antrieb 4.0



Whitepaper

Antrieb für datengetriebene Wertschöpfung

Geschäftsmodelle, Mehrwertservices und Handlungsempfehlungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0

Fraunhofer IIS

Förderhinweis

Das Forschungsprojekt „Reallabor Antrieb 4.0“ wird im Rahmen des Konjunktur- und Zukunftspakets der Bundesregierung (KoPa), Ziffer 35c – Modul a2 „Digitalisierung der Fahrzeughersteller und Zulieferindustrie“, vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) und der Europäischen Union aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Forschungsprojekt Antrieb 4.0

Antrieb 4.0 wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert. Die Konsortialleitung liegt bei der Forschungsvereinigung Elektrotechnik beim ZVEI e.V. Weitere Konsortialpartner sind: Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB, die Fachgebiete Leistungselektronik und Antriebsregelung beziehungsweise Kommunikationsnetze der Technischen Universität Darmstadt, das Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt, sowie 18 assoziierte Partnerunternehmen. Mehr Informationen unter: www.antrieb40.org

zvei electrifying ideas

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Fraunhofer IIS

Fraunhofer IISB

Executive Summary

Die industrielle Antriebstechnik steht vor tiefgreifenden Veränderungen. Steigende Anforderungen an Energie- und Ressourceneffizienz, zunehmender internationaler Wettbewerbsdruck, neue regulatorische Vorgaben sowie die fortschreitende Digitalisierung verändern die Bedingungen industrieller Wertschöpfung grundlegend. Gleichzeitig eröffnen industrielle Datenräume und neue Formen organisationsübergreifender Zusammenarbeit die Möglichkeit, bestehende Produkte durch datenbasierte Dienstleistungen zu ergänzen und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Die im Rahmen von Manufacturing-X und verwandten Initiativen verfolgte Vision föderierter industrieller Datenökosysteme gewinnt vor diesem Hintergrund zunehmend an Bedeutung. Gleichzeitig rückt mit der industriellen Künstlichen Intelligenz bereits die nächste Entwicklungsstufe datengetriebener Wertschöpfung in den Fokus. Ihr Potenzial entfaltet sich jedoch nicht im luftleeren Raum. Leistungsfähige KI-Anwendungen setzen voraus, dass Daten strukturiert, semantisch beschrieben, vertrauenswürdig verfügbar und organisationsübergreifend nutzbar sind.

Vor diesem Hintergrund kommt Projekten wie Antrieb 4.0 eine besondere Bedeutung zu. Obwohl das Projekt vor der breiten Umsetzung von Manufacturing-X initiiert wurde, adressierte es bereits zentrale Fragestellungen, die heute für industrielle Datenräume und zukünftige Industrial-AI-Anwendungen relevant sind: Wie entstehen Vertrauen und Datensouveränität? Welche Mehrwerte schaffen organisationsübergreifend nutzbare Daten? Welche Formen der Zusammenarbeit sind erforderlich, damit aus Daten konkrete Wertschöpfung entsteht? Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse liefern damit nicht nur Einblicke in den aktuellen Stand datengetriebener Geschäftsmodelle, sondern zugleich Erfahrungswissen für die Weiterentwicklung zukünftiger Daten- und KI-Ökosysteme.

Industrielle Wertschöpfung im Wandel

Vor diesem Hintergrund untersucht das vorliegende Whitepaper am Beispiel des Forschungsprojekts **Antrieb 4.0**, wie datengetriebene Wertschöpfung in der industriellen Antriebstechnik gestaltet werden kann. Im Mittelpunkt stehen die Veränderungen von Geschäftsmodellen und Wertschöpfungsstrukturen, die Entwicklung konkreter Mehrwertservices sowie die Frage, welche technologischen, organisatorischen und menschlichen Voraussetzungen geschaffen werden müssen, damit Unternehmen die Potenziale datenbasierter Zusammenarbeit erfolgreich nutzen können.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich industrielle Wertschöpfung zunehmend von linearen Lieferketten hin zu kooperativen Wertschöpfungsnetzwerken entwickelt. Daten gewinnen dabei als strategische Ressource an Bedeutung. Ihr wirtschaftlicher Nutzen entsteht jedoch nicht durch ihre bloße Verfügbarkeit, sondern erst dann, wenn sie organisationsübergreifend genutzt und in konkrete Anwendungen, Dienstleistungen und tragfähige Geschäftsmodelle übersetzt werden.

Daten entfalten ihren Wert erst in der Anwendung

Auf Grundlage einer qualitativen Interviewstudie mit zentralen Akteuren des Ökosystems Antrieb 4.0 wurden bestehende Geschäftsmodelle analysiert und entlang der Dimensionen **WER, WAS, WIE und WERT** untersucht. Deutlich wird, dass daten- und serviceorientierte Geschäftsmodelle bereits heute in Ansätzen vorhanden sind, ihr Potenzial jedoch bislang nur teilweise ausgeschöpft wird. Besonders deutlich wird dies bei der Monetarisierung von Daten, der organisationsübergreifenden Zusammenarbeit sowie der Entwicklung gemeinsamer Mehrwertangebote.

Im Projekt wurden darüber hinaus konkrete Mehrwertservices entwickelt und prototypisch umgesetzt. Dazu zählen unter anderem die energieeffiziente Konfiguration von Antriebssystemen, Energiemonitoring, Zustandsmonitoring und vorausschauende Wartung, digitale Asset-Übersichten, Update- und Security-Mitteilungen sowie digitale Wartungsassistenten. Die entwickelten Services verdeutlichen exemplarisch, wie aus organisationsübergreifend verfügbaren Daten ein konkreter Nutzen für unterschiedliche Akteure entlang des Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen entstehen kann.

Mehrwert entsteht im Ökosystem

Gleichzeitig wird deutlich, dass die Umsetzung datengetriebener, serviceorientierter Geschäftsmodelle weiterhin mit erheblichen Herausforderungen verbunden ist. Technologisch erfordert die Skalierung entsprechender Services vor allem eine durchgängige Interoperabilität von Maschinen, Komponenten und Software. Organisatorisch stehen Unternehmen vor der Aufgabe, gewachsene Silostrukturen aufzubrechen, geeignete Vertriebsmodelle zu etablieren und verlässliche Rahmenbedingungen für Datensouveränität und Vertraulichkeit zu schaffen. Hinzu kommen menschliche Faktoren wie fehlende digitale Kompetenzen, Unsicherheiten im Umgang mit neuen Technologien sowie Bedenken hinsichtlich Cyberangriffen, Datenmissbrauch oder eines möglichen Verlusts der eigenen Marktposition.

Transformation gemeinsam gestalten

Die aus Expertenworkshops abgeleiteten Handlungsempfehlungen zeigen, dass erfolgreiche Transformation weniger von einzelnen Technologien als vielmehr vom Zusammenspiel technischer Voraussetzungen, organisatorischer Rahmenbedingungen und der aktiven Einbindung der beteiligten Menschen abhängt. Datengetriebene Wertschöpfung erweist sich damit als sozio-technischer Gestaltungsprozess, der schrittweise entwickelt, erprobt und weiterentwickelt werden muss.

Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 zeigen zugleich, dass industrielle Datenökosysteme weit mehr sind als technische Infrastrukturen für den Datenaustausch. Sie schaffen die Grundlage für neue Formen der Zusammenarbeit, gemeinsame Wertschöpfung und innovative Geschäftsmodelle. Initiativen wie Manufacturing-X greifen diese Entwicklungen auf und übertragen sie auf weitere industrielle Domänen.

Vom Datenraum zur KI-gestützten Industrie

Für Unternehmen eröffnet sich damit die Chance, ihre Rolle innerhalb industrieller Wertschöpfungsnetzwerke neu zu definieren – vom reinen Produktanbieter hin zum Anbieter integrierter Lösungen und datenbasierter Services. Voraussetzung hierfür ist die Bereitschaft, Daten nicht ausschließlich als schützenswerten Besitzstand zu verstehen, sondern als strategische Ressource, deren Wert sich insbesondere in der souveränen und vertrauensvollen Nutzung im Ökosystem entfaltet.

Antrieb 4.0 zeigt, dass der Weg zu datengetriebener Wertschöpfung kein abstraktes Zukunftsbild bleiben muss.

Durch konkrete Anwendungsfälle, gemeinsame Erprobung und organisationsübergreifendes Lernen lassen sich die Potenziale industrieller Datenräume bereits heute erschließen – und die Grundlagen für eine wettbewerbsfähige, nachhaltige und zunehmend KI-gestützte Industrie von morgen schaffen.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geschäftsmodelldimensionen nach Gassmann 16
Abbildung 2: Umsatzstruktur der befragten Unternehmen 26
Abbildung 3: Wertangebote im Ökosystem Antrieb 4.0 26
Abbildung 4: Zirkuläre Strategien im Ökosystem Antrieb 4.0 28
Abbildung 5: Hürden des Datenaustauschs 29
Abbildung 6: Ertragsmechanismen im Ökosystem Antrieb 4.0 31
Abbildung 7: Auswahlprozess der Use Cases 35
Abbildung 8: Mehrwertservices entlang des Lebenszyklus 36
Abbildung 9: Energieeffiziente Antriebskonfiguration 38
Abbildung 10: Update- und Security-Mitteilungen 39
Abbildung 11: Energiemonitoring 40
Abbildung 12: Zustandsmonitoring & vorausschauende Wartung 41
Abbildung 13: Digitale Asset-Übersicht 42
Abbildung 14: Wartungsassistenz und digitales Logbuch 43
Abbildung 15: Interoperabilität als Voraussetzung 47
Abbildung 16: Neue Vertriebslogiken etablieren 53
Abbildung 17: Kompetenz und Sicherheit stärken 54
Abbildung 18: Datensouveränität absichern 55
Abbildung 19: Vertrauen statt Abschottung 58
Abbildung 20: Organisation gemeinsam gestalten 60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zentrale Erkenntnisse der Geschäftsmodellanalyse 33
Tabelle 2: Exemplarische Mehrwerte datengetriebener Wertschöpfung 45

Inhaltsverzeichnis

1. Die industrielle Antriebstechnik im Wandel 8

1.1 Branchenbild und Kontext 8
1.1.1 Die industrielle Antriebstechnik als Schlüsseltechnologie 8
1.1.2 Die Branche im Spannungsfeld multipler Transformationen 9
1.1.3 Branchendiskurs 2019–2025: Vom Zukunftsversprechen zur Industriepraxis 10
1.2 Von der Vision zur Praxis: Die Entwicklung von Antrieb 4.0 11
1.3 Zielsetzung und Aufbau des Whitepapers 12

2. Geschäftsmodelle im Ökosystem Antrieb 4.0 14

2.1 Untersuchungsrahmen 15
2.1.1 Datengetriebene Wertschöpfung als Geschäftsmodellfrage 15
2.1.2 Geschäftsmodelldimensionen als analytische Perspektive 16
2.1.3 Zielsetzung und leitende Untersuchungsfragen 17
2.1.4 Studiendesign und Untersuchungsdurchführung 17
2.2 WER – Akteure im Ökosystem Antrieb 4.0 19
2.2.1 Komponentenhersteller (KH) 20
2.2.2 Maschinen- und Anlagenbauer (OEM) 21
2.2.3 Anbieter digitaler Mehrwertservices (SA) 22
2.2.4 Betreiber (BE) 23
2.2.5 Instandhalter (IH) 24
2.2.6 Gemeinsame Wertschöpfung trotz unterschiedlicher Rollen 24
2.3 WAS – Wertangebote im Ökosystem Antrieb 4.0 25
2.3.1 Status quo der Wertangebote 25
2.3.2 Digitale Mehrwertservices zwischen Potenzial und Praxis 26
2.3.3 Zirkuläre Wertangebote in der industriellen Praxis 28
2.3.4 Zwischenfazit: Hybride Wertangebote im Wandel 29
2.4 WIE – Zusammenarbeit im Ökosystem Antrieb 4.0 29
2.4.1 Zusammenarbeit als Voraussetzung datengetriebener Wertschöpfung 29
2.4.2 Das Wert-Risiko-Dilemma datengetriebener Zusammenarbeit 30
2.4.3 Datenökosysteme zwischen Chance und Skepsis 30
2.5 WERT – Ertragsmechanismen im Ökosystem Antrieb 4.0 31
2.6 Zentrale Erkenntnisse der Studie 33

3. Mehrwertservices im Ökosystem Antrieb 4.0 34

3.1 Zwei Schlüssel-Use-Cases 34
3.1.1 Ganzheitliche energieeffiziente Auslegung von Antriebslösungen 35
3.1.2 Digitalisiertes Asset Management 36
3.2 Mehrwertservices im Ökosystem Antrieb 4.0 36
3.2.1 Service energieeffiziente Antriebskonfiguration 37
3.2.2 Service: Update- & Security-Mitteilungen 39
3.2.3 Service: Energiemonitoring 40
3.2.4 Service: Zustandsmonitoring & vorausschauende Wartung 41
3.2.5 Service: Asset-Übersicht 42
3.2.6 Service: Wartungsassistenz und digitales Logbuch 43

3.3 Erkenntnisse aus den Mehrwertservices 44
4. Datengetriebene Transformation gestalten 46
4.1 Zwischen Aufbruch und Beharrung – Transformation unter Unsicherheit 48
4.2 Vom Reallabor zur Orientierung – Erfahrungen statt Blaupausen 50
4.3 Leitlinien datengetriebener Wertschöpfung 51
4.3.1 Nutzen sichtbar machen und mit konkreten Anwendungsfällen beginnen 51
4.3.2 Menschen befähigen und Veränderungen gemeinsam gestalten 52
4.3.3 Vertrauen aufbauen und Risiken verantwortungsvoll gestalten 53
4.3.4 Organisationsgrenzen überwinden und Kooperation ermöglichen 56
4.3.5 Interoperabilität gemeinsam gestalten 57
4.3.6 Wertschöpfung neu denken und Geschäftsmodelle weiterentwickeln 59
4.4 Transformation als gemeinsame Gestaltungsaufgabe 61
4.5 Merkzettel für Office, Kühlschrank oder Werkstattwand 63
5. Erkenntnisse und Perspektiven 64

1. Die industrielle Antriebstechnik im Wandel

Die industrielle Antriebstechnik steht exemplarisch für die tiefgreifenden Veränderungen industrieller Wertschöpfung. Digitale Technologien, neue Formen der Zusammenarbeit sowie steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit, Resilienz und Wettbewerbsfähigkeit verändern Produkte, Produktionsprozesse, Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsstrukturen. Das Projekt Antrieb 4.0 begleitet diesen Wandel als Reallabor und untersucht, wie Unternehmen datengetriebene Wertschöpfung praktisch gestalten können.

1.1 Branchenbild und Kontext

Die industrielle Antriebstechnik bildet das technologische Rückgrat zahlreicher industrieller Anwendungen und ist zugleich von tiefgreifenden Veränderungen ihrer wirtschaftlichen, technologischen und organisatorischen Rahmenbedingungen betroffen.

1.1.1 Die industrielle Antriebstechnik als Schlüsseltechnologie

Elektrische Antriebssysteme zählen zu den zentralen Schlüsseltechnologien moderner Industriegesellschaften. Sie bilden die Grundlage zahlreicher Produktions-, Automatisierungs- und Logistikprozesse und kommen in nahezu allen Bereichen des Maschinen- und Anlagenbaus zum Einsatz – von Werkzeugmaschinen und Förderanlagen über Pumpen- und Lüftersysteme bis hin zu komplexen Produktionsanlagen. Als Schnittstelle zwischen Mechanik, Elektrotechnik, Automatisierung und zunehmend auch Software tragen sie wesentlich zur Leistungsfähigkeit, Verfügbarkeit und Effizienz industrieller Wertschöpfung bei. Elektromotorische Systeme gelten zugleich als zentrale Hebel für eine energieeffiziente industrielle Transformation. Nach aktuellen Analysen des IEA-4E-Programms entfielen im Jahr 2023 rund 72 Prozent des industriellen Stromverbrauchs weltweit auf elektrische Motorsysteme (IEA 4E EMSA, 2025). Die Optimierung von Antriebssystemen bietet damit erhebliche Potenziale zur Reduktion von Energieverbrauch, Betriebskosten und CO_2-Emissionen.

Die Antriebstechnik als industrielle Schlüsselbranche

Die industrielle Antriebstechnik ist zugleich Teil einer innovations- und exportstarken Industrie. Die deutsche Elektro- und Digitalindustrie, zu der auch die Hersteller elektrischer Antriebssysteme zählen, erwirtschaftete im Jahr 2025 einen Umsatz von rund 225,1 Milliarden Euro und beschäftigte rund 879.000 Menschen im Inland. Damit entfällt etwa ein Zehntel aller deutschen Industrieerlöse auf diese Branche (ZVEI, 2026). Die Unternehmen der Antriebstechnik sind darüber hinaus in hohem Maße in internationale Wertschöpfungszusammenhänge eingebunden. Viele von ihnen sind mittelständisch geprägt und verfügen über spezialisiertes Domänenwissen, das über Jahrzehnte aufgebaut wurde. Gleichzeitig agieren sie als Zulieferer, Systemanbieter oder Integratoren in komplexen industriellen Netzwerken und tragen wesentlich zur Wettbewerbsfähigkeit des Maschinen- und Anlagenbaus bei. Die Fähigkeit, technologische Innovationen in konkrete Anwendungen zu überführen und gemeinsam mit Partnern entlang des gesamten Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen weiterzuentwickeln, stellt dabei einen wichtigen Erfolgsfaktor dar.

Gleichzeitig befindet sich die Branche in einem tiefgreifenden Wandel. Steigende Anforderungen an Energieeffizienz und Nachhaltigkeit, zunehmender internationaler Wettbewerbsdruck, neue regulatorische Vorgaben sowie die fortschreitende Digitalisierung verändern die Rahmenbedingungen, unter denen industrielle Wertschöpfung erfolgt. Hinzu kommen geopolitische Unsicherheiten, Fachkräftemangel und die Notwendigkeit, Liefer- und Wertschöpfungsstrukturen resilienter zu gestalten. Elektrische Antriebssysteme stehen damit exemplarisch für die Herausforderungen und Chancen, denen sich viele industrielle Akteure gegenwärtig gegenübersehen.

