutzens** – sowohl für Anbieter als auch für Anwender.¹⁴ Die digitale Analyse von Maschine oder Anlage erleichtert zudem die Kommunikation des betreffenden Unternehmens mit seinem Kunden und macht sowohl

¹³ Vgl. Kett et al. 2022 für einen spezifischen Leitfaden.

¹⁴ Die betrachteten Use Cases zeigen beispielsweise die datenbasierte Optimierung der Produktion hinsichtlich Produktivität, Energie- und Ressourceneffizienz oder die datenbasierte Entstörung sowie zustandsbasierte oder vorausschauende Fernwartungsdienste für Produktionssysteme. So wird in den verschiedenen Fällen von einem „Ende des Bauchgeföhls“ gesprochen und dem Potenzial, auf Basis der Daten den Kundennutzen transparenter darstellen zu können.

die Serviceleistungen des Unternehmens als auch den Produktionsprozess des betreffenden Kunden effizienter, da Fehlerauswertung und Optimierung faktenbasiert erfolgen – indem beispielsweise die konkrete Verfügbarkeit einer Maschine oder auch die Ursachen für eine nicht optimale Verfügbarkeit durch die Anwendung datenbasiert analysiert werden kann. Außerdem kann es darauf aufbauend gelingen, perspektivisch Erlösmodelle (siehe Kapitel 4.3) profitabel und im Interesse der Kunden zu entwickeln.

Im Sinne betriebswirtschaftlicher Erwägungen auf Kundenseite sollte dem Nutzenversprechen des betreffenden Geschäftsmodells außerdem ein möglichst **geringer Kosten- und Personalaufwand für innovative Lösungen in der Anwenderindustrie** gegenüberstehen – oder die Reduktion des Aufwands gar Teil des Nutzenversprechens sein. Die oben erläuterten Use Cases zeigen die Bestrebungen, Tools oder Software zur Überwachung der Produktion auf Basis von Maschinendaten als Standardprodukt zu einem festen Preis zu vertreiben. Dabei soll die Software möglichst einfach, schnell und nutzerfreundlich gestaltet sein. Ferner sollen sich verschiedene Anwendungen durch Modularisierung möglichst unabhängig voneinander verwenden oder nach Bedarf kombinieren lassen, um den Kundennutzen zu erhöhen. Demnach sind eine unkomplizierte Beschaffung, Anwendung und Wartung insbesondere bei Softwareprodukten und Applikationen ein zentraler Schlüssel für den Erfolg entsprechender Geschäftsmodelle. Außerdem sind vor allem KMU nur schwer in der Lage, zusätzliche Ressourcen dafür aufzubringen.

Mit Blick auf Impulse für konkrete, notwendige **Forschungs- bzw. Entwicklungsaktivitäten im Kontext des Handlungsfelds Nutzenversprechen** besteht auch zukünftig der an Wissenschaft und Wirtschaft gerichtete Bedarf, neue Anwendungen für Produkt-Service-Systeme zu entwickeln,¹⁵ um die individuellen Bedürfnisse der Kunden möglichst zielführend abzudecken. Um die Entwicklung solcher innovativen Produkt-Service-Systeme im Rahmen konkreter Geschäftsmodelle zu unterstützen, müssen spezifische Konzepte erstellt sowie Methoden und Werkzeuge weiterentwickelt werden. Ferner existiert auf Anbieterseite Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um ein tieferes Verständnis der produzierenden Unternehmen zu erlangen, um weitere potenzielle Kundenkreise zu identifizieren und um diese mittels Transparenz und Messmethodik erfolgreich ins Wertschöpfungsnetzwerk zu integrieren.¹⁶

4.2 Handlungsfeld 2: Wertschöpfungsarchitektur

Wie Anbieter ihre innovativen Produkte und Leistungen im Sinne des Nutzenversprechens entwickeln, herstellen und vertreiben und welche internen wie externen Strukturen und Abläufe hierbei relevant sind, ist eine Frage der Wertschöpfungsarchitektur im operati-

ven Geschäft. Die Disruptivität der neuen Geschäftsmodelle unterscheidet sich bei den oben vorgestellten Use Cases stark: Während sich die einen Unternehmen zunächst auf die (digitale) Optimierung der bestehenden Leistungserbringung und Angebote konzentrieren, engagieren sich andere Anbieter bereits für den Aufbau und Betrieb dezentraler Geschäftsnetzwerke und Ökosysteme – zum Beispiel einer eigenen B2B-Plattform.

Den untersuchten Fällen ist überwiegend gemeinsam, dass die **Etablierung eines neuen Geschäftsmodells Teil einer größeren Initiative** und damit einer Erweiterung beziehungsweise Umstellung der Wertschöpfungsarchitektur zugunsten datenbasierter (Dienst-)Leistungen ist. Dabei fungiert ein neues, serviceorientiertes Geschäftsmodell oftmals als Vorreiter oder als Startpunkt für weitere innovative Geschäftsmodelle und Services. Technologische Grundlagen für einen Ausbau des innovativen Geschäftsmodells können beispielsweise zusätzliche Sensorik, eine verbesserte digitale Durchgängigkeit der Produkte, technische Tools oder Digitale Zwillinge sein. Die hier vorgestellten Unternehmen tendieren dazu, eine spezifische Dienstleistung – wie die datenbasierte Analyse des Verschleißzustands einer Komponente mittels Digitalen Zwillings – einzuführen, um perspektivisch auf der technischen Grundlage weitere individuelle Leistungsangebote zu entwickeln, beispielsweise eine verbesserte CO₂-Bilanz, eine höhere Energieeffizienz und eine Lebensdauerabsicherung für die Betreiber der betreffenden Maschine. Der Aufbau weiterer Dienstleistungen und neuer Geschäftsmodelle erfolgt sukzessive und kann wie im Fall des Pay-per-Part-Modells, zu vollkommen neuen Leistungsversprechen führen.