Warum die Antriebstechnik ein besonderes Anwendungsfeld darstellt

Vor diesem Hintergrund gewinnen Fragen nach interoperablen Datenstrukturen, organisationsübergreifender Zusammenarbeit und datenbasierten Dienstleistungen zunehmend an Bedeutung. Die industrielle

Antriebstechnik bietet damit ein besonders geeignetes Anwendungsfeld, um zu untersuchen, wie sich neue Formen datengetriebener Wertschöpfung entlang des gesamten Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen praktisch gestalten lassen.

1.1.2 Die Branche im Spannungsfeld multipler Transformationen

Die industrielle Antriebstechnik bewegt sich gegenwärtig in einem Umfeld tiefgreifender und sich teilweise überlagernder Transformationsprozesse. Unternehmen sehen sich gleichzeitig mit konjunkturellen Unsicherheiten, geopolitischen Veränderungen, steigenden Anforderungen an Energie- und Ressourceneffizienz sowie einem zunehmenden internationalen Wettbewerbsdruck konfrontiert. Hinzu kommen technologische Entwicklungen wie Digitalisierung, industrielle Künstliche Intelligenz und neue Formen organisationsübergreifender Zusammenarbeit, die bestehende Geschäftsmodelle, Wertschöpfungsstrukturen und Kompetenzanforderungen verändern.

Zwischen wirtschaftlichem Druck und Innovationsfähigkeit

Die aktuelle wirtschaftliche Entwicklung verdeutlicht diese Ambivalenz. Nach mehreren Jahren hoher Nachfrage und Rekordwerten verzeichnete die deutsche Elektro- und Digitalindustrie im Jahr 2024 deutliche Rückgänge bei Produktion, Umsatz und Auftragseingängen. Gleichzeitig bestehen die langfristigen Wachstumstreiber der Branche unverändert fort. Die Elektrifizierung industrieller Prozesse, die zunehmende Automatisierung sowie die Umsetzung von Nachhaltigkeits- und Klimazielen gelten weiterhin als zentrale Entwicklungspfade der Industrie (ZVEI, 2025a). Die Branche befindet sich damit weniger in einem kurzfristigen Abschwung als vielmehr in einer Phase struktureller Neuorientierung. Besonders deutlich wird dies mit Blick auf die Rahmenbedingungen des Industriestandorts Deutschland. Nach Angaben des VDMA zählen hohe Energie- und Standortkosten, zunehmende regulatorische Anforderungen, geopolitische Unsicherheiten sowie der Fachkräftemangel derzeit zu den größten Herausforderungen für Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus (VDMA, 2024). Gleichzeitig zeichnet sich die Elektro- und Digitalindustrie durch eine hohe Innovationsfähigkeit aus: Rund 15 Prozent ihres Umsatzes werden mit Produktneuheiten erzielt, die Unternehmen investieren jährlich Milliardenbeträge in Forschung und Entwicklung und melden mehrere Tausend Patente pro Jahr an (ZVEI, 2026).

Neue Möglichkeitsräume datengetriebener Wertschöpfung

Die digitale Transformation beschränkt sich dabei nicht auf die Optimierung bestehender Prozesse. Vielmehr erweitert sie die Möglichkeitsräume industrieller Wertschöpfung grundlegend. Insbesondere industrielle Datenräume schaffen die Voraussetzungen dafür, Daten organisationsübergreifend und zugleich souverän zu nutzen und zu teilen. Dadurch können Informationen unterschiedlicher Akteure entlang des gesamten Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen zusammengeführt werden. Bestehende Produkte lassen sich durch datenbasierte Dienstleistungen ergänzen, neue Mehrwertservices und Geschäftsmodelle werden realisierbar und bislang voneinander getrennte Wertschöpfungsaktivitäten zu gemeinsamen Leistungsangeboten verknüpft. Die Fähigkeit, Daten nutzbar zu machen und in konkrete Wertangebote zu übersetzen, entwickelt sich damit zunehmend zu einem Wettbewerbsfaktor. Datenräume sind in diesem Sinne nicht lediglich ein weiterer Baustein der digitalen Transformation, sondern eröffnen Unternehmen neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit und Wertschöpfung in industriellen Ökosystemen.

1.1.3 Branchendiskurs 2019–2025: Vom Zukunftsversprechen zur Industriepraxis

Ein ergänzender Blick in die deutschsprachige Fachpresse der industriellen Antriebstechnik und Produktionstechnik unterstreicht diese Entwicklung. Die Auswertung erlaubt einen Einblick in die Themen, Erwartungen und Problemwahrnehmungen, die den Branchendiskurs der vergangenen Jahre geprägt haben.[1]

Die Auswertung zeigt eine bemerkenswerte Verschiebung der Diskussion. Während in den Jahren 2019 bis etwa 2021 noch häufig Zukunftsbilder rund um Industrie 4.0, digitale Zwillinge und die vollständig vernetzte Fabrik dominierten, rückten infolge der COVID-19-Pandemie, globaler Lieferkettenstörungen und steigender Energiepreise zunehmend Fragen der Resilienz, Versorgungssicherheit und Energieeffizienz in den Mittelpunkt. Seit etwa 2023 wird die Berichterstattung deutlich pragmatischer. Im Vordergrund stehen konkrete Anwendungsfälle und der nachweisbare Nutzen digitaler Technologien: energieeffiziente Auslegung und Überwachung von Antriebssystemen, Retrofit-Lösungen zur Erschließung von Bestandsanlagen, Predictive-Maintenance-Anwendungen, digitale Assistenzsysteme auf dem Shopfloor oder KI-gestützte Verfahren zur Qualitäts- und Energieoptimierung. Wiederholt wird betont, dass der Erfolg entsprechender Initiativen weniger von der bloßen Verfügbarkeit großer Datenmengen abhängt als von der Fähigkeit, ausgehend von einem klar definierten Anwendungsfall geeignete Daten zu erfassen, zu verknüpfen und in konkrete Entscheidungen, Services und Verbesserungen zu übersetzen. Daten werden damit zunehmend als strategische Ressource verstanden, deren Wert sich erst durch ihre Nutzung im betrieblichen Kontext entfaltet. Die Diskussion verschiebt sich damit von der Frage, *ob* digitalisiert werden sollte, hin zur Frage, *wie* datenbasierte Wertschöpfung unter den Bedingungen industrieller Praxis konkret gestaltet werden kann.

Bemerkenswert ist darüber hinaus, dass technologische Innovationen in der Fachpresse kaum isoliert betrachtet werden. Vielmehr zeichnet sich seit den frühen 2020er Jahren zunehmend ein Verständnis von Transformation als sozio-technischem Veränderungsprozess ab. Beiträge aus der industriellen Praxis verdeutlichen, dass die Einführung neuer Technologien regelmäßig mit Investitionen in Qualifizierung, organisatorischen Anpassungen und neuen Formen der Zusammenarbeit einhergeht. Die erfolgreiche Gestaltung des Wandels wird damit weniger als Frage einzelner Technologien verstanden, sondern als Fähigkeit von Unternehmen und Netzwerken, technische, organisatorische und menschliche Aspekte miteinander zu verbinden. Vor diesem Hintergrund lässt sich das Projekt Antrieb 4.0 als Reallabor für die Gestaltung zukünftiger Wertschöpfungsnetzwerke verstehen. Im Mittelpunkt steht nicht die Digitalisierung einzelner Unternehmen, sondern die Frage, wie unterschiedliche Akteure eines industriellen Ökosystems Daten, Kompetenzen und Ressourcen so zusammenführen können, dass daraus neue Formen datengetriebener Wertschöpfung entstehen. Die im weiteren Verlauf des Whitepapers vorgestellten Mehrwertservices, Erfahrungen und Handlungsempfehlungen sind Ausdruck dieses gemeinsamen Lern- und Gestaltungsprozesses.

[1] Grundlage hierfür war eine orientierende qualitative Auswertung von rund 40 bis 60 Beiträgen aus einschlägigen Fachmedien wie Industrieanzeiger, Produktion, Computer & Automation, Konstruktionspraxis, elektrotechnikAUTOMATISIERUNG sowie weiteren anwendungsorientierten Publikationen aus dem Umfeld von Automatisierung, Maschinenbau und industrieller Digitalisierung. Berücksichtigt wurden insbesondere Beiträge aus den Jahren 2019 bis 2025, die sich mit technologischen Entwicklungen, Herausforderungen der industriellen Praxis, neuen Geschäfts- und Wertschöpfungsmodellen sowie organisatorischen und personellen Fragestellungen auseinandersetzen. Ziel war keine systematische Inhaltsanalyse im wissenschaftlichen Sinne, sondern die Verdichtung wiederkehrender Themen, Deutungsmuster und Zukunftserwartungen, die den Branchendiskurs der vergangenen Jahre geprägt haben.

1.2 Von der Vision zur Praxis: Die Entwicklung von Antrieb 4.0

Die im vorliegenden Whitepaper beschriebenen Erkenntnisse und Erfahrungen sind nicht isoliert entstanden. Sie stehen vielmehr am Ende eines mehrjährigen Verständigungs- und Entwicklungsprozesses innerhalb der industriellen Antriebstechnik, in dem zukünftige Entwicklungen antizipiert, diskutiert und schrittweise konkretisiert wurden. Das Projekt **Antrieb 4.0** knüpft damit an frühere Zukunftsbilder der Branche an und überführt diese in die praktische Erprobung datengetriebener Wertschöpfung.

Von der Vision zum Nutzenversprechen

Einen wichtigen Ausgangspunkt bildete die im Jahr 2018 veröffentlichte **Vision Antrieb 4.0**, die im Arbeitskreis „Elektrische Antriebe Industrie 4.0“ des ZVEI entwickelt wurde. Bereits damals wurde davon ausgegangen, dass die industrielle Antriebstechnik künftig durch eine stärkere Vernetzung von Komponenten, Maschinen und Anlagen geprägt sein würde. Digitale Informationen sollten nicht länger auf einzelne Unternehmen beschränkt bleiben, sondern entlang des gesamten Lebenszyklus von Produkten und Systemen verfügbar gemacht werden. Zugleich wurde die Erwartung formuliert, dass datenbasierte Dienstleistungen, neue Formen der Zusammenarbeit sowie veränderte Rollenverteilungen innerhalb der Wertschöpfung zunehmend an Bedeutung gewinnen würden (ZVEI, 2018).

Mit den nachfolgenden Zukunftsbildern in **Antrieb 2030** wurde diese Perspektive weiter geschärft. Die Diskussion verlagerte sich von der Frage, welche Technologien künftig verfügbar sein könnten, hin zur Frage, wie daraus konkrete Mehrwerte für Unternehmen und Kunden entstehen können. Im Mittelpunkt stand das anleitende Interesse daran, wie Akteure eines industriellen Ökosystems gemeinsam neue datenbasierte Mehrwertservices entwickeln können. Bereits hier zeichnete sich ab, dass zukünftige Wertschöpfung weniger innerhalb einzelner Unternehmen entsteht, sondern zunehmend im Zusammenspiel verschiedener Akteure eines industriellen Ökosystems. Die Fähigkeit, Daten organisationsübergreifend nutzbar zu machen und in konkrete Wertangebote zu übersetzen, wurde als wesentliche Voraussetzung zukünftiger Wettbewerbsfähigkeit beschrieben (ZVEI, 2020).

Vom Zukunftsbild zum Reallabor

Mit dem Projekt **Antrieb 4.0** erfolgte schließlich der Schritt von der Vision zur industriellen Praxis. Ziel war es, die in den Zukunftsbildern formulierten Annahmen anhand konkreter Anwendungsfälle unter realen Bedingungen zu untersuchen und praktisch zu erproben, welche Potenziale, Herausforderungen und Voraussetzungen mit datengetriebener Wertschöpfung in der industriellen Antriebstechnik verbunden sind. Im Mittelpunkt standen dabei nicht einzelne Technologien als Selbstzweck, sondern die Frage, wie unterschiedliche Akteure eines industriellen Ökosystems Daten, Kompetenzen und Ressourcen so zusammenführen können, dass daraus neue Mehrwertservices entstehen.

Die im Projekt entwickelten Anwendungen und Demonstratoren verdeutlichen, dass sich Zukunftsbilder industrieller Transformation weder vollständig planen noch allein aus technologischen Möglichkeiten ableiten lassen. Vielmehr bedarf es experimenteller Räume, in denen technische Lösungen entwickelt, neue Formen der Zusammenarbeit erprobt und Erfahrungen mit unterschiedlichen Organisations- und Governanceformen gesammelt werden können. **Antrieb 4.0 kann insofern als Reallabor verstanden werden, das die Übersetzung abstrakter Zukunftserwartungen in konkrete betriebliche Anwendungen ermöglicht und zugleich Rückmeldungen darüber liefert, welche Annahmen sich in der Praxis bewähren, angepasst oder weiterentwickelt werden müssen.**

Die im Projekt gewonnenen Erfahrungen verweisen zugleich auf Themenfelder, die die zukünftige Entwicklung der industriellen Antriebstechnik maßgeblich prägen dürften. Neben Fragen datenbasierter Wertschöpfung rücken dabei Aspekte wie digitale Souveränität, Cybersecurity, Nachhaltigkeit, Qualifizierung sowie die Fähigkeit zur Gestaltung resilienter und kooperativer Wertschöpfungsnetzwerke stärker in den Vordergrund. Die Transformation der industriellen Antriebstechnik erscheint damit zunehmend als **langfristiger sozio-**

technischer Gestaltungsprozess, in dem technologische Innovationen, organisatorische Veränderungen und neue Formen der Zusammenarbeit gemeinsam gedacht werden müssen.

Von Industrie 4.0 zu Manufacturing-X

Die im Projekt Antrieb 4.0 adressierten Fragestellungen stehen zugleich in engem Zusammenhang mit aktuellen industriepolitischen Initiativen wie der Plattform Industrie 4.0 und **Manufacturing-X (MX)**. Während frühe Industrie-4.0-Diskussionen zunächst die Digitalisierung einzelner Unternehmen und Produktionssysteme in den Mittelpunkt stellten, rücken heute zunehmend die organisationsübergreifende Nutzung und der souveräne Austausch industrieller Daten in den Fokus. Ziel von MX ist es, Unternehmen unterschiedlicher Größe zu befähigen, Daten entlang von Wertschöpfungsnetzwerken sicher, interoperabel und selbstbestimmt zu nutzen, um neue Formen datengetriebener Wertschöpfung zu ermöglichen (BMWE, 2026). Viele der Themen, die heute unter dem Dach von MX diskutiert werden – etwa digitale Souveränität, Interoperabilität, Datenräume, Governance-Strukturen oder die Entwicklung gemeinsamer Mehrwertservices –, wurden im Projekt Antrieb 4.0 bereits anhand konkreter Anwendungsfälle innerhalb der industriellen Antriebstechnik praktisch erprobt. Die im vorliegenden Whitepaper beschriebenen Erfahrungen können daher als **domänenspezifischer Erfahrungsbeitrag zur aktuellen Diskussion um die Gestaltung zukünftiger industrieller Datenökosysteme** verstanden werden. Sie zeigen zugleich, dass die größten Herausforderungen häufig weniger in der technischen Machbarkeit als vielmehr in Fragen der Zusammenarbeit, des Vertrauens und der wirtschaftlichen Nutzbarmachung gemeinsamer Daten liegen (Plattform Industrie 4.0, 2026).

Datenräume als Fundament industrieller KI

Die derzeit entstehenden industriellen Datenökosysteme bilden zugleich die Grundlage für die nächste Entwicklungsstufe industrieller Wertschöpfung. Mit dem zunehmenden Einsatz **industrieller Künstlicher Intelligenz** gewinnen qualitativ hochwertige, interoperable und domänenspezifische Daten weiter an Bedeutung. Industrielle KI setzt strukturierte, interoperable und vertrauenswürdig nutzbare Daten voraus. Datenräume und industrielle KI sind daher nicht als getrennte Entwicklungen zu verstehen, sondern als aufeinander aufbauende Transformationsschritte (ZVEI, 2026a; ZVEI, 2026b). Vielmehr handelt es sich um einen fortlaufenden Lern- und Gestaltungsprozess, in dem Zukunftsbilder konkretisiert, praktisch erprobt und auf Basis neuer Erfahrungen weiterentwickelt werden. **Antrieb 4.0 markiert in diesem Prozess einen wichtigen Zwischenschritt:** Das Projekt übersetzt übergeordnete Zukunftserwartungen in konkrete Mehrwertservices und liefert zugleich Erkenntnisse darüber, welche technischen, organisatorischen und kooperativen Voraussetzungen geschaffen werden müssen, damit datengetriebene Wertschöpfung – und künftig auch industrielle KI – ihr Potenzial in industriellen Ökosystemen entfalten können.

1.3 Zielsetzung und Aufbau des Whitepapers

Die industrielle Antriebstechnik steht exemplarisch für die tiefgreifenden Veränderungen, die derzeit viele Industriebranchen prägen. Digitale Technologien, steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit und Resilienz sowie die zunehmende Vernetzung von Unternehmen eröffnen neue Möglichkeiten der Wertschöpfung, stellen etablierte Geschäftsmodelle jedoch zugleich vor grundlegende Herausforderungen. Industrielle Daten entwickeln sich dabei zunehmend zu einem eigenständigen Produktionsfaktor, dessen wirtschaftlicher Wert sich insbesondere in der organisationsübergreifenden Nutzung entfaltet (Plattform Industrie 4.0, 2026).

Gleichzeitig zeigt sich, dass die Potenziale industrieller Datenräume nicht allein durch ihre technische Verfügbarkeit erschlossen werden können. Die zentrale Herausforderung liegt weniger in der Verfügbarkeit von Daten als in ihrer wirtschaftlich tragfähigen Nutzung und ihrer Übersetzung in konkrete Wertbeiträge für Kunden, Prozesse und Geschäftsmodelle. Die erfolgreiche Gestaltung datengetriebener Wertschöpfung erfordert daher das Zusammenspiel technologischer Voraussetzungen, geeigneter organisatorischer Rahmenbedingungen sowie der aktiven Einbindung der beteiligten Menschen (Plattform Industrie 4.0, 2026; acatech, 2024). Vor diesem Hintergrund leistet das Whitepaper einen praxisnahen und empirisch fundierten

Beitrag zum Verständnis datengetriebener Wertschöpfung im industriellen Kontext. Im Mittelpunkt steht das Projekt **Antrieb 4.0**, in dem Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Verbände gemeinsam untersucht und erprobt haben, wie sich industrielle Datenräume zur Entwicklung neuer Mehrwertservices und datenbasierter Geschäftsmodelle nutzen lassen.