Es ändert sich aber nicht nur die Wertschöpfungsarchitektur im operativen Geschäft, sondern bereits auch die im Bereich der Entwicklung von Industrie 4.0-Lösungen und innovativen Geschäftsmodellen. Im Fall der hier betrachteten Unternehmen wurde die Notwendigkeit eines grundsätzlichen Umdenkens und einer teils massiven **Umstellung der Organisationsstrukturen** im betreffenden Unternehmen deutlich. Der Fokus lag dabei auf der Förderung abteilungs- und bereichsübergreifender Kooperation, Kommunikation und Abstimmung. Wie das Handlungsfeld Nutzenversprechen (siehe Kapitel 4.1) deutlich gemacht hat, stehen die spezifischen Bedürfnisse der Kunden zunehmend im Vordergrund und sollten möglichst frühzeitig bereits in der Entwicklung berücksichtigt werden. Dazu trägt bei, dass die Logik innovativer Industrie 4.0-Geschäftsmodelle mit ihren Produkt-Service-Systemen oder mit der Einbindung des Kunden in ein digitales Ökosystem statt des einmaligen Produktverkaufs langfristige Geschäftsbeziehungen und Wertschöpfungsnetzwerke fördert. Die höhere Komplexität der innovativen Wertschöpfung führt wiederum zur Integration verschiedener Kompetenzen (etwa Entwicklung von Hardware, Elektronik/Sensorik, Software und KI sowie Vertrieb und Marketing). Im Zentrum solcher innovationsbedingten Organisationsformen steht dabei die Zusammenführung verschiedener Perspektiven und die

¹⁵ Vgl. Meier/Uhlmann 2017.

¹⁶ Die im Rahmen der Use-Case-Betrachtung identifizierten FuE-Bedarfe werden in Abbildung 8 im Kontext der drei Geschäftsmodelldimensionen zusammengefasst.

Erlangung eines wechselseitigen Verständnisses, um die Herausforderungen des neuen Geschäftsmodells gemeinsam zu bewältigen. Somit können innovative Geschäftsmodelle zur Integration und kundenbedarfsorientierten Ausrichtung der Unternehmensorganisation beitragen. Erfolgsfaktoren bei der Umstellung von Organisationsstrukturen waren in den hier betrachteten Fällen vor allem die aktive Mitwirkung und Befürwortung des Top-Managements sowie ein adäquat ausgestattetes **Change-Management**. Außerdem erwies es sich als hilfreich, die Vorteile für die Kunden sowie das Anbieterunternehmen selbst und somit für alle an der Leistungsentstehung Beteiligten zu veranschaulichen. Die frühzeitige Einbindung und Beteiligung der Beschäftigten als Expertinnen und Experten ihres jeweiligen Kompetenz- und Arbeitsfelds trugen zur erfolgreichen Umsetzung eines kundenorientierten Industrie 4.0-Geschäftsmodells in der Praxis bei.

Neben der internen Wertschöpfungsarchitektur ist bei der Implementierung innovativer Geschäftsmodelle auch die externe Wertschöpfungsarchitektur neu auszurichten.¹⁷ Unabhängig von der Größe der hier betrachteten Unternehmen wurde für die Use Cases immer wieder die Wichtigkeit der **Beiträge von Partnern in einem (dynamischen) Wertschöpfungsnetzwerk beziehungsweise Ökosystem** betont. Die Vielfalt der Potenziale, aber auch die komplexen Anforderungen bei der Umsetzung von innovativen Geschäftsmodellen führen dazu, dass ein Anbieter allein nicht alle Leistungen erbringen kann, für die ein entsprechender Kundenbedarf besteht. So können Kollaborationen zur gemeinsamen Entwicklung, Herstellung oder Vermarktung von Lösungen dienen, indem komplementäre Fähigkeiten und Ressourcen entsprechend gebündelt werden. Zum Beispiel benötigen Hardwarehersteller zum Teil Kompetenzen von Partnern aus den Bereichen Datenverarbeitung und Software und umgekehrt, sodass sich beide Seiten ergänzen und jeweils profitieren. Im Vergleich zum einmaligen Verkauf physischer Produkte führt das Angebot eines kontinuierlichen Industrie 4.0-Nutzungsbeziehungsweise -Serviceangebots außerdem dazu, dass sich nicht nur die Bepreisung, sondern auch die Art der Abrechnung ändert (siehe Kapitel 4.3), die nun durch erfahrene externe Partner erfolgen kann. Außerdem lässt sich das Angebot durch die Bereitstellung von komplementären und interoperablen Lösungen – wie zum Beispiel auf B2B-Marktplätzen – auf die individuellen Bedürfnisse der Kunden besser zuschneiden. Und auch bei der Entwicklung neuer Industrie 4.0-Geschäftsmodelle können die jeweiligen Unternehmen von der Kollaboration mit externen Partnern profitieren. So können Produkt- und Leistungstests sowie die offene Diskussion mit Kooperationspartnern oder langjährigen Kunden durch präzisere Anpassung an den Kundenbedarf die Wertschöpfung des innovativen Geschäftsmodells positiv beeinflussen. Ferner können Erfahrungen kooperativer Einzelprojekte für die Standar-

disierung von Prozessen, Produkten und Leistungen genutzt werden und somit zur Skalierung eines innovativen Geschäftsmodells beitragen.

Trotz der bisherigen Erfolge bei der Etablierung innovativer Industrie 4.0-Geschäftsmodelle ist der Wandel der etablierten industriellen Wertschöpfungsarchitektur hin zu dezentralen, offenen und flexiblen Ökosystemen im Sinne des *Leitbilds 2030 der Plattform Industrie 4.0*¹⁸ für Unternehmen nach wie vor herausfordernd. Zwar werden die Vorteile **dynamischer Ökosysteme** von den Anbietern innovativer Industrie 4.0-Lösungen gesehen, für die Implementierung gilt es jedoch noch einige Hürden zu überwinden. So ist die zentrale Herausforderung aktuell die **Schaffung von Konnektivität, Datenintegration und Interoperabilität** als Grundlage für die Anwendung neuer Technologien. Von entscheidender Bedeutung sind dabei die präzise Definition und Dokumentation von Prozessen und Schnittstellen mit internen wie externen Partnern und Kunden. Daten für das betreffende Unternehmen und das zugehörige Ökosystem nutzbar zu machen ist zudem mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden, wie die Befragung der Use-Case-Unternehmen gezeigt hat. Außerdem bestehen in der Praxis Bedenken von Partnern und Kunden hinsichtlich der Bereitstellung beziehungsweise des Teilens von Daten im Hinblick auf Lücken im Sinne des **Datenschutzes** und der **Datensicherheit** mit möglichen Wettbewerbsnachteilen. Im Fall der hier vorgestellten Fälle verbleiben die Daten aus der Produktion entweder beim Anwender oder werden lediglich mit dem direkten Anbieter geteilt. Es gilt, die Gewährleistung von Datensouveränität sowohl für Anbieter als auch Anwender sicherzustellen und so als Maxime zu verankern. Personenbezogene Daten, die im Rahmen innovativer Geschäftsmodelle und der entsprechenden Arbeitstätigkeit von Mitarbeitenden im Unternehmen generiert werden, bedürfen zudem eines besonderen Schutzes. Des Weiteren müssen Anbieter global vertriebener Industrie 4.0-Lösungen ihren Umgang mit Daten auch an (supra-)nationale Regulierungsvorgaben und die institutionellen Gegebenheiten verschiedener Standorte anpassen. Um die Datensouveränität der produzierenden Unternehmen zu gewährleisten, müssen Anbieter schließlich stets transparent halten, welche Daten erhoben und verarbeitet und wo diese gespeichert werden.

Forschungs- und Entwicklungsbedarfe zur Wertschöpfungsarchitektur innovativer Geschäftsmodelle betreffen die (Weiter-)Entwicklung insbesondere der (technologischen) Grundlagen, die es durch vorwettbewerbliche Forschung zu unterstützen gilt. Auch wenn die hier vorgestellten Unternehmen in diesem Bereich bereits fortschrittlich sind, bleiben deren Beherrschung und die Entwicklung neuer Technologien für Unternehmen im Maschinen- und An-

17 Vgl. Plattform Industrie 4.0 2025.

18 „Die Stärke der deutschen Industrie basiert auf einem von Heterogenität, Diversität und Spezialisierung geprägten Innovations- und Wirtschaftssystem. In Kombination mit unternehmerischer Freiheit, Daten- und Informationssicherheit sowie dem Schutz der Persönlichkeitsrechte des Einzelnen sind dies zentrale Eckpfeiler der europäischen Industriegesellschaft. Eine dezentrale Strategie offener und flexibler Ökosysteme setzt unmittelbar auf dieser Struktur auf und bietet beste Voraussetzungen zur Gestaltung der digitalen Ökonomie innerhalb des Wertekanons einer freien und sozialen Marktwirtschaft.“ Vgl. Plattform Industrie 4.0 2019, Seite 3.

lagenbau insgesamt eine Herausforderung. Für die Entwicklungssystematik von zunehmend komplexen Produkt-Service-Systemen braucht es zudem eine tiefgreifende Integration der Organisationsstruktur, die von der strategischen Produktplanung bis hin zum operativen Betrieb und zur Orchestrierung der entsprechenden Akteure reicht. Das erfordert agile, interdisziplinäre Entwicklungsprozesse und die Durchgängigkeit der digitalen Werkzeuge in den verschiedenen Unternehmensbereichen. Damit geht die Entwicklung und strategische Verankerung von auf Industrie 4.0 ausgerichteten Reorganisationskonzepten, Techniken des Change-Managements und der kulturellen Transformation einher, für die es noch weitere Forschung und Umsetzungskonzepte braucht. Die Reorganisation des betreffenden Unternehmens kann durch die Entwicklung neuer Partizipationsformen im Sinne der betrieblichen Mitbestimmung unterstützt werden.¹⁹

Was die externe Wertschöpfungsarchitektur betrifft, lässt sich bereits heute prognostizieren, dass industrielle Unternehmen künftig immer seltener für sich alleine im Markt agieren werden und stattdessen kooperieren müssen, um ihren Kunden einen überlegenen Nutzen bieten zu können. Auch hier bedarf es der Möglichkeit für KMU, ohne viel Aufwand und Kosten an Industrie 4.0-Ökosystemen teilzunehmen. Bislang fehlen hierfür Serviceprovider, die KMU beim Einstieg unterstützen. Es braucht zudem geeignete Architekturen für digitale Plattformen, die geltende Rahmenbedingungen und Standards für Schnittstellen und Prozesse berücksichtigen, dabei sowohl Offenheit als auch Interoperabilität gewährleisten und an bestehenden Initiativen und Aktivitäten wie *Manufacturing-X* anknüpfen können. Und schließlich sind effektive Instrumente zur Gewährleistung von Datensicherheit und Datenschutz sowie gemeinsame Datenräume unter Wahrung der Datensouveränität aller Akteure weiterzuentwickeln.

4.3 Handlungsfeld 3: Erlösmodell

Inwiefern die Entwicklung eines neuen, überlegenen Nutzenversprechens und die Um- beziehungsweise Neugestaltung der Wertschöpfungsarchitektur tatsächlich auch zu einem neuen Erlösmodell führen, unterscheidet sich danach, wie weitreichend die Anpassungen diesbezüglich waren. Zum Beispiel kann die Höhe der Bepreisung bei Verkauf und Wartung einer Fertigungsmaschine zunächst gleich bleiben, doch durch Innovation steigt angesichts einer höheren Maschinenverfügbarkeit und Prozesstransparenz die Attraktivität des Produkt- und Leistungsangebots. Dennoch bietet sich den Unternehmen mit innovativen Geschäftsmodellen in der Regel die Chance beziehungsweise stehen dieser vor der Herausforderung, ihr Erlösmodell entsprechend anzupassen oder gar neu zu gestalten.