Das Whitepaper dokumentiert die Erfahrungen eines domänenspezifischen Reallabors und die daraus ableitbaren Erkenntnisse für Unternehmen, Verbände und Transferinitiativen. Zugleich gewinnen die im Projekt Antrieb 4.0 erarbeiteten Erkenntnisse vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen zusätzlich an Bedeutung. Initiativen wie **Manufacturing-X** verfolgen das Ziel, vertrauenswürdige und interoperable Datenökosysteme als Grundlage einer wettbewerbsfähigen, resilienten und nachhaltigen Industrie zu etablieren (BMWE, 2026). Gleichzeitig rückt mit dem zunehmenden Einsatz **industrieller Künstlicher Intelligenz** die Frage in den Vordergrund, wie qualitativ hochwertige, interoperable und domänenspezifische Daten für lernende und adaptive Anwendungen verfügbar gemacht werden können (ZVEI, 2026a; ZVEI, 2026b). Die im Projekt Antrieb 4.0 gewonnenen Erfahrungen können daher als früher Erfahrungsbeitrag zu Entwicklungen verstanden werden, die gegenwärtig die industrielle Transformation prägen und künftig weiter an Bedeutung gewinnen dürften.

Das Whitepaper ist wie folgt aufgebaut:

- **Kapitel 1** ordnet die Untersuchung in den aktuellen Branchenkontext ein und beschreibt die Entwicklungslinie von den Zukunftsbildern der industriellen Antriebstechnik über das Reallabor Antrieb 4.0 bis hin zu aktuellen Initiativen wie Manufacturing-X.
- **Kapitel 2** erläutert die theoretischen und methodischen Grundlagen der Untersuchung und analysiert den Status quo daten- und serviceorientierter Geschäftsmodelle im Ökosystem Antrieb 4.0.
- **Kapitel 3** stellt die im Projekt entwickelten Mehrwertservices vor und zeigt exemplarisch auf, wie industrielle Daten in konkrete Anwendungen und neue Formen der Wertschöpfung übersetzt werden können.
- **Kapitel 4** leitet praxisorientierte Handlungsempfehlungen ab und diskutiert zentrale Erfolgsfaktoren und Barrieren der Transformation entlang der Dimensionen Technologie, Mensch und Organisation.
- **Kapitel 5** fasst die zentralen Erkenntnisse zusammen und skizziert Perspektiven für die Weiterentwicklung industrieller Datenökosysteme im Spannungsfeld von Manufacturing-X, datengetriebenen Geschäftsmodellen und industrieller Künstlicher Intelligenz.

Das Whitepaper richtet sich insbesondere an Unternehmen der industriellen Wertschöpfung – darunter Automatisierer, Maschinen- und Anlagenbauer, Endanwender sowie Systemintegratoren –, ebenso wie an Verbände, Transferorganisationen, Akteurinnen und Akteure aus Wissenschaft und Forschung sowie politische Entscheidungsträger. Es möchte Orientierung bieten, zur Reflexion anregen und konkrete Impulse für die praktische Umsetzung liefern. Zugleich zeigt es zentrale Handlungsfelder auf, die adressiert werden müssen, um die industrielle Wertschöpfung der Zukunft innovativ, nachhaltig und international wettbewerbsfähig zu gestalten.

2. Geschäftsmodelle im Ökosystem Antrieb 4.0

Die wirtschaftliche Nutzung industrieller Daten zählt zu den zentralen Herausforderungen datengetriebener Transformation. Im Mittelpunkt steht weniger die Verfügbarkeit von Daten als die Frage, wie daraus nachhaltige Wertschöpfung, tragfähige Geschäftsmodelle und neue Mehrwertservices entstehen können. Vor diesem Hintergrund untersucht Antrieb 4.0 daten- und serviceorientierte Geschäftsmodelle im Ökosystem der industriellen Antriebstechnik.

Die Entwicklung datenbasierter Geschäftsmodelle gilt als eine zentrale Voraussetzung, um die Potenziale digitaler Technologien und industrieller Datenökosysteme wirtschaftlich nutzbar zu machen. Während die technische Realisierung von Datenräumen und interoperablen Infrastrukturen in den vergangenen Jahren erheblich vorangeschritten ist, bestehen weiterhin erhebliche Wissenslücken darüber, wie datengetriebene Wertschöpfung konkret ausgestaltet, implementiert und monetarisiert werden kann. Die entscheidende Frage lautet daher nicht allein, wie Daten verfügbar gemacht werden können, sondern wie aus ihrer Nutzung nachhaltiger wirtschaftlicher Nutzen entsteht.

Datengetriebene Wertschöpfung ist damit weder eine rein technologische noch eine ausschließlich betriebswirtschaftliche Fragestellung. Vielmehr erfordert sie die Betrachtung von Akteuren, Wertangeboten, Formen der Zusammenarbeit und Mechanismen der Wertrealisierung innerhalb industrieller Ökosysteme. Vor diesem Hintergrund untersucht das Projekt Antrieb 4.0, wie sich daten- und serviceorientierte Geschäftsmodelle im Ökosystem der industriellen Antriebstechnik bereits heute darstellen und welche Entwicklungsperspektiven sich daraus ableiten lassen. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie unterschiedliche Akteure entlang der Wertschöpfungskette industrielle Daten nutzen, welche Mehrwerte sie schaffen, wie Zusammenarbeit organisiert wird und auf welche Weise wirtschaftlicher Nutzen entsteht.

Die Analyse basiert auf einem mehrstufigen Untersuchungsdesign, das qualitative Experteninterviews mit Akteuren des Ökosystems, die strukturierte Analyse bestehender Geschäftsmodelle sowie die gemeinsame Reflexion und Priorisierung von Ergebnissen im Rahmen von Workshops miteinander verbindet. Dadurch wird nicht nur der Status quo bestehender Geschäftsmodelle sichtbar, sondern auch deutlich, welche Potenziale, Herausforderungen und Gestaltungsbedarfe mit der Weiterentwicklung datengetriebener Wertschöpfung verbunden sind. Die folgenden Abschnitte stellen zunächst den theoretischen und methodischen Untersuchungsrahmen vor. Anschließend werden die bestehenden Geschäftsmodelle im Ökosystem Antrieb 4.0 entlang der vier Dimensionen des St. Galler Business Model Navigators – **WER, WAS, WIE und WERT** – analysiert. Die Ergebnisse liefern einen empirischen Einblick in die gegenwärtige Ausgestaltung datengetriebener Wertschöpfung und zeigen zugleich auf, an welchen Stellen neue Mehrwertservices, kooperative Geschäftsmodelle und zukünftige Formen industrieller Wertschöpfung entstehen können.

2.1 Untersuchungsrahmen

Vor diesem Hintergrund untersucht Antrieb 4.0, wie datengetriebene Wertschöpfung im industriellen Ökosystem der Antriebstechnik praktisch gestaltet wird. Während zahlreiche Beiträge die technologischen Voraussetzungen und Potenziale von Industrie 4.0 beschreiben, liegen bislang vergleichsweise wenige empirische Erkenntnisse dazu vor, wie Unternehmen Daten bereits heute nutzen, welche Geschäftsmodelle sich entwickeln und unter welchen Bedingungen organisationsübergreifende Wertschöpfung gelingt. Das Projekt Antrieb 4.0 greift diese Fragestellung auf und untersucht die Perspektiven zentraler Akteure der industriellen Antriebstechnik als einem Anwendungsfeld, in dem unterschiedliche Unternehmen entlang des gesamten Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen zusammenwirken.

2.1.1 Datengetriebene Wertschöpfung als Geschäftsmodellfrage

Geschäftsmodelle beschreiben die grundlegende Logik, nach der Unternehmen Wert schaffen, bereitstellen und wirtschaftlich realisieren. Sie beantworten die Frage, wie aus Ressourcen, Kompetenzen und Leistungen nachhaltiger Nutzen für Kunden und Unternehmen entsteht. Im Zuge der Digitalisierung gewinnen dabei insbesondere daten- und serviceorientierte Geschäftsmodelle an Bedeutung. Bereits Vandermerwe und Rada (1988) beschrieben mit dem Konzept der *Servitization* die Entwicklung von produktorientierten hin zu stärker serviceorientierten Leistungsangeboten. Tukker (2004) zeigte später, dass sich unterschiedliche Ausprägungen solcher Produkt-Service-Systeme unterscheiden lassen – von produktbegleitenden Dienstleistungen bis hin zu nutzungs- und ergebnisorientierten Geschäftsmodellen. Im industriellen Umfeld entstehen heute zunehmend hybride Wertangebote, in denen physische Produkte, digitale Dienstleistungen und datenbasierte Leistungen miteinander kombiniert werden.

Auch in der industriellen Antriebstechnik lässt sich diese Entwicklung beobachten. Physische Komponenten bilden weiterhin die Grundlage der Wertschöpfung, werden jedoch zunehmend durch digitale Services ergänzt. Die Erfassung und Auswertung von Betriebs- und Zustandsdaten ermöglicht beispielsweise Leistungen zur Verbesserung der Energieeffizienz, zur Unterstützung von Wartungsprozessen oder zur Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit. Entscheidend ist dabei, dass Daten nicht als eigenständige Wertquelle verstanden werden können. Wirtschaftlicher Nutzen entsteht erst durch ihre zielgerichtete Nutzung im jeweiligen Anwendungskontext. Daten werden erst dann zur wertschöpfenden Ressource, wenn sie mit Domänenwissen verknüpft und in Anwendungen, Entscheidungen oder Mehrwertservices übersetzt werden (Wixom & Ross, 2017). Datengetriebene Wertschöpfung ist damit weder eine rein technologische noch ausschließlich eine betriebswirtschaftliche Fragestellung. Sie entsteht vielmehr im Zusammenspiel unterschiedlicher Akteure, ihrer Kompetenzen sowie geeigneter Formen der Zusammenarbeit.

2.1.2 Geschäftsmodelldimensionen als analytische Perspektive

Zur Analyse der empirischen Ergebnisse wird das Geschäftsmodellverständnis nach Gassmann, Frankenberger und Csik (2014) herangezogen. Das Modell reduziert die Komplexität von Geschäftsmodellen auf vier grundlegende Fragestellungen und eignet sich insbesondere zur Untersuchung von Veränderungs- und Innovationsprozessen im industriellen Kontext.

Die vier Dimensionen lauten:

- **WER?** – Welche Akteure sind an der Wertschöpfung beteiligt und welche Rollen übernehmen sie?
- **WAS?** – Welche Wertangebote werden bereitgestellt und welcher Nutzen entsteht für die jeweiligen Zielgruppen?
- **WIE?** – Wie erfolgt die Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Akteuren und wie werden die erforderlichen Ressourcen und Prozesse organisiert?
- **WERT?** – Auf welche Weise wird wirtschaftlicher Nutzen generiert und über welche Mechanismen werden Erlöse erzielt?



Abbildung 1: Geschäftsmodelldimensionen nach Gassmann

Die vier Dimensionen WER, WAS, WIE und WERT dienen als analytischer Bezugsrahmen zur Untersuchung datengetriebener Geschäftsmodelle im Ökosystem Antrieb 4.0. Eigene Darstellung nach Gassmann et al. (2014).

Die Konzentration auf diese vier Dimensionen ermöglicht eine strukturierte Betrachtung bestehender Geschäftsmodelle und erleichtert zugleich die Identifikation von Entwicklungstendenzen und Gestaltungsmöglichkeiten. Das Modell dient daher im weiteren Verlauf des Whitepapers als analytischer Bezugsrahmen für die Einordnung der empirischen Ergebnisse.

2.1.3 Zielsetzung und leitende Untersuchungsfragen

Das Projekt Antrieb 4.0 untersucht, wie datengetriebene Wertschöpfung im Ökosystem der industriellen Antriebstechnik gegenwärtig ausgestaltet ist und welche Perspektiven sich für ihre Weiterentwicklung ergeben.

Im Mittelpunkt stehen dabei insbesondere folgende Fragestellungen:

- Welche Akteure prägen das Ökosystem Antrieb 4.0 und welche Aufgaben übernehmen sie?
- Welche Wertangebote bestehen bereits heute und welche Rolle spielen digitale und datenbasierte Leistungen?
- Wie arbeiten die beteiligten Akteure zusammen und welche Bedeutung kommt dem Austausch und der Nutzung von Daten zu?
- Über welche Ertragsmechanismen wird wirtschaftlicher Nutzen generiert?
- Welche Potenziale, Herausforderungen und Entwicklungstendenzen ergeben sich für zukünftige datengetriebene Geschäftsmodelle?

Die Beantwortung dieser Fragen verfolgt eine doppelte Zielsetzung. Zum einen soll die Untersuchung einen empirisch fundierten Einblick in die gegenwärtige Ausgestaltung datengetriebener Wertschöpfung in einem industriellen Ökosystem liefern. Zum anderen sollen Ansatzpunkte aufgezeigt werden, wie Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Verbände die Entwicklung zukünftiger Geschäftsmodelle und Mehrwertservices gestalten können. Die folgenden Kapitel stellen die Ergebnisse der Untersuchung entlang der vier Geschäftsmodelldimensionen WER, WAS, WIE und WERT dar und verdeutlichen, wie sich datengetriebene Wertschöpfung im Ökosystem Antrieb 4.0 bereits heute entwickelt und welche Perspektiven sich daraus für die Zukunft ableiten lassen.

2.1.4 Studiendesign und Untersuchungsdurchführung

Die Ergebnisse dieses Whitepapers beruhen auf einem mehrstufigen Untersuchungs- und Gestaltungsprozess, der im Rahmen des Forschungsprojekts Antrieb 4.0 durchgeführt wurde. Ziel war es, die Perspektiven zentraler Akteure des industriellen Ökosystems zusammenzuführen, bestehende Formen datengetriebener Wertschöpfung sichtbar zu machen und daraus konkrete Ansätze für zukünftige Mehrwertservices abzuleiten. Die Untersuchung folgte dem Verständnis des Projekts als Reallabor. Im Mittelpunkt stand nicht die Beobachtung eines isolierten Untersuchungsgegenstandes unter kontrollierten Bedingungen, sondern die gemeinsame Erprobung und Reflexion zukünftiger Wertschöpfungsmöglichkeiten unter den Bedingungen industrieller Praxis. Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Verbände brachten ihre jeweiligen Erfahrungen, Anforderungen und Sichtweisen in den Prozess ein und entwickelten die Ergebnisse iterativ weiter.

Empirische Datengrundlage und Auswahl der Akteure

Als Vorarbeit zur Interviewstudie wurden durch eine Literatur- und Dokumentenrecherche sowie einen Workshop mit assoziierten Partnern zunächst die relevanten Akteursrollen des Ökosystems Antrieb 4.0 identifiziert und beschrieben. Insgesamt konnten 35 Akteursrollen bestimmt werden, die sich in produktbezogene Akteure (17), datenbezogene Akteure (10) sowie ein erweitertes Ökosystem (8) gliedern (vgl. Tabelle A.1). Im Rahmen des Workshops wurden daraus fünf Schlüsselrollen priorisiert, die die zentralen Protagonisten des Ökosystems und damit die Zielgruppen der Interviewstudie darstellen: Komponentenhersteller – insbesondere Antriebshersteller (KH), Maschinen- und Anlagenbauer (OEM), Anbieter digitaler Mehrwertservices (SA), Betreiber (BE) sowie Instandhalter (IH).

Auf dieser Grundlage wurden die Teilnehmenden der Interviewstudie ausgewählt. Insgesamt wurden 30 Experteninterviews durchgeführt, teilweise in doppelter Rollenbesetzung: 19 Interviews mit Komponentenherstellern mit zusätzlichen Rollen als Serviceanbieter oder Instandhalter, sieben Interviews mit Maschinen- und Anlagenbauern mit zusätzlichen Rollen als Serviceanbieter oder Instandhalter sowie vier Interviews mit

Betreibern einschließlich Instandhaltern. Die befragten Fachleute stammen aus Österreich, England, Italien, Deutschland, Belgien und den USA und repräsentieren sowohl mittelständische Unternehmen mit etwa 500 Mitarbeitenden als auch internationale Großunternehmen mit über 100.000 Beschäftigten.

Durchführung und Auswertung der Interviews

Qualitative Experteninterviews eignen sich insbesondere dann, wenn komplexe Entscheidungs- und Transformationsprozesse untersucht werden sollen und das Erfahrungswissen der beteiligten Akteure im Mittelpunkt steht. Sie ermöglichen es, neben formalen Strukturen auch Einschätzungen, Erwartungen, Hemmnisse und implizites Wissen zu erfassen, die für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle von zentraler Bedeutung sind (Bogner, Littig & Menz, 2014). Die Durchführung der Interviews orientierte sich an einem semi-strukturierten Vorgehen. Die Gespräche basierten auf einem Interviewleitfaden, der eine vergleichbare Erhebung zentraler Themen sicherstellte und zugleich Raum für vertiefende Nachfragen sowie die Exploration unerwarteter Aspekte ließ. Die gewählte Methodik erlaubte es somit, die Perspektiven unterschiedlicher Akteursgruppen des Ökosystems zusammenzuführen und ein differenziertes Bild des aktuellen Entwicklungsstandes datenbasierter Geschäftsmodelle zu gewinnen. Die Interviews dienten dazu, bestehende Geschäftsmodelle, Formen der Zusammenarbeit, Wertangebote und Ertragsmechanismen aus Sicht der beteiligten Akteure zu erfassen. Darüber hinaus wurden Chancen, Hemmnisse und zukünftige Entwicklungsperspektiven datengetriebener Wertschöpfung diskutiert. Die Auswertung erfolgte vergleichend entlang der vier Geschäftsmodelldimensionen WER, WAS, WIE und WERT nach Gassmann. Ziel war es nicht, statistisch repräsentative Aussagen zu treffen, sondern ein vertieftes Verständnis der unterschiedlichen Perspektiven und Zusammenhänge innerhalb des Ökosystems zu gewinnen. Die Erkenntnisse aus den Interviews bildeten zugleich die Grundlage für die Entwicklung und Konkretisierung der im weiteren Verlauf des Whitepapers vorgestellten Mehrwertservices. In mehreren projektbegleitenden Workshops wurden die identifizierten Bedarfe, Herausforderungen und Potenziale gemeinsam reflektiert und in konkrete Anwendungsfälle übersetzt. Die entwickelten Services sind somit nicht als theoretische Konstrukte zu verstehen, sondern als Ergebnis eines iterativen Co-Creation-Prozesses zwischen Wissenschaft und industrieller Praxis.