Anbieter von Industrie 4.0-Leistungen gehen dabei immer mehr weg von der klassischen Logik des einmaligen Produktverkaufs mit fester Bepreisung. Bieten sie ihre Lösungen standardisiert an, so werden diese wie im Fall von Softwareprodukten und Produkt-Service-Systemen oftmals über Lizenzen und Mietmodelle am Markt vertrieben, was – anders als beim einmaligen Verkauf – zu **kontinuierlichen Einnahmemöglichkeiten** führt, jedoch auch mit Herausforderungen für den Anbieter verbunden ist (zum Beispiel die Übertragung des Ausfallrisikos vom Kunden zum Anbieter). Mit dieser Umstellung kann die Bepreisung des Angebots auch schlechter auf der Grundlage bisheriger Erfahrungen des Vertriebs erfolgen. Es ist jedoch insbesondere die Umstellung vom einmaligen Verkauf eines Produkts hin zu längerfristig ausgerichteten Dienstleistungsangeboten (auch auf Basis eines Produkts), die Unternehmen dazu veranlasst, ihre Vertriebs-, Steuer- und Rechtsstrukturen (da beispielsweise im Gegensatz zu einmaligen Verkauf genau festzulegen ist, was der Kunde leisten muss und was nicht) sowie die Erfolgskennzahlen bei Finanzen und Controlling anzupassen. Preisgestaltung und insbesondere die Skalierung des Preismodells sind darüber hinaus auch deshalb eine Herausforderung, weil es hier die zum Teil sehr verschiedenen Rahmenbedingungen und Unterschiede in der jeweiligen Zahlungsbereitschaft der Kunden zu berücksichtigen gilt. So haben beispielsweise Anwender in Branchen mit sehr hochwertigen Industriegütern oder sehr enger Taktung in der Produktion für Lösungen zur Reduktion von Ausfallzeiten eine deutlich höhere Zahlungsbereitschaft als Marktakteure in anderen Branchen. Auch in dieser Hinsicht wird es für Unternehmen künftig also ratsam sein, den Kontakt zum Kundenkreis zu intensivieren, um neben des Nutzens auch ein tieferes Verständnis der potenziellen Zahlungsbereitschaft zu erlangen.

Insbesondere erfolgs- oder ergebnisorientierte Erlösmodelle stellen derzeit noch die absolute Ausnahme dar, aber sie befinden sich zum Teil bereits in der Entwicklung. Damit sind Modelle gemeint, bei denen der Anbieter anhand vorab definierter Erfolgskennzahlen (zum Beispiel Kundenerlös, Effizienzsteigerung, Kostenreduktion oder Produktivitätszuwachs) oder in Abhängigkeit von der erbrachten Produkt- oder Serviceleistung (zum Beispiel produzierte Stückzahl, Anlagenverfügbarkeit oder Produktionsqualität) vergütet wird.

Expliziter **Forschungs- und Entwicklungsbedarf zum Erlösmodell** besteht demnach für Ansätze und Methoden zur Preisgestaltung sowie zu Erlösgenerierungs- und -verteilungsmechanismen in Ökosystemen bis hin zur Weiterentwicklung von selbstlernenden Preisfestsetzungsalgorithmen, die unter Einbeziehung von Daten aus heterogenen Quellen eine kontinuierliche, flexible Bepreisung ermöglichen. Außerdem gilt es die Wertbildung für Daten zu erforschen, die sich in Marktpreisen abbildet.²⁰

19 Die im Rahmen der Use-Case-Betrachtung identifizierten FuE-Bedarfe werden in Abbildung 8 im Kontext der drei Geschäftsmodelldimensionen zusammengefasst.

20 Die im Rahmen der Use-Case-Betrachtung identifizierten FuE-Bedarfe werden in Abbildung 8 im Kontext der drei Geschäftsmodelldimensionen zusammengefasst.

4.4 Handlungsfeld 4: Weitere Erfolgsdimensionen

Neben dem unmittelbaren ökonomischen Benefit, der durch Umsätze und Gewinne zustande kommt und das zentrale unternehmerische Motiv bei der Implementierung neuer Geschäftsmodelle darstellt, zielen innovative Industrie 4.0-Geschäftsmodelle, wie oben bereits dargelegt, noch auf weitere Erfolgsdimensionen – konkret auf Nachhaltigkeit, auf Interoperabilität sowie auf Resilienz und Souveränität sowohl für Anbieter als auch Kunden. Die im Rahmen dieses Impulsberichts vorgestellten Unternehmen haben mit ihren innovativen Geschäftsmodellen so zur ökologischen **Nachhaltigkeit** produzierender Unternehmen bereits erfolgreich beitragen können, etwa durch eine Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz im Produktionsprozess und auch zur Emissionsverringerung. Durch optimale Nutzung der Maschinen und Virtualisierungstechnik benötigen produzierende Unternehmen in der Herstellung weniger Material und reduzieren so den Verschleiß ihrer Maschinen und Anlagen. Sensorik und KI verbessern zudem die Transparenz von Maschinen und Anlagen und mindern auf diese Weise den Energieverbrauch, weil Leckagen frühzeitig erkannt und beseitigt werden können. Darüber hinaus ermöglichen die Digitalisierungskonzepte innovativer Geschäftsmodelle zunehmend Remote-Tätigkeiten, was die Zahl von Dienstreisen im Bereich der Servicetechnik und in der Folge die CO₂-Emissionen des Anbieters senkt.

Bislang haben Regierungsinitiativen und staatliche Förderprogramme weltweit die Nachfrage und den Aufbau einer ökologisch nachhaltigen Produktion unterstützt. Aus Perspektive der befragten Unternehmen ist die Modernisierung der Industrie der richtige Ansatz, um gesellschaftspolitische Herausforderungen wie die Folgen von Klimawandel und Ressourcenknappheit zu bewältigen. Die Ziele seien mit einer hohen Produktivität vereinbar, wodurch unpopuläre politische Steuerungsmaßnahmen vermieden werden könnten, die Verzicht für den Endkunden bedeuten. Mit Blick auf allgemeine **Forschungs- und Entwicklungsbedarfe zur Gewährleistung von Nachhaltigkeit** gilt es daher geeignete Technologien und Standards zu entwickeln, die zur Messung der verschiedenen Nachhaltigkeitsdimensionen in der industriellen Wertschöpfung beitragen können. Die Unternehmen benötigen zudem weitere innovative Konzepte für eine vertikale und horizontale Integration aller relevanten Akteure in Wertschöpfungsnetzwerken und Ökosystemen zur Verminderung von Emissionen, zur Optimie-

rung des Ressourceneinsatzes, zur Etablierung einer Kreislaufwirtschaft und zur nachhaltigen Ausrichtung von Beschaffung und Logistik unter Berücksichtigung von Regulierungsvorgaben und Rechtsfragen.