Das gewählte Vorgehen verbindet wissenschaftliche Systematik mit der Praxisnähe eines Reallabors. Es schafft Transparenz hinsichtlich der Entstehung der Ergebnisse und ermöglicht zugleich einen Einblick in die Aushandlungs- und Lernprozesse, die der Entwicklung datengetriebener Wertschöpfung in industriellen Ökosystemen zugrunde liegen. Die Untersuchung verfolgt damit ausdrücklich keinen Anspruch auf statistische Generalisierbarkeit. Ihr Erkenntniswert liegt vielmehr in der analytischen Verdichtung konkreter Erfahrungen, der Identifikation wiederkehrender Muster sowie der exemplarischen Aufbereitung von Gestaltungswissen. Die Ergebnisse zeigen auf, wie Unternehmen, Verbände und Forschungseinrichtungen gemeinsam Zukunftsbilder entwickeln, praktisch erproben und schrittweise in anschlussfähige Anwendungen überführen können.

2.2 WER – Akteure im Ökosystem Antrieb 4.0

Die Analyse der Experteninterviews verdeutlicht, dass datengetriebene Wertschöpfung im Ökosystem Antrieb 4.0 nicht von einzelnen Unternehmen isoliert gestaltet wird. Vielmehr entsteht sie im Zusammenspiel verschiedener Akteure, die unterschiedliche Kompetenzen, Ressourcen und Interessen in gemeinsame Wertschöpfungsprozesse einbringen. Die Entwicklung und Bereitstellung datenbasierter Mehrwertservices erfordert daher die Zusammenarbeit entlang des gesamten Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen. Im Rahmen der Vorarbeiten zur Interviewstudie wurden insgesamt 35 Akteursrollen identifiziert und beschrieben, die sich produktbezogenen Akteuren, datenbezogenen Akteuren sowie einem erweiterten Ökosystem zuordnen lassen. Für die empirische Untersuchung wurden daraus fünf Schlüsselrollen priorisiert, die die zentralen Perspektiven im Ökosystem Antrieb 4.0 repräsentieren: Komponentenhersteller (KH), Maschinen- und Anlagenbauer (OEM), Anbieter digitaler Mehrwertservices (SA), Betreiber (BE) sowie Instandhalter (IH).

Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die jeweiligen Rollen entlang der vier Geschäftsmodelldimensionen WER, WAS, WIE und WERT. Im Mittelpunkt stehen die wahrgenommenen Herausforderungen, die bestehenden und zukünftigen Wertangebote sowie die Rolle von Daten und Zusammenarbeit für die Weiterentwicklung datengetriebener Geschäftsmodelle. Die Darstellung basiert auf den Aussagen der befragten Expertinnen und Experten und erhebt keinen Anspruch auf statistische Repräsentativität. Vielmehr eröffnet sie einen empirisch fundierten Einblick in die gegenwärtige Ausgestaltung und die wahrgenommenen Entwicklungsperspektiven datengetriebener Wertschöpfung in der industriellen Antriebstechnik. Die Ergebnisse zeigen trotz unterschiedlicher Ausgangspositionen bemerkenswerte Gemeinsamkeiten. Daten werden von den befragten Akteuren nicht als eigenständige Wertquelle verstanden. Ihr Nutzen entsteht vielmehr durch die Übersetzung in konkrete Anwendungen und Leistungen, die betriebliche Herausforderungen adressieren. Gleichzeitig wird deutlich, dass neue Wertangebote zunehmend organisationsübergreifend entstehen und die Grenzen zwischen traditionellen Rollenbildern durchlässiger werden. Die nachfolgenden Akteursperspektiven verdeutlichen, wie sich diese Entwicklung aus Sicht der jeweiligen Beteiligten darstellt.

Gemeinsame Herausforderungen trotz unterschiedlicher Perspektiven

Die fünf ausgewählten Schlüsselrollen repräsentieren unterschiedliche Perspektiven auf datengetriebene Wertschöpfung im Ökosystem Antrieb 4.0. Sie unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Aufgaben, ihrer Nähe zum Endanwender sowie ihrer jeweiligen Erwartungen an den Einsatz digitaler Technologien und datenbasierter Services. Gleichzeitig wird deutlich, dass die Entwicklung zukünftiger Geschäftsmodelle nicht von einzelnen Akteuren allein gestaltet werden kann, sondern die Koordination und Zusammenarbeit aller Beteiligten erfordert. Die Interviewergebnisse verdeutlichen zugleich einen Wandel der industriellen Zusammenarbeit. Während traditionelle Geschäftsbeziehungen häufig auf bilateralen Austauschbeziehungen beruhen, erfordern datenbasierte Wertschöpfungsansätze zunehmend multilaterale Formen der Kooperation. Die gemeinsame Nutzung von Daten entwickelt sich damit von einer technischen Integrationsaufgabe zu einer organisationsübergreifenden Wertschöpfungslogik. Für die Erschließung zusätzlicher Effizienz- und Marktpotenziale wird ein ganzheitliches und standardisiertes Teilen von Daten zwischen mehreren Stakeholdern zunehmend zu einer Voraussetzung zukünftiger Wertschöpfung (Plattform Industrie 4.0, 2023a; Plattform Industrie 4.0, 2026).

Die Ergebnisse aus Antrieb 4.0 bestätigen damit Beobachtungen aus aktuellen Diskussionen zu Business Ecosystems und zukünftigen Wertschöpfungsnetzwerken. Innovationen sowie neue Produkt-, Service- und Geschäftsmodellangebote entstehen zunehmend im Zusammenwirken unterschiedlicher Akteure mit komplementären Kompetenzen (Moore, 1993; IMPULS-Stiftung, 2020). Datengetriebene Mehrwertservices lassen sich vielfach nur dann realisieren, wenn Hersteller, Betreiber, Instandhalter sowie weitere Partner ihre jeweiligen Beiträge entlang des gesamten Lebenszyklus technischer Systeme miteinander verbinden.

Von datengetriebener zu zirkulärer Wertschöpfung

Auffällig ist zudem, dass das identifizierte Akteursspektrum bereits zahlreiche Rollen umfasst, die für zirkuläre Wertschöpfung als zentral gelten. Neben Herstellern und Betreibern zählen hierzu unter anderem Instandhalter, Reparaturdienstleister, Dismantler, Remanufacturer und Recycler. Die Ergebnisse legen damit nahe, dass datengetriebene Wertschöpfung und Kreislaufwirtschaft nicht als getrennte Entwicklungen verstanden werden sollten. Vielmehr können digitale Technologien und organisationsübergreifende Datenflüsse Transparenz über Produktlebenszyklen schaffen und Voraussetzungen für Wiederverwendung, Wiederaufbereitung und weitere zirkuläre Geschäftsmodelle unterstützen (Fendt, Schuster & Hamper, 2026).

Im Folgenden werden die fünf priorisierten Schlüsselrollen hinsichtlich ihrer Aufgaben, Zielsetzungen sowie der aus Sicht der Befragten wahrgenommenen Chancen und Herausforderungen näher betrachtet.

2.2.1 Komponentenhersteller (KH)

Komponentenhersteller – insbesondere Hersteller industrieller Antriebssysteme – nehmen im Ökosystem Antrieb 4.0 eine zentrale Rolle ein. Sie entwickeln und produzieren die technischen Komponenten, die die Grundlage zahlreicher industrieller Anwendungen bilden, und verfügen über umfassendes Wissen zu Aufbau, Funktion und Leistungsfähigkeit ihrer Produkte. Gleichzeitig stehen sie zunehmend vor der Herausforderung, ihre traditionellen produktorientierten Geschäftsmodelle um digitale und datenbasierte Leistungen zu ergänzen.

Aufgabenprofil der Antriebshersteller (KH)

- Design effizienter & zuverlässiger Antriebssysteme
- Prototypenbau & Test vom MVP bis zum vollfunktionsfähigen Antriebssystem
- Einkauf & Produktion von Material & Bauteilen
- Qualitätskontrolle zur Sicherstellung der Produktqualität
- Vertrieb & Kundenservice zur Unterstützung von Kunden



Ziel der Komponentenhersteller ist es, effiziente und langlebige Antriebssysteme unter Einhaltung wirtschaftlicher Vorgaben bereitzustellen. Attraktive Angebote, kurze Time-to-Market-Zeiten, hohe Kundenzufriedenheit und langfristige Kundenbindungen gelten dabei als zentrale Erfolgsfaktoren. Die Interviews verdeutlichen jedoch, dass sich diese Potenziale bislang nur eingeschränkt realisieren lassen. Als zentrale Herausforderungen werden insbesondere der begrenzte Zugang zu Betriebsdaten, die fehlende Transparenz über die tatsächliche Nutzung der eigenen Produkte sowie Unsicherheiten hinsichtlich Datennutzung und Verantwortlichkeiten genannt. Hinzu kommen steigender Wettbewerbs- und Kostendruck, zunehmende regulatorische Anforderungen sowie die Notwendigkeit, digitale Kompetenzen innerhalb der eigenen Organisation aufzubauen und langfristig zu verankern.

2.2.2 Maschinen- und Anlagenbauer (OEM)

Maschinen- und Anlagenbauer (OEM) nehmen im Ökosystem Antrieb 4.0 eine zentrale Integrationsfunktion ein. Sie entwickeln, konstruieren und realisieren Maschinen und Anlagen, die aus einer Vielzahl unterschiedlicher Komponenten und Teilsysteme bestehen, und übersetzen kundenspezifische Anforderungen in technisch funktionsfähige Gesamtlösungen. Durch ihre Nähe zu den konkreten Anwendungsfällen verfügen sie über ein ausgeprägtes Verständnis betrieblicher Anforderungen und nehmen eine wichtige Vermittlungsrolle zwischen Komponentenherstellern, Betreibern und weiteren Akteuren des Ökosystems ein. Aus Sicht der befragten Expertinnen und Experten sind Zeitgewinn durch Fehlervermeidung, hohe Kundenzufriedenheit und langfristige Kundenbindungen zentrale Erfolgsfaktoren. Die frühzeitige Identifikation und Vermeidung von Fehlern trägt dazu bei, Entwicklungs- und Inbetriebnahmeprozesse zu beschleunigen und die Time-to-Market neuer Produkte zu verkürzen. Gleichzeitig entstehen Kundenzufriedenheit und langfristige Geschäftsbeziehungen durch die Bereitstellung langlebiger und zuverlässiger Maschinen sowie durch eine erfolgreich durchgeführte Erstabnahme beim Kunden.

Aufgabenprofil der Maschinen- und Anlagenbauer (OEM)

- Entwicklung und Konstruktion von Maschinen & Anlagen
- Berechnung und Simulation zur Sicherstellung von Funktionalität und Leistungsfähigkeit (z. B. Auslegung und Auswahl von Antriebssystemen)
- Produktion und Fertigung unter Einhaltung von Qualitätsstandards
- Montage und Inbetriebnahme beim Kunden
- Technischer Support, Schulung und Begleitung über den Lebenszyklus



Digitale Technologien und datenbasierte Anwendungen werden in diesem Zusammenhang als Möglichkeit betrachtet, bestehende Engineering- und Serviceprozesse gezielt zu unterstützen. Die Verfügbarkeit konsistenter Daten und digitaler Abbilder kann beispielsweise dazu beitragen, Auslegungsprozesse zu verbessern, Transparenz über den Anlagenbetrieb zu erhöhen und die Zusammenarbeit entlang des Lebenszyklus technischer Systeme zu erleichtern. Die Interviews verdeutlichen jedoch zugleich, dass die praktische Umsetzung weiterhin mit erheblichen Herausforderungen verbunden ist. Insbesondere die Vielzahl manueller Tätigkeiten bei der Erstellung und Pflege digitaler Abbilder komplexer Automatisierungslösungen sowie aufwendige und komplexe Auslegungsprozesse erschweren die effiziente Gestaltung von Engineering-Prozessen. Hinzu kommen steigende Anforderungen an Flexibilität, Qualität und Individualisierung, die unter hohem Zeit- und Wettbewerbsdruck umgesetzt werden müssen.

2.2.3 Anbieter digitaler Mehrwertservices (SA)

Anbieter digitaler Mehrwertservices übernehmen im Ökosystem Antrieb 4.0 die Aufgabe, Daten in nutzbare Informationen und konkrete Unterstützungsleistungen zu übersetzen. Sie entwickeln und erbringen digitale Dienste, die von Maschinen- und Anlagenbauern, Betreibern und Instandhaltern genutzt werden können. Hierzu zählen beispielsweise Energie-Monitoring-, Condition-Monitoring- oder weitere datenbasierte Serviceangebote, die Transparenz schaffen und betriebliche Entscheidungen unterstützen.

Aufgabenprofil der Serviceanbieter (SA)

- Design von Dienstleistungen (Service-Design)
- Netzwerkanbindung von Komponenten, Maschinen & Anlagen zur Bereitstellung von Services
- Bereitstellung und Erbringung von Service-Leistungen, insb. durch Datensammlung, Datenbereinigung, Mustererkennung, Ergebnisaufbereitung & Bereitstellen von Entscheidungshilfen
- Qualitätssicherung der Serviceleistungen
- Schulung und Weiterbildung des eigenen Personals und der Kunden über neue Technologien, Verfahren und Best Practices



Aus Sicht der befragten Expertinnen und Experten eröffnen datenbasierte Services vielfältige Potenziale. Dazu zählen insbesondere die Erschließung neuer Marktanteile, die Verbesserung der Reputation sowie die langfristige Bindung von Kunden. Darüber hinaus ermöglichen umfangreichere Datenerhebungen die kontinuierliche Weiterentwicklung bestehender Angebote, fördern Innovationen und Wissensaufbau durch kooperative Serviceangebote und schaffen Wettbewerbsvorteile durch eine verbesserte Informationsverfügbarkeit. Remote Services können zudem dazu beitragen, Reiseaufwände zu reduzieren und Serviceleistungen effizienter zu gestalten. Die Interviews verdeutlichen jedoch zugleich, dass die Umsetzung datenbasierter Geschäftsmodelle mit hohen Aufwänden, erheblichen Komplexitäten und vielfältigen Unsicherheiten verbunden ist. Herausforderungen entstehen insbesondere durch fehlende Datenzugriffe, unvollständige und uneinheitliche Datenformate sowie unzureichende Produktinformationen. Hinzu kommen aufwendige Service-Level-Management-Prozesse und komplexe Abrechnungsverfahren für nutzen- beziehungsweise ergebnisorientierte Erlösmodelle. Als besonders anspruchsvoll beschreiben die Befragten die Entwicklung hoch spezialisierter Algorithmen bei gleichzeitig teilweise fehlendem Domänenwissen sowie den Umgang mit individuellen Vertragsverhandlungen und heterogenen Kundenanforderungen. Darüber hinaus besteht ein Spannungsfeld zwischen dem Wunsch nach standardisierten und skalierbaren Angeboten einerseits und der Nachfrage nach individuell anpassbaren Services andererseits. Wandelnde Regularien im Umgang mit Daten sowie unklare oder wechselnde Kundenanforderungen erhöhen zusätzlich das finanzielle Risiko neuer Entwicklungen und erschweren die Skalierung entsprechender Angebote.

2.2.4 Betreiber (BE)

Betreiber sind die Akteure, die Maschinen und Anlagen zur Herstellung von Produkten und zur Erbringung wirtschaftlicher Leistungen einsetzen. Sie stehen im direkten Spannungsfeld zwischen Produktivität, Qualität, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit und bewerten neue Technologien und datenbasierte Angebote vor allem danach, ob diese einen konkreten Beitrag zur Verbesserung des laufenden Betriebs leisten.

Aufgabenprofil der Betreiber (BE)

- Planung und Engineering von Produktionsprozessen
- Einkauf von Inputs für die Herstellungsprozesse
- Herstellung von Waren in Produktionsprozessen
- Qualitätssicherung und Überwachung der Produktion
- Organisation und Steuerung des laufenden Betriebs
- Sicherstellung von Lieferfähigkeit und Ressourceneinsatz



Aus Sicht der befragten Expertinnen und Experten entstehen die wesentlichen Vorteile einer erfolgreichen Betriebsführung durch hohe Kundenzufriedenheit infolge von Liefertermintreue und Produktqualität, eine möglichst hohe Maschinenauslastung bei gleichzeitig flexibler Produktion sowie die Reduzierung von Kosten und Ressourceneinsatz. Darüber hinaus tragen die Einhaltung rechtlicher Vorschriften sowie sichere und attraktive Arbeitsbedingungen zur Reputation von Unternehmen und zur Zufriedenheit der Mitarbeitenden bei. Die Interviews verdeutlichen jedoch, dass Betreiber mit einer Vielzahl miteinander verknüpfter Herausforderungen konfrontiert sind. Als besonders kritisch wird der zunehmende Fachkräftemangel beschrieben, der die Effizienz und Stabilität des Betriebs erheblich beeinträchtigen kann. Verstärkt wird dies durch ineffiziente Prozessabläufe, die unter anderem durch lange Rüstzeiten und komplexe Maschinenbedienungen geprägt sind.

Zusätzliche Belastungen entstehen durch eine unzureichende Verfügbarkeit von Maschinen infolge von Komponentenverschleiß und ungeplanten Ausfällen. Gleichzeitig erschweren Medienbrüche und inkompatible OT-/IT-Strukturen die Transparenz über betriebliche Abläufe und führen dazu, dass relevante Informationen nicht rechtzeitig verfügbar sind. Dies beeinträchtigt die Entscheidungsfindung und erschwert die kontinuierliche Optimierung von Prozessen. Die Befragtenweisen zudem darauf hin, dass ein hoher Anteil nicht wertschöpfender Tätigkeiten die Produktivität begrenzt. Mit zunehmender Digitalisierung entstehen zusätzliche Aufwände für den Betrieb und die Absicherung von IT-Systemen sowie für Maßnahmen der Cyber Security, wodurch sich die Komplexität der Betriebsabläufe weiter erhöht.

Für Betreiber steht der konkrete betriebliche Nutzen datenbasierter Angebote im Vordergrund. Die Bereitschaft zur Datennutzung und Zusammenarbeit ist eng an nachvollziehbare Mehrwerte geknüpft, die zur Verbesserung von Effizienz, Verfügbarkeit oder Entscheidungsqualität beitragen.

2.2.5 Instandhalter (IH)

Instandhalter übernehmen im Ökosystem Antrieb 4.0 die Aufgabe, den vertragsgemäßen Zustand einzelner Komponenten sowie ganzer Maschinen und Anlagen sicherzustellen. Sie tragen wesentlich dazu bei, die Verfügbarkeit technischer Systeme zu gewährleisten und einen zuverlässigen Betrieb über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu unterstützen. Aufgrund ihrer Nähe zu konkreten Störungen, Verschleißerscheinungen und Wartungsprozessen verfügen sie über ein besonders praxisnahes Verständnis betrieblicher Herausforderungen.

Aufgabenprofil der Instandhalter (IH)

- Design Wartung & Inspektion
- Reparatur & Instandsetzung
- Fehlerdiagnose & Fehlerbehebung
- Ersatzteilmanagement
- Dokumentation & Berichterstattung
- Schulung & Weiterbildung



Durch die erfolgreiche Erledigung ihrer Aufgaben leisten Instandhalter einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung von Effizienz und Anlagenverfügbarkeit. Sie reduzieren Ausfallzeiten, verlängern die Lebensdauer von Komponenten und Maschinen und sichern dadurch eine hohe Kundenzufriedenheit und Kundenbindung bei gleichzeitig wettbewerbsfähigen Kosten. Die Interviews verdeutlichen jedoch, dass Instandhalter mit erheblichen Belastungen und Unsicherheiten konfrontiert sind. Zu den zentralen Herausforderungen zählen Zeitdruck, hohe Arbeitsbelastungen – beispielsweise durch Schicht- und Nachtarbeit –, komplexe Maschinen und Prozesse sowie eine hohe Ersatzteilvarianz. Hinzu kommen umfangreiche und uneinheitliche Dokumentationen, die den Zugriff auf relevante Informationen erschweren.

Weitere Unsicherheiten entstehen durch schwankende Ersatzteilverfügbarkeiten und ungeplante Stillstände, die die Ressourcen- und Einsatzplanung erheblich beeinträchtigen. Die Ergebnisse verdeutlichen damit, dass Instandhaltung weit über die reine Fehlerbehebung hinausgeht und in hohem Maße von Erfahrungswissen, situativer Entscheidungsfähigkeit und einer effizienten Informationsverfügbarkeit geprägt ist. Die Aussagen der Instandhalter verdeutlichen, dass datenbasierte Unterstützung bestehende Kompetenzen ergänzt, jedoch nicht ersetzt. Entscheidend ist die Bereitstellung handlungsrelevanter Informationen, die eine effizientere und fundiertere Instandhaltung ermöglichen.

2.2.6 Gemeinsame Wertschöpfung trotz unterschiedlicher Rollen

Die Analyse der Interviewaussagen zeigt trotz unterschiedlicher Rollen und Interessen gemeinsame Entwicklungstendenzen im Ökosystem Antrieb 4.0. Daten werden von den befragten Akteuren nicht als eigenständige Wertquelle verstanden; ihr wirtschaftlicher Nutzen entsteht erst durch die Übersetzung in konkrete Anwendungen und Leistungen, die betriebliche Herausforderungen adressieren. Sämtliche Akteursgruppen verbinden mit datengetriebenen Ansätzen die Erwartung höherer Effizienz, besserer Entscheidungsgrundlagen, erhöhter Anlagenverfügbarkeit oder neuer Wertangebote und Erlösquellen. Die Bereitschaft zur organisationsübergreifenden Datennutzung ist dabei eng an nachvollziehbare Nutzenversprechen geknüpft.

Die Ergebnisse sprechen weniger für eine grundlegende Ablösung etablierter Wertschöpfungsstrukturen als für deren schrittweise Ergänzung um daten- und serviceorientierte Angebote. Traditionelle Rollenbilder bleiben bestehen, werden jedoch durch neue Formen der Zusammenarbeit und zusätzliche

Leistungsbausteine erweitert. Der Nutzen von Daten entsteht dabei erst durch die Verbindung von Produktwissen, Prozessverständnis und konkreten Anwendungsszenarien, wodurch die Entwicklung datengetriebener Wertschöpfung zu einer gemeinschaftlichen Aufgabe des gesamten Ökosystems wird.

Insgesamt zeichnen die Interviews das Bild eines sich schrittweise wandelnden Ökosystems, in dem datenbasierte Leistungen traditionelle Angebote nicht ersetzen, sondern ergänzen. Die identifizierten Entwicklungstendenzen bilden zugleich die Grundlage für die im folgenden Kapitel dargestellten Mehrwertservices, die konkrete Ansatzpunkte zukünftiger Wertschöpfung im Ökosystem Antrieb 4.0 aufzeigen.

2.3 WAS – Wertangebote im Ökosystem Antrieb 4.0

Die Dimension **„WAS“** beschreibt das Wertversprechen eines Geschäftsmodells und beantwortet die Frage, welchen Nutzen Unternehmen ihren Kunden und Partnern bereitstellen. Sie umfasst damit sowohl die angebotenen Produkte und Dienstleistungen als auch die damit verbundenen Mehrwerte zur Lösung konkreter Kundenprobleme. Im Zuge der Digitalisierung industrieller Wertschöpfung verändern sich diese Wertangebote zunehmend. Neben physischen Produkten gewinnen digitale Dienstleistungen, datenbasierte Services und hybride Leistungsangebote an Bedeutung.

2.3.1 Status quo der Wertangebote

Die Analyse der im Projekt Antrieb 4.0 erhobenen Interviewdaten ermöglicht einen Einblick in die Frage, welche Wertangebote heute bereits im Ökosystem bestehen und welche Entwicklungen sich für zukünftige Geschäftsmodelle abzeichnen. Dabei zeigt sich, dass sich die Wertangebote der befragten Unternehmen derzeit in einer Übergangsphase befinden: Klassische Produkte bilden weiterhin die wirtschaftliche Grundlage, werden jedoch zunehmend durch ergänzende Dienstleistungen und digitale Angebote erweitert. Die Umsatzverteilung zwischen Produkt-, Service- und Softwaregeschäft (vgl. Abbildung 2) verdeutlicht diese Entwicklung besonders eindrücklich. Das klassische Produktgeschäft der befragten Unternehmen dominiert mit nahezu drei Vierteln des Gesamtumsatzes weiterhin deutlich. Während das Servicegeschäft bereits rund ein Viertel des Umsatzes ausmacht, fällt der Anteil softwarebasierter Angebote mit durchschnittlich lediglich zwei Prozent vergleichsweise gering aus. Digitale Services generieren bei den befragten Unternehmen somit bislang nur einen begrenzten Anteil des wirtschaftlichen Erfolgs. Gleichzeitig deutet ihre zunehmende Präsenz darauf hin, dass sie als strategisch relevantes Zukunftsfeld wahrgenommen werden.

> **Zentrale Erkenntnis**
>
> Die Wertangebote im Ökosystem Antrieb 4.0 werden weiterhin überwiegend durch klassische Produktgeschäfte getragen. Serviceleistungen erreichen bereits einen relevanten Umsatzanteil, während digitale und softwarebasierte Angebote bislang nur gering zum Gesamtumsatz beitragen. Die Ergebnisse weisen auf eine hybride Transformationsphase hin, in der digitale Mehrwertservices an Bedeutung gewinnen, ihr wirtschaftlicher Durchbruch jedoch vielfach noch aussteht.

Die zunehmende Ergänzung physischer Produkte durch Dienstleistungen wird in der Literatur häufig unter dem Begriff der **Servitization** beschrieben. Gemeint ist die strategische Entwicklung produzierender Unternehmen hin zu integrierten Produkt-Service-Angeboten, mit denen zusätzliche Kundennutzen geschaffen und neue Erlösquellen erschlossen werden können (Vandermerwe & Rada, 1988; Tukker, 2004). Die Ergebnisse aus Antrieb 4.0 lassen vermuten, dass sich entsprechende Entwicklungen auch in der industriellen Antriebstechnik beobachten lassen – allerdings bislang überwiegend in Form hybrider Wertangebote, die bestehende Produktgeschäfte ergänzen und erweitern, anstatt diese grundlegend zu ersetzen.

Vor diesem Hintergrund lassen die Ergebnisse der Interviewstudie Rückschlüsse darauf zu, in welchem Umfang Unternehmen des Ökosystems Antrieb 4.0 den Übergang von überwiegend produktorientierten hin zu hybriden und datenbasierten Wertangeboten bereits vollziehen.

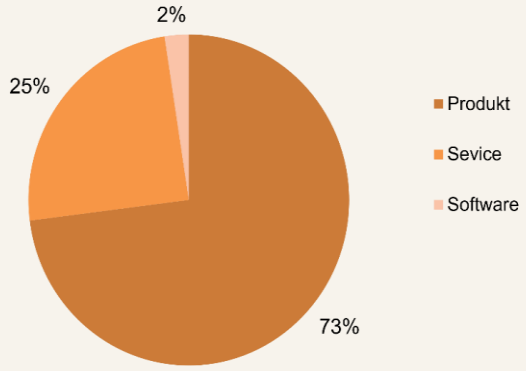

Abbildung 2: Umsatzstruktur der befragten Unternehmen

Die Darstellung verdeutlicht die relative Bedeutung von Produkt-, Service- und Softwaregeschäft aus Sicht der Interviewteilnehmenden.

2.3.2 Digitale Mehrwertservices zwischen Potenzial und Praxis

Ein differenzierteres Bild ergibt sich bei der Betrachtung der von den Interviewteilnehmenden genannten Serviceangebote (vgl. Abbildung 3). Besonders häufig wurden digitale Leistungen wie **Condition Monitoring** und **Predictive Maintenance** genannt. Beide Ansätze basieren auf der Analyse von Betriebs- und Zustandsdaten, um den Gesundheitszustand von Komponenten und Anlagen zu bewerten, potenzielle Störungen frühzeitig zu erkennen und Wartungsbedarfe vorausschauend zu planen. Ergänzt werden diese Angebote unter anderem durch Energie-Monitoring, Analytik-Services, Fernunterstützung sowie digitale Unterstützungsleistungen entlang des Lebenszyklus technischer Systeme.

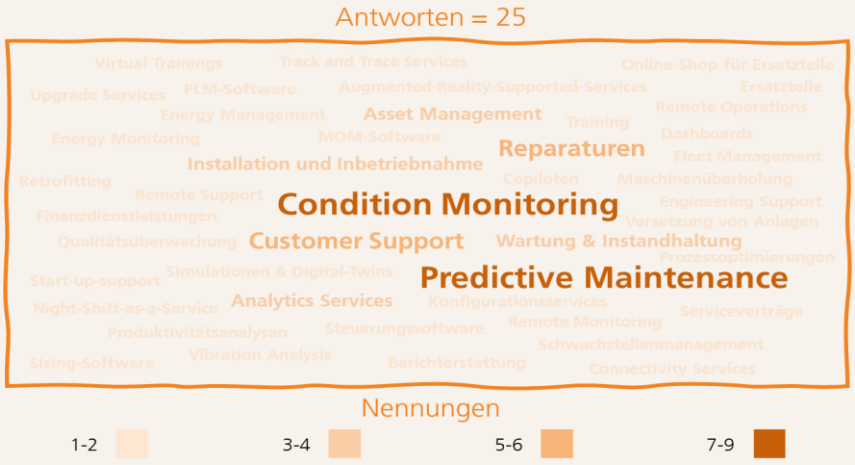

Abbildung 3: Wertangebote im Ökosystem Antrieb 4.0

Zusammenfassung der von den Interviewpartnern genannten Wertangebote.

Auffällig ist die Diskrepanz zwischen der hohen strategischen Bedeutung digitaler Services und ihrem bislang geringen Umsatzbeitrag. Obwohl digitale und datenbasierte Services in den Interviews eine hohe Aufmerksamkeit erfahren, spiegelt sich ihre Bedeutung bislang nur eingeschränkt in den Umsatzstrukturen der Unternehmen wider. Die Befunde lassen vermuten, dass Unternehmen entsprechende Leistungen bereits entwickeln und erproben, ihre wirtschaftliche Etablierung jedoch vielfach noch am Anfang steht. Digitale Mehrwertservices werden somit weniger als etabliertes Kerngeschäft verstanden, sondern vielmehr als strategisch relevantes Entwicklungs- und Zukunftsfeld.

Die Interviews liefern zugleich Hinweise auf die Ursachen dieser Diskrepanz. Als zentrale Herausforderung wird die fehlende **Interoperabilität** von Maschinen, Komponenten und Softwarelösungen beschrieben. Insbesondere bei Produkten unterschiedlicher Hersteller erschweren heterogene Schnittstellen und uneinheitliche Datenstrukturen die organisationsübergreifende Nutzung und Weiterverarbeitung von Informationen. Teilweise bestehen entsprechende Probleme sogar innerhalb einzelner Produktportfolios. In der Folge können Systeme nicht ohne Weiteres zusammenarbeiten oder Daten nur eingeschränkt für weiterführende Analysen genutzt werden. Eine weitere Herausforderung liegt im eingeschränkten Zugang zu den für digitale Services erforderlichen Daten. Die Entwicklung zuverlässiger Algorithmen setzt geeignete und möglichst umfangreiche Datengrundlagen voraus. Aus Sicht der Befragten bleibt der Zugriff auf diese Daten jedoch häufig begrenzt, da entsprechende Freigaben durch Kunden nicht oder nur eingeschränkt erfolgen. Dies erschwert die Weiterentwicklung datenbasierter Angebote und begrenzt ihre Aussagekraft und Zuverlässigkeit.

Darüber hinaus verweisen die Interviewteilnehmenden auf organisatorische und kulturelle Herausforderungen. Vertriebsstrukturen vieler Unternehmen sind historisch auf den Verkauf physischer Produkte ausgerichtet. Die Vermarktung digitaler Leistungen erfordert dagegen neue Kompetenzen, geeignete Anreizsysteme sowie angepasste organisatorische Strukturen, die sich in zahlreichen Unternehmen derzeit noch im Aufbau befinden. Die Einführung digitaler Mehrwertservices stellt damit nicht allein eine technologische, sondern zugleich eine organisatorische Transformationsaufgabe dar. Insgesamt zeichnen die Ergebnisse das Bild eines Lern- und Entwicklungsprozesses. Die Potenziale digitaler Mehrwertservices werden von den beteiligten Akteuren grundsätzlich anerkannt. Gleichzeitig verdeutlichen die Interviews, dass ihre erfolgreiche Verbreitung von technischen Voraussetzungen, dem Zugang zu Daten sowie organisatorischen Veränderungen gleichermaßen abhängt.

2.3.3 Zirkuläre Wertangebote in der industriellen Praxis

Die Analyse der genannten Wertangebote zeigt, dass sich im Ökosystem Antrieb 4.0 bereits heute zahlreiche Leistungen identifizieren lassen, die zur Verlängerung von Produktlebensdauern und zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs beitragen. Hierzu zählen insbesondere Reparaturservices, Maschinenüberholungen, Retrofit-Lösungen sowie Wartungs- und Instandhaltungsleistungen einschließlich der Bereitstellung von Ersatzteilen. Auch digitale Services wie Condition Monitoring und Predictive Maintenance unterstützen diese Ansätze, indem sie zustandsorientierte Entscheidungen ermöglichen und Wartungsbedarfe frühzeitig erkennbar machen. Darüber hinaus wurden Angebote wie Energie-Monitoring, Energiemanagement und Prozessoptimierung genannt, die auf eine effizientere Nutzung von Ressourcen abzielen.

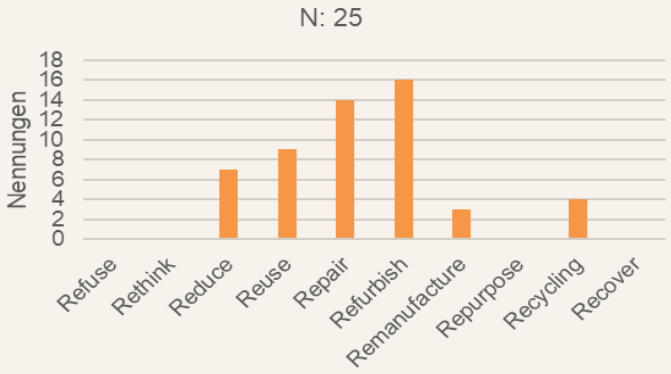

Abbildung 4: Zirkuläre Strategien im Ökosystem Antrieb 4.0

Die Abbildung zeigt die Häufigkeit der Nennung unterschiedlicher Strategien zirkulärer Wertschöpfung.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass lebensverlängernde Maßnahmen aufgrund der langen Nutzungsdauern von Maschinen und Anlagen in der industriellen Praxis bereits seit vielen Jahren etabliert sind. Die Interviews lassen jedoch erkennen, dass diese Strategien zunehmend durch digitale Anwendungen sowie erste Ansätze eines stärker auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Produktdesigns ergänzt und weiterentwickelt werden. Digitale Technologien erscheinen dabei weniger als eigenständige zirkuläre Wertangebote, sondern vielmehr als Ermöglicher bestehender Strategien. Gleichzeitig zeigen die Interviews, dass stärker transformative Ansätze – insbesondere niedrigere R-Strategien wie Rethink oder as-a-Service-Modelle – bislang überwiegend auf einzelne Pilotprojekte beschränkt bleiben. Ebenso werden die standardisierte Rücknahme, Aufbereitung und Wiedervermarktung von Komponenten und Maschinen bislang nur in begrenztem Umfang praktiziert. Remanufacturing-Angebote spielen im Vergleich zu Reparatur- und Wartungsleistungen derzeit eine untergeordnete Rolle.