Durch (verbesserte) Interoperabilität ermöglichen innovative Geschäftsmodelle eine stärkere Vernetzung aller Akteure und fördern so den Wandel von starren Wertschöpfungsketten hin zu flexiblen, digitalen Liefer-, Innovations- und Wertschöpfungsnetzwerken. In solchen Netzwerken können individuelle und sich schnell ändernde Kundenbedürfnisse besser identifiziert und durch entsprechende Produkt- und Leistungsangebote anschließend auch adressiert werden. Wie unter Kapitel 4.2 bereits erläutert, haben die befragten Unternehmen auf die Bedeutung von Kollaborationen sowohl bei der Leistungserstellung als auch im gemeinsam organisierten Vertrieb komplementärer Produkte und Leistungen (zum Beispiel über B2B-Online-Marktplätze) hingewiesen. Die Fähigkeit, mit externen Akteuren kooperativ zu interagieren, ermöglicht Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau mehr Produkt- und Leistungsindividualisierung sowie die Etablierung eines umfangreicheren und attraktiveren Angebotsportfolios für potenzielle Kunden. Ein Beispiel für die Gewährleistung von Interoperabilität – und damit Kompatibilität von Leistungen verschiedener Anbieter – ist die Nutzung eines semantischen Datenmodells, das vom Betreiber einer B2B-Plattform bereitgestellt wird und für ein gemeinsames Verständnis in der Produktentstehung sorgt. Initiativen wie *Manufacturing-X*²¹ werden von den befragten Unternehmen zum Aufbau vertrauenswürdiger und kollaborativer digitaler Datenökosysteme in Europa als hilfreich beurteilt. Dabei sind **Datensouveränität** und die Transparenz der Erhebung, Speicherung und Verarbeitung anbieter- und anwendereigener Daten Grundvoraussetzung für neue, datengetriebene Industrie 4.0-Geschäftsmodelle.

Schließlich bieten solche innovativen Geschäftsmodelle Potenzial für mehr Resilienz in der produzierenden Industrie, indem sie dazu beitragen, Störungen im Fertigungsprozess effizienter zu bewältigen oder ganz zu vermeiden – beispielsweise durch Einbindung schnell verfügbarer Remote-Expertise im Fall unerwarteter Störungen oder durch vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance) von Fertigungsanlagen und den rechtzeitigen Austausch von Verschleißteilen. Auf diese Weise lassen sich für die industrielle Wertschöpfung in Zeiten volatiler und dynamischer Märkte Wettbewerbsvorteile erzielen und Risiken bei der Zulieferung minimieren.

21 Vgl. Plattform Industrie 4.0 2022.

5. Fazit

Der vorliegende Impulsbericht zeigt anhand von fünf Praxisbeispielen, wie neue, digitale Geschäftsmodelle im Maschinen- und Anlagenbau erfolgreich umgesetzt werden können, welche Chancen sich dabei bieten und welche Herausforderungen bei der Implementierung zu bewältigen sind. Die exemplarisch vorgestellten Geschäftsmodelle bestehen im Kern aus folgenden Produkt- oder Leistungsangeboten:

- Remote Operation Support mit zeitlich klar begrenzter Übertragung der Betriebsverantwortung für die betreffende Maschine vom Kunden zum OEM (perspektivisch Umstellung auf Pay-per-Part-Modell)
- Health Index unter Verwendung von Daten und Modellen aus der Steuerung zur Analyse des Zustands einer Komponente (zum Beispiel Getriebe) und dessen Einzelteilen
- Digitale und offene B2B-Plattform als Kern für weitere neue Geschäftsmodelle
- Digitales Analysetool zur Erfassung und Auswertung maschineneigener Funktionsdaten (zum Beispiel Störmeldungen, Takt- und Wartezeiten sowie Puffergrößen) zum Zweck der Verringerung von Maschinenstillständen
- Automation-Experience-Industrial-Intelligence-Portfolio als Angebot standardisierter, KI-gestützter Softwarelösungen zur Datenanalyse in der Produktion und zum Zweck der Produktivitätssteigerung, der Kostensenkung sowie der Vermeidung von Qualitätsverlusten

Anhand der fünf hier genannten Geschäftsmodelle ergeben sich verschiedene Erkenntnisse für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0-Konzepten. Im Fokus neuer Geschäftsmodelle sollte demnach ein möglichst kundenorientiertes, individuelles **Leistungsversprechen** stehen (siehe Kapitel 4.1). Hierfür braucht es ein tieferes Verständnis des Endkundenkreises – also der Anwender von Industrie 4.0-Lösungen. Das betrifft sowohl die subjektiven Kundenbedarfe als auch die konkreten Produktions- und Arbeitsabläufe beim Kunden und dessen administrative wie betriebswirtschaftliche Herausforderungen. Bereits vor der Implementierung der neuartigen Leistung beim Kunden sollte der Kundennutzen erfolgreich vermittelt werden und transparent sein. Zudem sollte das Nutzenversprechen insbesondere bei KMU einem überschaubaren Kosten- und Personalaufwand gegenüberstehen. Nach ihrer Einführung bieten Industrie 4.0-Lösungen schließlich ein hohes Maß an objektiver Nachvollziehbarkeit der erbrachten Leistung und des Kundennutzens – sowohl für Anbieter als auch für Anwender –, was im Anschluss eine effizientere Kommunikation ermöglicht.

Die Etablierung eines neuen Geschäftsmodells ist oftmals Teil einer größeren Initiative zur Umstellung der **Wertschöpfungsarchitektur**

(siehe Kapitel 4.2), wofür die technologischen und organisationalen Grundlagen geschaffen werden müssen. Die Umstellung der unternehmenseigenen Organisationsstruktur kann eine stärkere Integration der Kunden oder die Zusammenlegung verschiedener Kompetenzen (zum Beispiel Hardware, Elektronik/Sensorik, Software- und KI-Entwicklung bis hin zu Vertrieb und Marketing) für eine ganzheitliche Entwicklung umfassen. Dafür braucht es ein adäquat ausgestattetes Change-Management sowie die Einbindung und Beteiligung der Beschäftigten als Expertinnen und Experten. Bei der Gestaltung der externen Wertschöpfungsarchitektur kommt externen Partnern und Kooperationsaktivitäten eine zunehmend wichtige Bedeutung zu: Innerhalb (dynamischer) Wertschöpfungsnetzwerke und digitaler Ökosysteme entwickeln, produzieren, vertreiben und erwerben verschiedene Akteure gemeinsame oder komplementäre Lösungen für den industriellen Sektor. Voraussetzungen für ein erfolgreiches dynamisches Ökosystem sind Verbesserungen bei der Konnektivität, der Datenintegration und der Interoperabilität von Infrastruktur und Lösungen. Außerdem spielt die Gewährleistung der Datensouveränität insbesondere der produzierenden Unternehmen eine entscheidende Rolle.

Mit Blick auf das **Erlösmodell** (siehe Kapitel 4.3) erweist sich bislang vor allem die Bepreisung kontinuierlicher Einnahmemöglichkeiten auf Basis von Produkt-Service-Systemen als Herausforderung, die es zu bewältigen gilt. Anbieter von Industrie 4.0-Lösungen haben oftmals wenig Erfahrung bei der Regelung des Preises für einen dauerhaften Service oder für die Übertragung des Ausfallrisikos vom Kunden zum Anbieter, aber auch angesichts rechtlicher Erfordernisse in diesem Zusammenhang.

Die oben vorgestellten Use Cases zeigen diverse **Spannungsfelder** auf, die den Markterfolg innovativer Industrie 4.0-Geschäftsmodelle beeinflussen können. So kann die Stärkung der **Resilienz** gerade in Zeiten volatiler Märkte ein gutes Verkaufsargument für entsprechende Lösungen darstellen, da Industrie 4.0-Technologien das Potenzial haben, Wertschöpfungsketten dynamischer, flexibler und somit eben resilienter zu gestalten. Andererseits werden die Produktionsprozesse immer komplexer und somit anfälliger für Fehler, weshalb die interne Resilienz der Fertigung während der Implementierungs- oder Pilotphase vorübergehend auch sinken kann. Erfahrungen aus der betrieblichen Praxis bestätigen, dass ein Teil der Kunden nach wie vor einfachere Produktionsprozesse mit einem niedrigeren Digitalisierungsgrad bevorzugen, weil diese auf den ersten Blick weniger fehleranfällig zu sein scheinen. Gerade der Maschinen- und Anlagenbau ist in dieser Hinsicht oftmals noch konservativ eingestellt und fürchtet kostenintensive Maschinenstillstände. Daher gilt es künftig robuste digitale Lösungen zu entwickeln, die leicht zu implementieren sind und einen klaren Nutzen für den Anwender bieten. Andererseits bedarf es geeigneter Rahmenbedingungen, die insbesondere KMU eine niederschwellige und wirtschaftlich tragbare Teilnahme an Industrie 4.0-Ökosystemen ermöglichen.

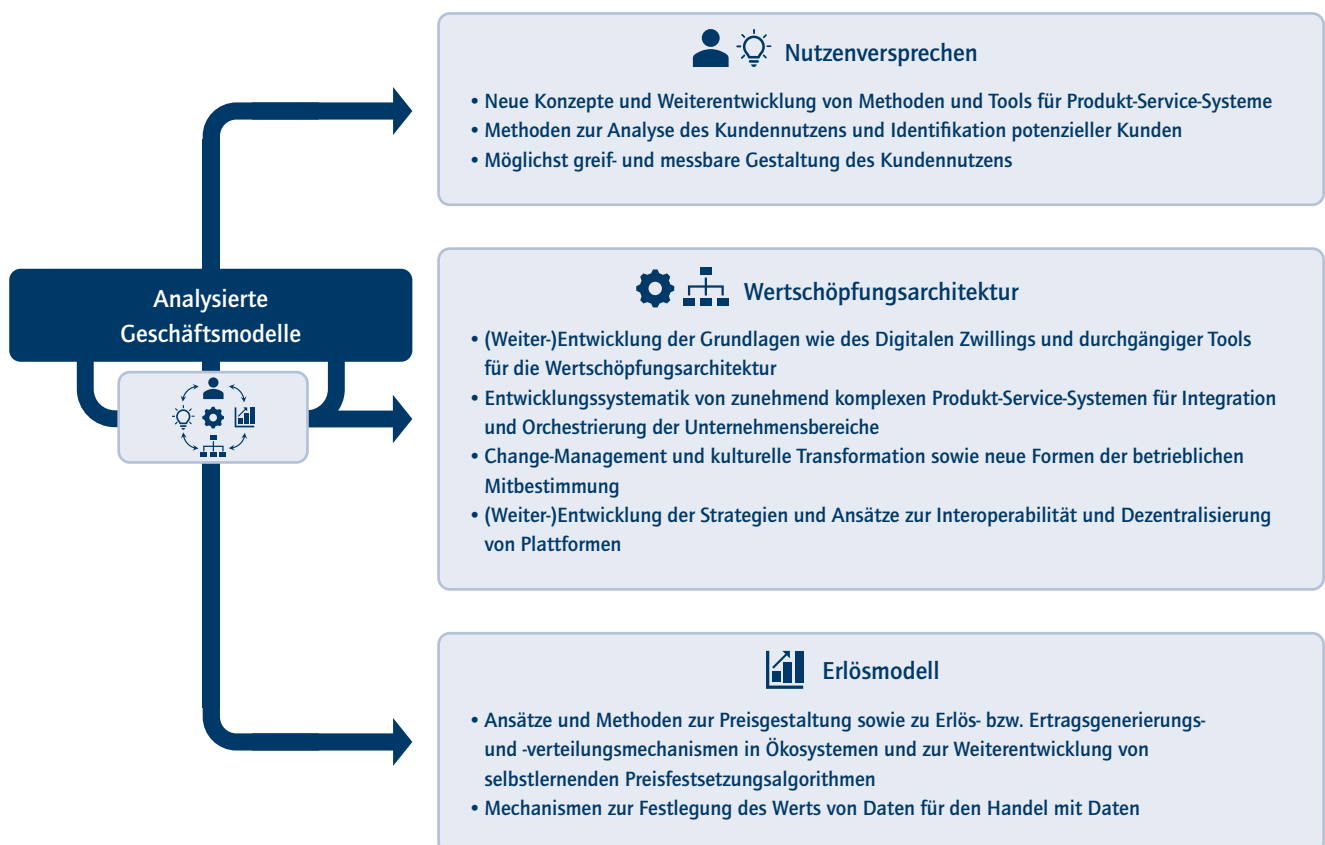
Ein weiteres Spannungsfeld betrifft das **Erlösmodell**. Zwar generieren Leasing- und Pay-per-Use-Modelle kontinuierliche Einnahmen, zudem können sie die Kundenbindung an ein Unternehmen erhöhen; dennoch sind solche Erlösmodelle vergleichsweise kompliziert umzusetzen. Auch bleibt oft noch unklar, ob und wie sich servicebasierte Geschäftsmodelle finanziell rechnen. Daher besteht nach wie vor weitreichender Forschungs- und Entwicklungsbedarf mit Blick auf Ansätze und Methoden zur Preisgestaltung, zu Ertragsverteilungsmechanismen in Ökosystemen und zur Weiterentwicklung von selbstlernenden Preisfestsetzungsalgorithmen. Die Use Cases beweisen gleichwohl, dass neue, digitale Geschäftsmodelle auch ohne umfangreiche Anpassung des Erlösmodells bereits Mehrwert generieren können und die Einführung disruptiver, servicebasierter Erlösmodelle zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen kann.