Auch die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten in der Produkt- und Serviceentwicklung befindet sich vielfach noch in einer frühen Phase. Obwohl die Unternehmen der Interviewteilnehmenden überwiegend Nachhaltigkeitsstrategien verfolgen, konnten lediglich etwa ein Drittel der befragten Nicht-Betreiber konkrete ökologische Kennzahlen benennen, die zur Steuerung und Bewertung neuer Entwicklungen eingesetzt werden. Nachhaltigkeit scheint damit zwar zunehmend an Bedeutung zu gewinnen, ist jedoch noch nicht flächendeckend in bestehende Entwicklungs- und Entscheidungsprozesse integriert. Als Herausforderungen bei der Umsetzung zirkulärer Angebote nennen die Befragten insbesondere Fragen der Markt- und Produkteignung sowie ökonomische Hemmnisse. Kunden bevorzugen aus ihrer Sicht häufig weiterhin Neuware gegenüber wiederaufbereiteten Produkten. Gleichzeitig erschweren fehlendes Ecodesign, geringe Standardisierung sowie bislang wenig professionalisierte Rücknahme- und Aufbereitungsprozesse die wirtschaftliche Umsetzung entsprechender Geschäftsmodelle. Die Interviews verdeutlichen damit, dass die Weiterentwicklung zirkulärer Wertangebote nicht allein technologische Innovationen erfordert, sondern ebenso Veränderungen in Marktstrukturen, Produktgestaltung und betrieblichen Routinen voraussetzt.

2.3.4 Zwischenfazit: Hybride Wertangebote im Wandel

Die Ergebnisse zeigen eine schrittweise Weiterentwicklung bestehender Geschäftsmodelle. Digitale und zirkuläre Leistungen ergänzen etablierte Produkt- und Serviceangebote dort, wo sie einen nachvollziehbaren Mehrwert schaffen. Ihr Erfolg hängt weniger von technischen Möglichkeiten als vom Zugang zu relevanten Daten, organisationsübergreifender Zusammenarbeit und tragfähigen wirtschaftlichen Anwendungsfällen ab.

2.4 WIE – Zusammenarbeit im Ökosystem Antrieb 4.0

Die Dimension „WIE“ beschreibt, wie Wertangebote erstellt und bereitgestellt werden und welche Formen der Zusammenarbeit hierfür erforderlich sind. Im Kontext datengetriebener Wertschöpfung rücken dabei insbesondere die organisationsübergreifende Nutzung und der Austausch von Daten in den Mittelpunkt. Viele der im Projekt Antrieb 4.0 diskutierten Mehrwertservices setzen voraus, dass unterschiedliche Akteure Informationen teilen, Kompetenzen bündeln und gemeinsam neue Lösungen entwickeln.

2.4.1 Zusammenarbeit als Voraussetzung datengetriebener Wertschöpfung

Die Ergebnisse der Interviewstudie zeigen, dass die befragten Akteure dem Datenaustausch grundsätzlich offen gegenüberstehen – vorausgesetzt, die damit verbundenen Mehrwerte sind nachvollziehbar und die Interessen aller Beteiligten werden berücksichtigt. Als Motivatoren einer Zusammenarbeit werden insbesondere die Möglichkeit, den eigenen „Lösungsraum“ zu erweitern genannt, ohne die eigenen Kernkompetenzen grundlegend verändern zu müssen. Co-Creation wird dabei als Chance verstanden, Fachwissen und Ressourcen zu bündeln, Innovationen gemeinsam zu entwickeln und neue Kundengruppen über Partnerschaften zu erschließen. Gleichzeitig fällt auf, dass Kooperationen vor allem im Zusammenhang mit der Entwicklung neuer Lösungen und Geschäftsmodelle thematisiert werden. Zusammenarbeit zur Schließung von Stoff- und Wertschöpfungskreisläufen wird dagegen deutlich seltener angesprochen. Datenräume und interoperable Infrastrukturen erscheinen aus Befragten Sicht weniger als Selbstzweck, sondern dann als sinnvoll, wenn sie einen konkreten Beitrag zur Lösung betrieblicher Herausforderungen leisten (European Commission, 2020; Plattform Industrie 4.0, 2026). Den wahrgenommenen Chancen stehen jedoch erhebliche Vorbehalte gegenüber. Neben Datensicherheit und Datenschutz werden insb. die Angst vor dem Verlust von Wettbewerbsvorteilen, die Preisgabe von Alleinstellungsmerkmalen sowie ein möglicher Verlust der Kundenbindung genannt. Darüber hinaus berichten die Interviewteilnehmenden von Schwierigkeiten, geeignete Kooperationspartner zu identifizieren. Insbesondere bei datenbezogenen Fragestellungen wird auf fehlendes Domänenwissen und den Mangel an Fachkräften hingewiesen, die Daten im jeweiligen Anwendungskontext angemessen interpretieren können. Die folgende Abbildung fasst die am häufigsten



Abbildung 5: Hürden des Datenaustauschs

Darstellung zentraler Barrieren beim organisationsübergreifenden Austausch von Daten.

genannten Hürden beim Datenaustausch mit Partnern und Kunden zusammen. Vertrauen und nachvollziehbare Mehrwerte erweisen sich als zentrale Voraussetzungen organisationsübergreifender Zusammenarbeit.

2.4.2 Das Wert-Risiko-Dilemma datengetriebener Zusammenarbeit

Die Interviewergebnisse verdeutlichen, dass die Herausforderungen datengetriebener Zusammenarbeit aus Sicht der Befragten weniger in der grundsätzlichen Bereitschaft zum Datenteilen liegen. Vielmehr stehen die mit dem Austausch verbundenen Risiken häufig sehr konkret vor Augen, während die potenziellen Mehrwerte zunächst abstrakt bleiben und sich vielfach erst anhand konkreter Anwendungsfälle erschließen. Die Interviews lassen damit erkennen, dass sich die Bereitschaft zum Datenaustausch in einem Spannungsfeld zwischen wahrgenommenen Risiken und erwarteten Nutzen bewegt. Risiken wie der Verlust von Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen, Kontrollverlust über die eigenen Daten oder mögliche Wettbewerbsnachteile werden unmittelbar benannt. Gleichzeitig besteht vielfach Unsicherheit darüber, ob die mit dem Datenteilen verbundenen Vorteile diese Risiken tatsächlich aufwiegen.

Die im Projekt entwickelte Governance-Perspektive greift dieses Spannungsfeld auf und beschreibt datenbasierte Zusammenarbeit als kontinuierliche Aushandlung von Interessen, Verantwortlichkeiten und Wertbeiträgen (v. Grafenstein & Stenzel, 2025). Sie ist dabei weniger als allgemeingültige Lösung für Governance-Fragen in industriellen Datenökosystemen zu verstehen, sondern vielmehr als Sensibilisierung für die unterschiedlichen Anforderungen und Perspektiven der beteiligten Akteure. Die Ergebnisse machen deutlich, dass technische Infrastrukturen allein keine vertrauensvolle Zusammenarbeit schaffen können. Vielmehr sind Transparenz, Datensouveränität und nachvollziehbare Nutzenversprechen zentrale Voraussetzungen dafür, dass organisationsübergreifender Datenaustausch über einzelne Pilotvorhaben hinaus in dauerhaft tragfähige Kooperationsbeziehungen überführt werden kann.

2.4.3 Datenökosysteme zwischen Chance und Skepsis

Es zeigt sich, dass die Teilnahme an Datenökosystemen sowohl mit Chancen als auch mit Vorbehalten verbunden wird. Als potenzielle Vorteile nennen die Befragten insbesondere die Optimierung bestehender Prozesse, die Verbesserung des Informationsaustauschs mit Partnern sowie Anwendungen wie Fernwartung und Ferndiagnostik. Darüber hinaus werden Qualitätsverbesserungen und Kostenvorteile angesprochen. Einzelne Interviewteilnehmende verweisen darauf, dass eine bessere Informationsverfügbarkeit dazu beitragen kann, Over-Engineering zu vermeiden und bestehende Prozesse effizienter zu gestalten. Gleichzeitig werden jedoch zusätzliche Aufwände und Unsicherheiten hervorgehoben. Hierzu zählen insbesondere die technische Anbindung an Datenökosysteme, die Aufbereitung von Datenbeständen, die Ausgestaltung vertraglicher Regelungen sowie die Schwierigkeit, die mit einer Teilnahme verbundenen Mehrwerte bereits im Vorfeld verlässlich zu quantifizieren. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass Datenökosysteme aus Sicht der befragten Akteure nicht primär anhand ihrer technischen Möglichkeiten bewertet werden. Entscheidend ist vielmehr, ob sie einen konkreten Beitrag zur Lösung betrieblicher Herausforderungen leisten und die entstehenden Nutzenpotenziale für die beteiligten Unternehmen nachvollziehbar machen.

Diese Beobachtungen lassen sich zugleich in aktuelle Entwicklungen wie Manufacturing-X einordnen. Ziel entsprechender Initiativen ist es, Unternehmen einen souveränen und vertrauenswürdigen Austausch von Daten zu ermöglichen, ohne die Kontrolle über die eigenen Informationen aufzugeben (BMWE, 2026). Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 verdeutlichen jedoch, dass entsprechende Infrastrukturen insbesondere dann Akzeptanz finden, wenn sie an konkreten Anwendungsfällen ansetzen und die daraus entstehenden Mehrwerte sichtbar machen.

2.5 WERT – Ertragsmechanismen im Ökosystem Antrieb 4.0

Die Dimension „WERT“ beschreibt die wirtschaftliche Logik eines Geschäftsmodells und beantwortet die Frage, wie Unternehmen aus ihren Leistungen Erträge generieren. Sie umfasst damit sowohl bestehende Erlösquellen als auch die Frage, inwiefern neue Wertangebote zu zusätzlichen Einnahmemöglichkeiten führen können. Gerade im Kontext datengetriebener Geschäftsmodelle gilt die Entwicklung tragfähiger Monetarisierungsansätze als eine der zentralen Herausforderungen. Während die technischen Möglichkeiten zur Entwicklung digitaler Services stetig zunehmen, bleibt ihre wirtschaftliche Umsetzung vielfach anspruchsvoll. Die Analyse der Interviewergebnisse ermöglicht daher Einblicke in die Frage, welche Ertragsmechanismen im Ökosystem Antrieb 4.0 heute dominieren und welche Entwicklungen sich für die Zukunft abzeichnen.

Die Einordnung der Ergebnisse erfolgt anhand des Modells von Tukker (2004), das zwischen produktorientierten, nutzungsorientierten und ergebnisorientierten Ertragsmechanismen unterscheidet. Ergänzend wurden hybride Modelle berücksichtigt, die unterschiedliche Formen der Erlösgenerierung miteinander verbinden. Die Ergebnisse zeigen, dass produktorientierte, nutzungsorientierte und hybride Ertragsmechanismen von den Befragten vergleichsweise ausgeglichen genannt wurden (vgl. Abbildung 6), während ergebnisorientierte Mechanismen deutlich seltener auftreten. Nutzungsorientierte Ertragsmechanismen kommen insbesondere im Zusammenhang mit Software zum Einsatz. Bei produktorientierten Mechanismen verhält es sich umgekehrt, wobei die Unterschiede zwischen Software- und Hardwareprodukten weniger deutlich ausfallen als bei den nutzungsorientierten Modellen. Innerhalb der hybriden Ertragsmechanismen dominieren Serviceverträge, während Leasingmodelle am zweithäufigsten genannt werden.

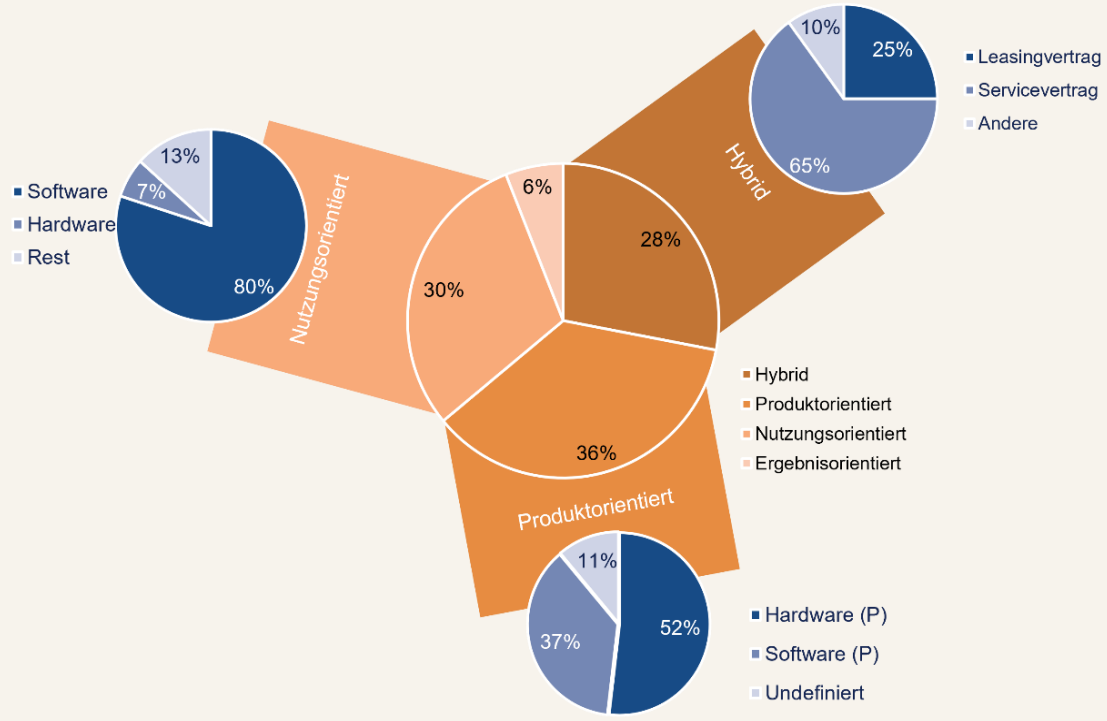

Abbildung 6: Ertragsmechanismen im Ökosystem Antrieb 4.0

Übersicht der von den Interviewpartnern beschriebenen Erlöslogiken.

Die Monetarisierung digitaler und datenbasierter Leistungen wird seit mehreren Jahren intensiv diskutiert. Zahlreiche Unternehmen erkennen das Potenzial datenbasierter Services, stehen jedoch weiterhin vor der Herausforderung, hierfür geeignete Erlösmodelle zu entwickeln und eine ausreichende Zahlungsbereitschaft am Markt zu etablieren. Technische Machbarkeit allein führt daher nicht automatisch zu wirtschaftlichem Erfolg (vgl. Plattform Industrie 4.0, 2023a). Die Interviews aus Antrieb 4.0 legen nahe, dass neue Erlösmodelle im industriellen Umfeld häufig nicht als vollständiger Ersatz bestehender Ertragsstrukturen verstanden werden. Vielmehr werden nutzungs- und ergebnisorientierte Modelle überwiegend als ergänzende Elemente einer schrittweisen Transformation betrachtet. Aus Sicht der Interviewpartner erscheint insbesondere die nachvollziehbare Vermittlung des konkreten Kundennutzens entscheidend. Erst wenn durch digitale Services ein messbarer Mehrwert entsteht – etwa durch Energieeinsparungen, reduzierte Stillstandszeiten oder eine höhere Anlagenverfügbarkeit –, erhöht sich die Bereitschaft, neue Formen der Vergütung zu akzeptieren.

Bei der Umsetzung nutzungs- und ergebnisorientierter Ertragsmechanismen sehen sich die Befragten mit unterschiedlichen Herausforderungen konfrontiert. An erster Stelle dominieren ökonomische Herausforderungen, insbesondere finanzielle Risiken aufgrund unsicherer Finanzplanung sowie einer Preisgestaltung mit unklaren Mehrwerten. An zweiter Stelle folgen kulturelle Hindernisse, die sich durch Konservatismus und – aus Sicht der Befragten – insbesondere durch das Besitzstreben der Kunden äußern. Weitere Komplexitäten ergeben sich durch fehlenden Datenzugriff, Produkteigenschaften sowie rechtliche und organisatorische Hürden. Zusammenfassend verdeutlichen die Ergebnisse, dass die wirtschaftliche Transformation datengetriebener Geschäftsmodelle im Ökosystem Antrieb 4.0 bereits begonnen hat, sich jedoch noch in einem frühen Entwicklungsstadium befindet. Klassische Produktgeschäfte bleiben weiterhin von zentraler Bedeutung, werden zunehmend jedoch durch digitale Dienstleistungen und datenbasierte Mehrwertangebote ergänzt. Die Interviews machen zugleich deutlich, dass die erfolgreiche Etablierung neuer Erlösmodelle maßgeblich von der Fähigkeit abhängt, konkrete Nutzenpotenziale für Kunden nachvollziehbar zu machen. Vor diesem Hintergrund wurden im Projekt Antrieb 4.0 ausgewählte Use Cases und darauf aufbauende Mehrwertservices entwickelt, die exemplarisch aufzeigen, wie datengetriebene Wertschöpfung unter den Bedingungen industrieller Praxis gestaltet werden kann. Diese werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

2.6 Zentrale Erkenntnisse der Studie

Die Auswertung der Experteninterviews verdeutlicht, dass sich datengetriebene Wertschöpfung nicht auf einzelne technologische Aspekte reduzieren lässt. Vielmehr zeigen sich entlang aller vier Geschäftsmodelldimensionen charakteristische Entwicklungsmuster, die in der folgenden Übersicht zusammengefasst sind.

	Zentrale Beobachtung	Bedeutung für datengetriebene Wertschöpfung
WER	Wertschöpfung entsteht zunehmend im Zusammenwirken von Komponentenherstellern, OEMs, Betreibern, Instandhaltern und Serviceanbietern.	Datenbasierte Geschäftsmodelle erfordern organisationsübergreifende Kooperation sowie die Bündelung komplementärer Kompetenzen.
WAS	Klassische Produktangebote dominieren weiterhin, werden jedoch zunehmend durch digitale Services ergänzt.	Der Wandel erfolgt schrittweise hin zu hybriden Leistungsangeboten aus Produkten und datenbasierten Services.
WIE	Datenaustausch wird grundsätzlich positiv bewertet, scheitert jedoch häufig an fehlender Interoperabilität, Unsicherheiten und mangelndem Vertrauen.	Interoperabilität, Datensouveränität und Governance bilden die Grundlage skalierbarer Datenökosysteme.
WERT	Produktorientierte Erlösmodelle dominieren weiterhin; datenbasierte Erlösmodelle befinden sich überwiegend in einer frühen Entwicklungsphase.	Die wirtschaftliche Herausforderung liegt vor allem in der Entwicklung tragfähiger Monetarisierungsmodelle.