Hinsichtlich der **Skalierung und Monetarisierung** innovativer Geschäftsmodelle sind die oben betrachteten Fälle unterschiedlich weit vorangeschritten. Einige der hier dargestellten Unternehmen

haben ein innovatives Geschäftsmodell bereits am Markt etabliert, Kunden können die entsprechenden Produkte und Leistungen also erwerben. Aber auch Unternehmen, die noch nicht so weit bei der Monetarisierung sind, haben in der Testphase gute Erfahrungen gemacht, sodass sich ein überlegener Kundennutzen und die Markteinführung der betreffenden Produkte und Leistungen abzeichnen. Den Unternehmen ist gemeinsam, dass sie hinsichtlich der Organisation und der technologischen Grundlagen bereits eine Basis geschaffen und auch die nötigen Ambitionen haben, um weitere innovative Lösungen am Markt zu platzieren. So ist für die nähere Zukunft zu erwarten, dass die Innovationsführer weitere Geschäftsmodelle an den Markt bringen werden.

Wie in den vorherigen Kapiteln gezeigt, bestehen jedoch weitere Forschungs- und Entwicklungsbedarfe, um innovativen Geschäftsmodellen im Maschinen- und Anlagenbau und generell im industriellen Sektor auch in der Breite zum Markterfolg zu verhelfen. Die anhand der fünf Use Cases identifizierten FuE-Bedarfe werden abschließend in Abbildung 8 zusammengefasst:

Abbildung 8: FuE-Bedarfe für die drei Dimensionen eines Geschäftsmodells nach Auswertung von fünf Use Cases



Quelle: eigene Darstellung

6. Literatur

Agile Manufacturing Society e.V. 2025

Agile Manufacturing Society e.V. (Hrsg.): *Agile Europe. A White Paper on Agile Manufacturing's Importance for EU Policies*, Frankfurt am Main 2025.

Al-Debei/Avison 2010

Al-Debei, M. M./Avison, D.: „Developing a Unified Framework of the Business Model Concept“. In: *European Journal of Information Systems*, 19: 3, 2010, S. 359–376.

Dumitrescu et al. 2023

Dumitrescu, R./Riemensperger, F./Schuh, G. (Hrsg.): *acatech Maturity Index Smart Services. Die Transformation von Unternehmen zum Smart Service Anbieter gestalten* (acatech STUDIE), München 2023. DOI: https://doi.org/10.48669/aca_2023-9

Forschungsbeirat Industrie 4.0/acatech 2022a

Forschungsbeirat Industrie 4.0/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): *Themenfelder Industrie 4.0. Forschungs- und Entwicklungsbedarfe zur erfolgreichen Umsetzung von Industrie 4.0* (2. überarbeitete Fassung), München 2022. DOI: https://doi.org/10.48669/fb40_2022-04

Forschungsbeirat Industrie 4.0/acatech 2022b

Forschungsbeirat Industrie 4.0/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): *Aufbau, Nutzung und Monetarisierung einer industriellen Datenbasis* (Forschungsbeirat Industrie 4.0 Expertise), München 2022, DOI: https://doi.org/10.48669/fb40_2022-06

Forschungsbeirat Industrie 4.0 et al. 2024

Forschungsbeirat Industrie 4.0/Plattform Industrie 4.0/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): *Die vierte industrielle Revolution und Industrie 5.0. Eine Kritik. Gemeinsame Stellungnahme des Forschungsbeirats Industrie 4.0 und der Plattform Industrie 4.0 zum Umgang mit dem Begriff ‚Industrie 5.0‘*, München 2024. URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2024/04/2024-04-04_Statement_Industrie_5_0.pdf [Stand: 02.06.2025].

Kagermann et al. 2013

Kagermann, H./Wahlster, W./Helbig, J. (Hrsg.): *Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*, Frankfurt/Main, 2013. URL: <https://www.acatech.de/publikation/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-4-0-abschlussbericht-des-arbeitskreises-industrie-4-0/> [Stand: 25.02.2022].