Tabelle 1: Zentrale Erkenntnisse der Geschäftsmodellanalyse

Insgesamt wird deutlich, dass der wirtschaftliche Nutzen industrieller Daten nicht aus ihrer bloßen Verfügbarkeit entsteht. Entscheidend ist ihre organisationsübergreifende Nutzung zur Entwicklung neuer Services, Wertangebote und Geschäftsmodelle. Die Ergebnisse zeigen damit weniger ein abgeschlossenes Zielbild als vielmehr den Ausgangspunkt einer schrittweisen Transformation. Kapitel 3 greift diese Erkenntnisse auf und zeigt anhand der im Projekt entwickelten Mehrwertservices, wie die identifizierten Potenziale in konkrete Anwendungen und neue Wertangebote übersetzt werden können.

Digitalisierung kostet Aufwand, ein Kosten-Nutzen-Verhältnis ist daher relevant

Die Siemens AG Digital Industries Motion Control ist im Bereich der elektrischen Antriebstechnik als Hersteller tätig. Wir sprechen mit unserem assoziierten Partner Bernd Wacker, Principal Key Expert „Technologie und Innovation“ als Vertreter der Geschäftseinheit sowie Mitglied des ZVEI-Arbeitskreises Industrie 4.0 Elektrische Antriebe, über die Möglichkeiten einer herstellerübergreifenden Kompatibilität von Antrieben, die Anforderung an einen geteilten Datenraum und welche Chancen sich daraus für die Branche ergeben.



Herr Wacker, ein zentrales Ziel von Antrieb 4.0 ist eine herstellerübergreifende Kompatibilität für die Auswahl, Inbetriebnahme, Betrieb und Service von Antrieben. Was sind Ihre bisherigen Erfahrungen in der technischen Umsetzung und welche Ansätze gibt es dazu im Projekt?

In der bisherigen Welt der Anwendung von Antriebssystemen gibt es schon viele praktische Standards, die es ermöglichen, flexibel auf Änderungen zu reagieren, wie zum Beispiel beim Design, Engineering oder auch beim Service von Motoren, Umrichtern, Sensoren und Steuerungen. Das betrifft vor allem die Hardware, wo die Standardisierung vor Jahrzehnten begann. Schwierig in der Praxis ist immer noch das Handling der Daten, oftmals beispielsweise als PDF. Zudem sind Steuerungen und auch Umrichter heutzutage mit digitaler Kommunikation ausgestattet. In der Welt der Anlagen ist es so, dass viele verschiedene Geräte verschiedener Hersteller zum Einsatz kommen und eine digitale Kommunikation auf der IT-Ebene über Umwege oder gar nicht erfolgt. Das Projekt hat das Ziel, Interoperabilität herstellerübergreifend auf der Basis von digitalen Standards zu zeigen. Darauf aufbauend lassen sich viele Use Cases realisieren.

So kann sich zum Beispiel ein Betreiber im Asset Management viel Zeit beim Suchen von Informationen sparen. […]

Das Forschungsprojekt versteht sich auch als Türöffner für zukunftsfähige Geschäftsmodelle. Welche Chancen eröffnet dies der Branche allgemein?

Elektrische Antriebe besitzen mit ihrer Umrichterkomponente sehr viele Daten, die Informationen über sich selbst – das Asset – oder den Prozess liefern, mit dem eine Maschine angetrieben wird. Mit Sensoren ausgestattet, lassen sich noch mehr Informationen ermitteln. Durch die gezielte Verwendung dieser Daten bzw. Informationen lassen sich Performance-Indikatoren ableiten, die einen bestimmten Nutzen beweisen können, wenn die eine oder andere Optimierung durchgeführt wird. Es entsteht eine gewisse Transparenz und Messbarkeit, die allen Stakeholdern Vorteile bieten, und zwar entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Erst zu diesem Zeitpunkt ist die Umsetzung neuer Geschäftsmodelle sinnvoll, wie z. B. das Performance-Contracting zur Reduzierung des Energieverbrauches und damit des Product Carbon Footprint.

Die Siemens Business Unit Motion Control (MC) ist einer der weltweit führenden Anbieter von Produkten, Systemen, Lösungen und Dienstleistungen auf dem Motion-Control-Markt. Das Unternehmen beschäftigt rund 12.000 Mitarbeiter und verfügt über drei Geschäftsbereiche: General Motion Control (GMC), Machine Tool Systems (MTS) und Service (CS MC). Mit Fabriken sowie F&E- und Servicestandorten ist das Unternehmen in der Nähe der Kunden und in den unterschiedlichsten Branchen zu Hause.

Das Interview wurde von Ute Fertig geführt und am 25. März 2024 auf www.antrieb40.de veröffentlicht.

3. Mehrwertservices im Ökosystem Antrieb 4.0

Die Ergebnisse der vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, dass Unternehmen im Ökosystem Antrieb 4.0 die Potenziale datengetriebener Wertschöpfung grundsätzlich erkennen, ihre wirtschaftliche Umsetzung jedoch vielfach noch am Anfang steht. Insbesondere die Entwicklung neuer Wertangebote und tragfähiger Geschäftsmodelle stellt viele Akteure vor technologische, organisatorische und kulturelle Herausforderungen. Gleichzeitig eröffnen Datenökosysteme neue Möglichkeiten, bestehende Grenzen zwischen Unternehmen zu überwinden und Mehrwerte gemeinsam zu schaffen. Durch den souveränen Austausch von Informationen und die Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure können neue datenbasierte Dienstleistungen entstehen, die über klassische Produktangebote hinausgehen.

Im Projekt Antrieb 4.0 wurden deshalb konkrete Geschäftsmöglichkeiten entwickelt, die exemplarisch aufzeigen, wie datengetriebene Wertschöpfung im industriellen Ökosystem der Antriebstechnik gestaltet werden kann. Die entwickelten Mehrwertservices stellen einen zentralen Beitrag des Projekts dar. Sie machen Potenziale datenbasierter Zusammenarbeit greifbar und liefern zugleich Orientierungswissen für Unternehmen, Forschung, Verbände und Transferakteure. Der Status quo zeigt, dass sich Unternehmen mit der Umsetzung von serviceorientierten und zirkulären Geschäftsmodellen noch immer schwertun, da sie einigen technologischen, organisatorischen und menschlichen Herausforderungen gegenüberstehen. Dennoch sehen die Unternehmen in Datenökosystemen eine Chance, durch vermehrte Datenaustausch- und Kollaborationsmöglichkeiten neue Geschäftsmodelle skalierbar umzusetzen. Einige dieser neuen Geschäftsmöglichkeiten im Ökosystem Antrieb 4.0 wurden im Rahmen des Projektes erarbeitet und sollen im Folgenden dargestellt werden.

3.1 Zwei Schlüssel-Use-Cases

Die im Projekt entwickelten Mehrwertservices entstanden nicht zufällig, sondern sind das Ergebnis eines strukturierten Auswahl- und Entwicklungsprozesses. Ziel war es, solche Anwendungsfälle zu identifizieren, die aus Sicht der beteiligten Akteure einen hohen praktischen Nutzen versprechen und zugleich einen relevanten Beitrag zur zukünftigen Gestaltung datengetriebener Wertschöpfung leisten können. Die ausgewählten Referenz-Use-Cases sind daher nicht als Vorwegnahme der später entwickelten Mehrwertservices zu verstehen. Vielmehr beschreiben sie typische Problem- und Gestaltungsräume im Ökosystem Antrieb 4.0 und verdeutlichen, an welchen Stellen entlang des Maschinen- und Anlagenlebenszyklus datengetriebene Zusammenarbeit besondere Potenziale entfalten kann.

Im Projekt wurden zunächst insgesamt 36 Anwendungsfälle durch Recherchen und Workshops identifiziert und analysiert. Auf Basis ihres wissenschaftlichen Innovationspotenzials, des Forschungsinteresses sowie der im Projektverbund verfügbaren Kompetenzen erfolgte eine Vorselektion von zehn vielversprechenden Use Cases. In einem anschließenden Onlineverfahren priorisierten Antriebshersteller, Maschinen- und Anlagenbauer sowie Betreiber diese Kandidaten anhand ihres erwarteten wirtschaftlichen und ökologischen Nutzens sowie ihrer technischen und organisatorischen Umsetzbarkeit. Der mehrstufige Auswahlprozess verdeutlicht den Anspruch des Projekts, wissenschaftliche Perspektiven mit den Bedarfen der industriellen Praxis zu verbinden.

Als Ergebnis wurden zwei Schlüssel-Use-Cases ausgewählt: die **„Ganzheitliche energieeffiziente Auslegung von Antriebslösungen“** sowie das **„Digitalisierte Asset Management“**. Beide adressieren unterschiedliche Phasen des Maschinen- und Anlagenlebenszyklus. Während die energieeffiziente Auslegung insbesondere die frühen Phasen des Engineerings und der Inbetriebnahme in den Blick nimmt, konzentriert sich das digitalisierte Asset Management auf Transparenz, Betrieb und Instandhaltung bestehender Anlagen. Gemeinsam bilden sie den Bezugsrahmen für die Entwicklung der im Projekt ausgearbeiteten Mehrwertservices und spiegeln zugleich zentrale Herausforderungen und Chancen der industriellen Transformation wider.

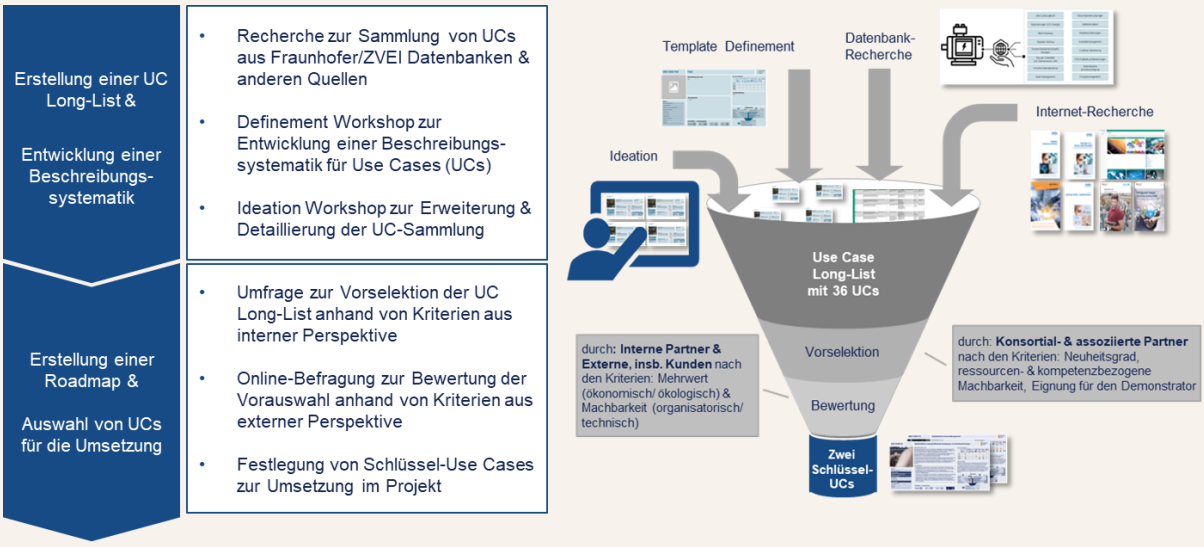

Abbildung 7: Auswahlprozess der Use Cases

Die beiden Referenz-Use-Cases verdeutlichen exemplarisch, dass datengetriebene Wertschöpfung an unterschiedlichen Stellen des Lebenszyklus ansetzen kann. Sie schaffen Orientierung für die nachfolgend dargestellten Mehrwertservices und zeigen zugleich, dass die Entwicklung neuer Geschäftsmöglichkeiten nicht allein von technologischer Machbarkeit abhängt, sondern gleichermaßen wirtschaftliche, organisatorische und ökologische Aspekte berücksichtigen muss.

3.1.1 Ganzheitliche energieeffiziente Auslegung von Antriebslösungen

Die Auslegung von Antriebssystemen beeinflusst maßgeblich die spätere Energieeffizienz, die Betriebskosten und die Leistungsfähigkeit von Maschinen und Anlagen. Die steigende Komplexität moderner Antriebslösungen erschwert die Auswahl geeigneter Komponenten unter technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten. Hierzu zählen neben Kosten, Verfügbarkeit und Lieferzeiten insbesondere Anforderungen an Energieeffizienz, Product Carbon Footprint (PCF) und Zirkularität.

In der Praxis erfolgt die Auslegung häufig mithilfe herstellerspezifischer Werkzeuge. Unterschiedliche Datenmodelle und Bewertungsansätze erschweren jedoch die Vergleichbarkeit alternativer Lösungen. Der Use Case untersucht daher, wie Antriebssysteme auf Basis eines vom Betreiber vorgegebenen Last- und Bewegungsprofils durch die Kombination von Komponenten unterschiedlicher Hersteller möglichst energieeffizient ausgelegt werden können. Für die ausgewählte Konfiguration werden die zu erwartenden Energieverbräuche prognostiziert und während der Inbetriebnahme anhand einer Referenzfahrt verifiziert. Die Referenzfahrt dient anschließend als Grundlage für den kontinuierlichen Abgleich mit den Energieverbräuchen im Betrieb. Die verbesserte Vergleichbarkeit unterstützt nachvollziehbare Engineering-Entscheidungen und ermöglicht die frühzeitige Identifikation energieeffizienter Lösungsalternativen. Gleichzeitig können Abweichungen im Betrieb erkannt und Betriebsdaten zur Weiterentwicklung zukünftiger Auslegungen genutzt werden.

3.1.2 Digitalisiertes Asset Management

Industrielle Anlagen bestehen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Komponenten, deren Informationen häufig auf verschiedene Dokumentationen und IT-Systeme verteilt sind. Die daraus resultierende mangelnde Transparenz erschwert insbesondere Instandhaltungs- und Serviceprozesse und erhöht den Aufwand bei der Bereitstellung relevanter Informationen. Zudem werden die Bewertung von Security-Meldungen und die Planung von Modernisierungsmaßnahmen erschwert. Der Use Case untersucht, wie Informationen zu installierten Komponenten über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg strukturiert und standardisiert bereitgestellt werden können. Ziel ist es, die installierte Basis transparent abzubilden und Informationen nur einmal zu erfassen, damit sie berechtigten Akteuren standort- und herstellerübergreifend zur Verfügung stehen, ohne die Datensouveränität einzuschränken. Dadurch können Informationsbrüche und Mehrfacheingaben reduziert werden.

Ein digitalisiertes Asset Management unterstützt die effiziente Planung von Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen, kann Stillstandszeiten reduzieren und die Verfügbarkeit von Anlagen erhöhen. Darüber hinaus erleichtert es Modernisierungen und schafft Voraussetzungen für eine längere Nutzung bestehender Systeme sowie zirkuläre Strategien.

3.2 Mehrwertservices im Ökosystem Antrieb 4.0

Die im Projekt entwickelten Mehrwertservices bilden den zentralen Transferbeitrag von Antrieb 4.0. Sie übersetzen die im Ökosystem identifizierten Herausforderungen und Potenziale in konkrete Wertversprechen und zeigen auf, wie datengetriebene Wertschöpfung unter den Bedingungen industrieller Praxis ausgestaltet werden kann. Die Services verdeutlichen, welchen Nutzen organisationsübergreifende Zusammenarbeit, standardisierte Datenbereitstellung und neue Formen der Datennutzung für die beteiligten Akteure stiften können. Sie reichen von der Unterstützung früher Engineering-Entscheidungen über die Optimierung des Anlagenbetriebs bis hin zur Instandhaltung und dem Wissensmanagement.

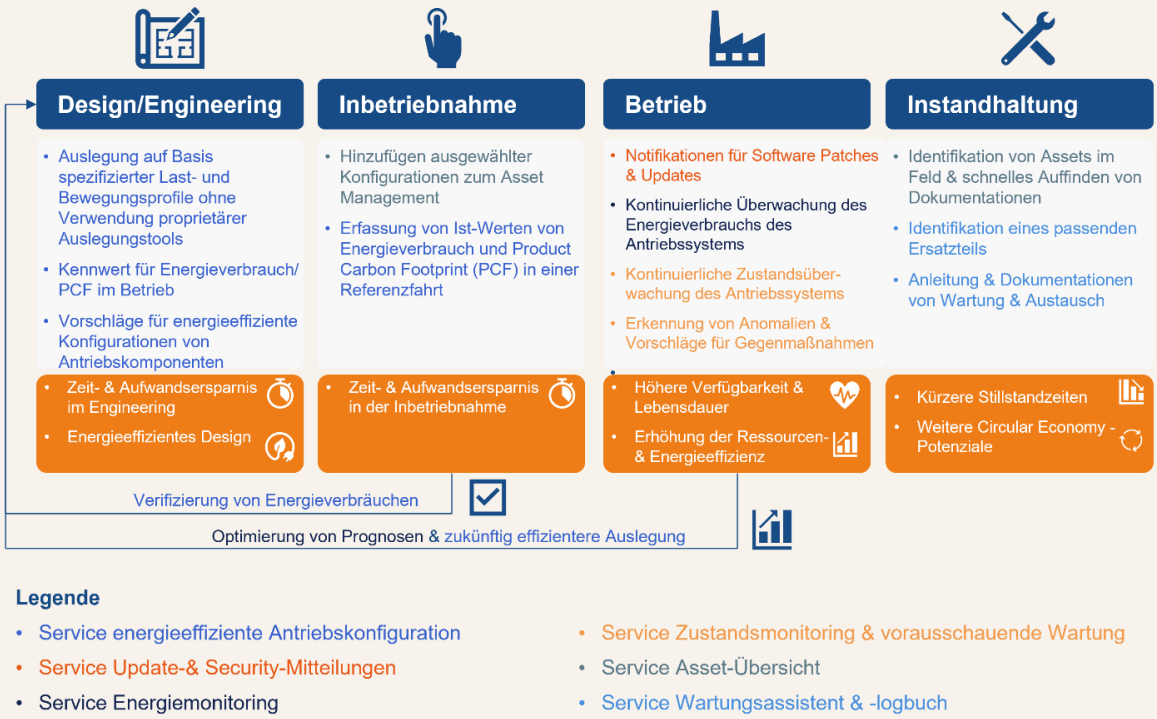

Abbildung 8: Mehrwertservices entlang des Lebenszyklus

Die dargestellten Services sind nicht als isolierte Einzellösungen zu verstehen. Vielmehr entstehen sie im Zusammenspiel verschiedener Akteure, die ihre jeweiligen Kompetenzen, Datenbestände und Erfahrungen in die Leistungserbringung einbringen. Betreiber, Maschinen- und Anlagenbauer, Komponentenhersteller, Instandhalter und Serviceanbieter leisten dabei jeweils spezifische Beiträge zur gemeinsamen Wertschöpfung. Zur vergleichbaren Beschreibung der Mehrwertservices wurde eine einheitliche Darstellungslogik entwickelt. Die **Service Proposition** beschreibt das jeweilige Nutzenversprechen und die adressierten Herausforderungen. Die **Interaktionsperspektive** zeigt die Zusammenarbeit der beteiligten Akteure. Die **Ökosystemperspektive** macht Wert- und Informationsflüsse innerhalb des Netzwerks sichtbar. Die **Datenraumperspektive** verdeutlicht, welche Daten benötigt werden und wie daraus – von Rohdaten über Erkenntnisse bis hin zu konkreten Handlungen – Mehrwerte entstehen können (Wixom & Ross, 2017). Die **Mehrwertperspektive** stellt die jeweiligen Nutzenpotenziale für die beteiligten Akteursgruppen heraus.