Kett et al. 2022

Kett, H./Evcenko, D./Falkner, J./Schneider, M./Nebauer, N./Schöllhammer, O./Neuhüttler, J./Borges, G.: *Equipment-as-a-Service (EaaS). Methodenleitfaden zur praktischen Anwendung des EaaS-Canvas*, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2022.

Kett et al. 2023

Kett, H./Evcenko, D./Falkner, J. (Hrsg.): *Equipment-as-a-Service (EaaS). Canvas zur Entwicklung von EaaS-Geschäftsmodellen* (Diskussionspapier), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2023.

Kirchherr et al. 2017

Kirchherr, J./Reike, D./Hekkert, M.: „Conceptualizing the Circular Economy. An Analysis of 114 Definitions. In: *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 2017, S. 221–232.

Meier/Uhlmann 2017

Meier, H./Uhlmann, E. (Hrsg.): *Industrielle Produkt-Service Systeme. Entwicklung, Betrieb und Management*, Berlin: Springer Vieweg 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-48018-2>

Osterwalder 2004

Osterwalder, A.: *The Business Model Ontology. A Proposition in a Design Science Approach*, Lausanne: University of Lausanne 2004.

Plattform Industrie 4.0 2019

Plattform Industrie 4.0: Leitbild 2030 für Industrie 4.0. Digitale Ökosysteme global gestalten, 2019. URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Leitbild-2030-f%C3%BCr-Industrie-4.0.pdf?__blob=publicationFile&v=1 [Stand: 02.06.2025].

Plattform Industrie 4.0 2022

Plattform Industrie 4.0: *Whitepaper ‚Manufacturing-X‘. Eckpunkte für die Umsetzung von ‚Manufacturing-X‘ im produzierenden Gewerbe zur Sicherung des Wettbewerbsstandortes Deutschland*, 2022. URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Manufacturing-X_lang.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Stand: 02.06.2025].

Plattform Industrie 4.0 2025

Plattform Industrie 4.0 (Hrsg.): *Der monetäre Wertschöpfungsbeitrag von Datenräumen. Analyse und Berechnung*, 2025. URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/2025-i40-wertschoepfungsbeitrag-von-datenraeumen-berechnung.pdf?__blob=publicationFile&v=8 [Stand: 03.07.2025].

Schmidt 2023

Schmidt, C. M. (Hrsg.): *Digitainability. Digitale Schlüsseltechnologien für ökologisch nachhaltiges Wirtschaften. Marktpotenziale und strategische Implikationen* (acatech STUDIE), München 2023. DOI: https://doi.org/10.48669/aca_2023-6

Schmidt/Weber 2024

Schmidt, C. M./Weber, T. (Hrsg.): *Digitale Enabler der Kreislaufwirtschaft* (acatech STUDIE), München 2024. DOI: https://doi.org/10.48669/aca_2024-15

Schuh et al. 2020a

Schuh, G./Anderl, R./Dumitrescu, R./Krüger, A./ten Hompel, M. (Hrsg.): *Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten. UPDATE 2020* (acatech STUDIE), München 2020. URL: <https://www.acatech.de/publikation/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/download-pdf?lang=de> [Stand: 02.06.2025].

Schuh et al. 2020b

Schuh, G./Anderl, R./Dumitrescu, R./Krüger, A./ten Hompel, M. (Hrsg.): *Der Industrie 4.0 Maturity Index in der betrieblichen Anwendung. Aktuelle Herausforderungen, Fallbeispiele und Entwicklungstrends* (acatech KOOPE-RATION), München 2020. URL: <https://www.acatech.de/publikation/der-industrie-4-0-maturity-index-in-der-betrieblichen-anwendung/download-pdf?lang=de> [Stand: 02.06.2025].

7. Mitglieder des Forschungsbeirats

Vertreterinnen und Vertreter der Wissenschaft

Prof. Reiner Anderl, TU Darmstadt
Prof. Julia Arlinghaus, Universität St. Gallen
Prof. Thomas Bauernhansl, Universität Stuttgart/Fraunhofer IPA
Prof. Manfred Broy, TU München
Prof. Angelika Bullinger-Hoffmann, TU Chemnitz
Prof. Claudia Eckert, TU München/Fraunhofer AISEC
Prof. Alexander Fay, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg
Prof. Oliver Günther, Universität Potsdam
Prof. Hartmut Hirsch-Kreinsen, TU Dortmund
Prof. Katharina Hölzle, Fraunhofer IAO/Universität Stuttgart
Prof. Gerrit Hornung, Universität Kassel
Prof. Martin Krzywdzinski, Weizenbaum-Institut/WZB Berlin
Prof. Gisela Lanza, KIT – Karlsruher Institut für Technologie
Prof. Peter Liggesmeyer, TU Kaiserslautern/Fraunhofer IESE
Prof. Boris Otto, Fraunhofer ISST/TU Dortmund
Prof. Frank Piller, RWTH Aachen
Prof. Martin Ruskowski, RPTU Kaiserslautern/DFKI – Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH/SmartFactory-KL
Prof. Thomas Schildhauer, Alexander von Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft/Institute of Electronic Business
Prof. Rainer Stark, TU Berlin
Prof. Wolfgang Wahlster, DFKI – Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH
Prof. Matthias Weigold, TU Darmstadt

Vertreterinnen und Vertreter der Industrie

Klaus Bauer, TRUMPF Werkzeugmaschinen SE & Co. KG
Nicole Dreyer-Langlet, Airbus Operations GmbH
Dr. Jan-Henning Fabian, ABB Forschungszentrum
Dr. Ursula Frank, Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Dr. Marc Hüske, VDMA e.V.
Dr. Daniel Hug, Robert Bosch GmbH
Prof. Torsten Kröger, Intrinsic
Dr. Uwe Kubach, SAP SE
Dieter Meuser, German Edge Cloud GmbH & Co. KG
Dr. Björn Sautter, Festo SE & Co. KG
Dr. Harald Schöning, Software AG
Dr. Georg von Wichert, Siemens AG
Prof. Uwe Wieland, Volkswagen AG