Die entwickelte Darstellungslogik ermöglicht es, die nachfolgend beschriebenen Mehrwertservices systematisch zu vergleichen und als Ansatzpunkte zukünftiger Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsbeziehungen im industriellen Ökosystem zu verstehen. Die zugehörigen Templates (vgl. Abbildungen 9 bis 14) unterstützen den Transfer der Ergebnisse in Wissenschaft und Praxis.

3.2.1 Service energieeffiziente Antriebskonfiguration

Bereits in der Planungs- und Auslegungsphase industrieller Anlagen werden Entscheidungen getroffen, die den späteren Energieverbrauch, die Leistungsfähigkeit und die Wirtschaftlichkeit eines Systems maßgeblich beeinflussen. Die Auswahl der energieeffizientesten Konfiguration des Antriebsstrangs verbessert dabei nicht nur die ökologische Bilanz eines Unternehmens, sondern wirkt sich auch wesentlich auf die Gesamtkosten eines Antriebssystems aus. Den größten Anteil an den Gesamtkosten eines Antriebs (Total Cost of Ownership, TCO) verursachen in der Regel die Betriebskosten (OPEX), während die Investitionskosten (CAPEX) häufig nur einen vergleichsweise geringen Anteil ausmachen (Getriebebau NORD GmbH & Co. KG, 2022). Da die Energiekosten einen erheblichen Anteil der Betriebskosten ausmachen, können sich Mehrinvestitionen in energieeffizientere Komponenten oftmals bereits nach kurzer Zeit amortisieren (Drives & Controls, 2026). Gleichzeitig wächst der Druck auf Maschinen- und Anlagenbauer sowie Betreiber, Energieeffizienzpotenziale auszuschöpfen und Nachhaltigkeitsanforderungen frühzeitig zu berücksichtigen.

Die Auswahl einer geeigneten Antriebskonfiguration gestaltet sich jedoch zunehmend komplex. Die hierfür benötigten Informationen sind häufig auf zahlreiche Herstellerplattformen und Webseiten verteilt. Zwar bieten viele Antriebshersteller proprietäre Auslegungstools an, aufgrund unterschiedlicher Werkzeuge, heterogener Datenmodelle und fehlender Vergleichsmöglichkeiten erleichtern diese den Engineering-Prozess jedoch nur bedingt. Derselbe Anwendungsfall muss mehrfach in verschiedene Konfiguratoren übertragen werden; zudem sind die Ergebnisse häufig nicht interoperabel und nur eingeschränkt vergleichbar. Der Bedarf an einer datenbasierten, herstellerübergreifenden Unterstützung der Auslegung nimmt daher kontinuierlich zu. Der im Projekt Antrieb 4.0 entwickelte Mehrwertservice zur energieeffizienten Antriebskonfiguration setzt genau an diesem Punkt an. Ziel ist es, bereits in frühen Phasen des Engineering-Prozesses datenbasierte Unterstützung bereitzustellen und die Auswahl energieeffizienter Antriebslösungen zu erleichtern.

Mit Aufruf des Services wird der Nutzer durch die Systemkonfiguration geführt und kann die Anforderungen des jeweiligen Auslegungsfalls spezifizieren. Auf dieser Grundlage wird ein standardisiertes Datenmodell in Form eines IDTA-Teilmodells der Asset Administration Shell erzeugt. Diese Systembeschreibung dient anschließend zur Anfrage geeigneter Antriebskomponenten bei unterschiedlichen Herstellern, ohne dass Informationen erneut in weitere Auslegungstools eingegeben werden müssen. Werden passende Komponenten identifiziert, werden diese an den Service zurückgemeldet. Der Nutzer erhält eine Übersicht möglicher Antriebskombinationen einschließlich prognostizierter Energieverbräuche, des zu erwartenden CO_2-Fußabdrucks sowie der voraussichtlichen TCO auf Basis prognostizierter Energiekosten. Dadurch lassen sich unterschiedliche Lösungsvarianten transparent vergleichen und die passende Kombination auswählen. Der Service endet jedoch nicht mit der Auswahl des Antriebsstrangs. Während der Inbetriebnahme und des späteren Betriebs entstehen zusätzliche Daten, die Rückschlüsse auf die tatsächliche Nutzung und das

Verhalten der ausgewählten Konfiguration ermöglichen. Über den Datenraum können Maschinen- und Anlagenbauer diese Informationen für zukünftige Projektierungen nutzen. Aus Engineering-Wissen wird damit ein kontinuierlicher Lernprozess, bei dem Erfahrungen aus dem Betrieb in die Auslegung zukünftiger Systeme zurückfließen.

Die energieeffiziente Antriebskonfiguration verdeutlicht exemplarisch, dass datengetriebene Wertschöpfung nicht erst im laufenden Betrieb beginnt. Bereits in frühen Phasen des Lebenszyklus können Daten dazu beitragen, bessere Entscheidungen zu treffen und die Grundlage für einen ressourcenschonenden und wirtschaftlichen Anlagenbetrieb zu schaffen. Gleichzeitig zeigt der Service, wie sich aus der Verknüpfung von Produktwissen, Anwendungswissen und standardisiertem Datenaustausch neue Formen gemeinsamer Wertschöpfung entwickeln lassen.

Im Projekt Antrieb 4.0 wurde der Service nicht nur konzeptionell beschrieben. Zentrale Elemente der Konfiguration und des standardisierten Datenaustauschs wurden prototypisch innerhalb der entwickelten Datenrauminfrastruktur umgesetzt. Die Arbeiten zeigen, dass die herstellerübergreifende Bereitstellung von Auslegungs- und Betriebsdaten auf Basis standardisierter Datenmodelle technisch realisierbar ist und einen wichtigen Schritt zur praktischen Umsetzung datengetriebener Engineering-Services darstellt.

Nutzen für die Praxis: Die richtigen Entscheidungen werden bereits in der Planungsphase getroffen. Energieeinsparungen entstehen nicht erst durch spätere Optimierungsmaßnahmen, sondern bereits durch die Auswahl geeigneter Komponenten und Systemkonfigurationen. Gleichzeitig sinken Engineering-Aufwände, die Vergleichbarkeit steigt und Erfahrungswissen aus dem Betrieb kann systematisch für zukünftige Projekte genutzt werden.

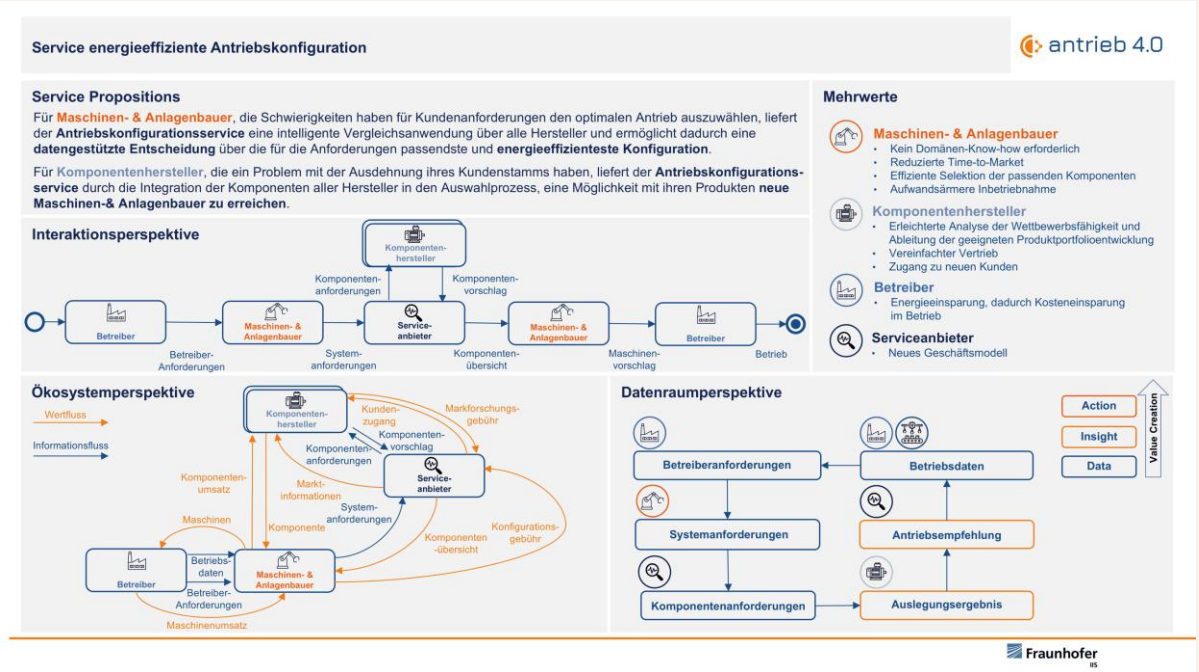

Abbildung 9: Energieeffiziente Antriebskonfiguration

Herstellerübergreifende Bewertung alternativer Antriebslösungen unter Berücksichtigung von Energieverbrauch, CO_2-Fußabdruck und TCO.

3.2.2 Service: Update- & Security-Mitteilungen

Die zunehmende Digitalisierung industrieller Anlagen eröffnet neue Möglichkeiten der Vernetzung und datengetriebenen Wertschöpfung, erhöht jedoch zugleich die Anforderungen an IT- und Cyber-Sicherheit. Sicherheitsrelevante Schwachstellen, Software-Updates oder notwendige Patches betreffen häufig eine Vielzahl unterschiedlicher Komponenten und Hersteller. Betreiber und Instandhalter stehen vor der Herausforderung, den Überblick über ihre Anlagenlandschaft zu behalten und relevante Informationen rechtzeitig zu erhalten. In der Praxis sind diese häufig über Herstellerportale, Newsletter oder andere Kommunikationswege verteilt. Die Identifikation betroffener Komponenten und die Bewertung ihrer Relevanz verursachen erhebliche manuelle Aufwände, während verspätete Reaktionen die Verfügbarkeit und Sicherheit industrieller Systeme beeinträchtigen können. Der im Projekt Antrieb 4.0 entwickelte Mehrwertservice **Update- und Security-Mitteilungen** bündelt sicherheitsrelevante Informationen organisationsübergreifend und ordnet sie den betroffenen Assets zu. Auf Grundlage digitaler Identitäten und standardisierter Informationsmodelle werden Nutzer automatisiert über relevante Updates, Sicherheitshinweise und Handlungsempfehlungen informiert.

Der Service unterstützt Betreiber und Instandhalter dabei, Risiken frühzeitig zu erkennen und notwendige Maßnahmen gezielt einzuleiten. Gleichzeitig profitieren Hersteller von einer effizienteren und zielgerichteteren Kundenkommunikation. Sicherheitsinformationen erreichen gezielt die tatsächlich betroffenen Personen und Organisationen. Darüber hinaus stärkt der Service die Transparenz über die Anlagenlandschaft und verankert Cyber-Sicherheit als kontinuierlichen Prozess im Lebenszyklus industrieller Systeme. Datenräume leisten damit einen Beitrag zu neuen Geschäftsmodellen sowie zu Resilienz und Vertrauenswürdigkeit digitaler Wertschöpfungsnetzwerke. Im Projekt Antrieb 4.0 wurden zentrale Mechanismen zur Zuordnung und Bereitstellung entsprechender Informationen prototypisch umgesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass ein organisationsübergreifendes Sicherheitsinformationsmanagement auf Basis standardisierter Identitäten und Datenmodelle technisch realisierbar ist.

Nutzen für die Praxis: Sicherheitsrelevante Informationen erreichen die richtigen Personen zur richtigen Zeit. Reaktionszeiten verkürzen sich, Risiken werden frühzeitig sichtbar und die Sicherheit vernetzter Anlagen kann gezielter gewährleistet werden.

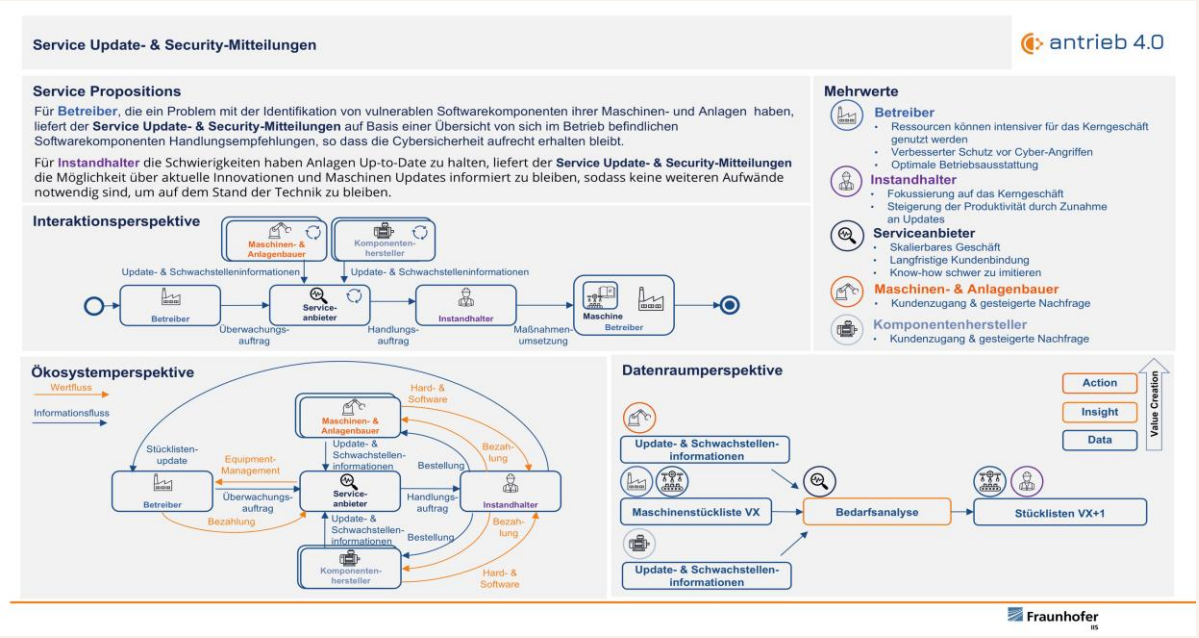

Abbildung 10: Update- und Security-Mitteilungen

Bereitstellung sicherheitsrelevanter Informationen auf Basis digitaler Identitäten und standardisierter Datenmodelle.

3.2.3 Service: Energiemonitoring

Der effiziente Umgang mit Energie setzt Transparenz über Verbrauchsstrukturen voraus. In vielen Unternehmen sind die erforderlichen Daten jedoch auf unterschiedliche Systeme verteilt, nur eingeschränkt verknüpfbar und damit nur begrenzt auswertbar. Vor dem Hintergrund steigender Energiekosten, regulatorischer Anforderungen und wachsender Nachhaltigkeitserwartungen gewinnt ihre kontinuierliche Überwachung und Bewertung zunehmend an Bedeutung. Der im Projekt Antrieb 4.0 entwickelte Mehrwertservice **Energiemonitoring** adressiert diese Herausforderung, indem er Betriebs- und Energiedaten verschiedener Komponenten zusammenführt und anwendergerecht aufbereitet. Über den Datenraum werden relevante Informationen organisationsübergreifend verfügbar gemacht und zu einem ganzheitlichen Bild des Energieeinsatzes verdichtet. Der Service ermöglicht die transparente Analyse von Energieverbräuchen auf Ebene einzelner Komponenten, Maschinen oder Anlagen über definierte Zeiträume. Auffälligkeiten und Abweichungen werden frühzeitig erkannt, Betriebszustände verglichen und Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz datenbasiert bewertet.

Energiemonitoring schafft damit eine belastbare Informationsgrundlage für operative und strategische Entscheidungen. Betreiber, Maschinen- und Anlagenbauer sowie Komponentenhersteller erhalten belastbare Informationen für Optimierung, Systembewertung und Produktweiterentwicklung. Daten werden so zum gemeinsamen Bezugspunkt für die kontinuierliche Verbesserung der Energieeffizienz. Die Bedeutung des Services geht über die reine Visualisierung von Verbräuchen hinaus. Erst die Verknüpfung von Energie- und Kontextdaten ermöglicht es, Ursachen zu identifizieren, Potenziale zu erschließen und Fortschritte messbar zu machen. Energiemonitoring wird damit zu einem Instrument datengetriebener Entscheidungsunterstützung und kontinuierlicher Verbesserung. Im Projekt Antrieb 4.0 wurde der Service prototypisch umgesetzt und anhand konkreter Anwendungsszenarien erprobt. Die Arbeiten zeigen, dass organisationsübergreifende Transparenz über Energieverbräuche technisch realisierbar ist und wirtschaftliche wie ökologische Ziele unterstützt.

Nutzen für die Praxis: Energieeinsparpotenziale werden sichtbar und Entscheidungen nachvollziehbar. Aus Vermutungen über den Energieeinsatz werden belastbare Erkenntnisse – und aus Energieeffizienz ein aktiv gestaltbarer Bestandteil industrieller Wertschöpfung.

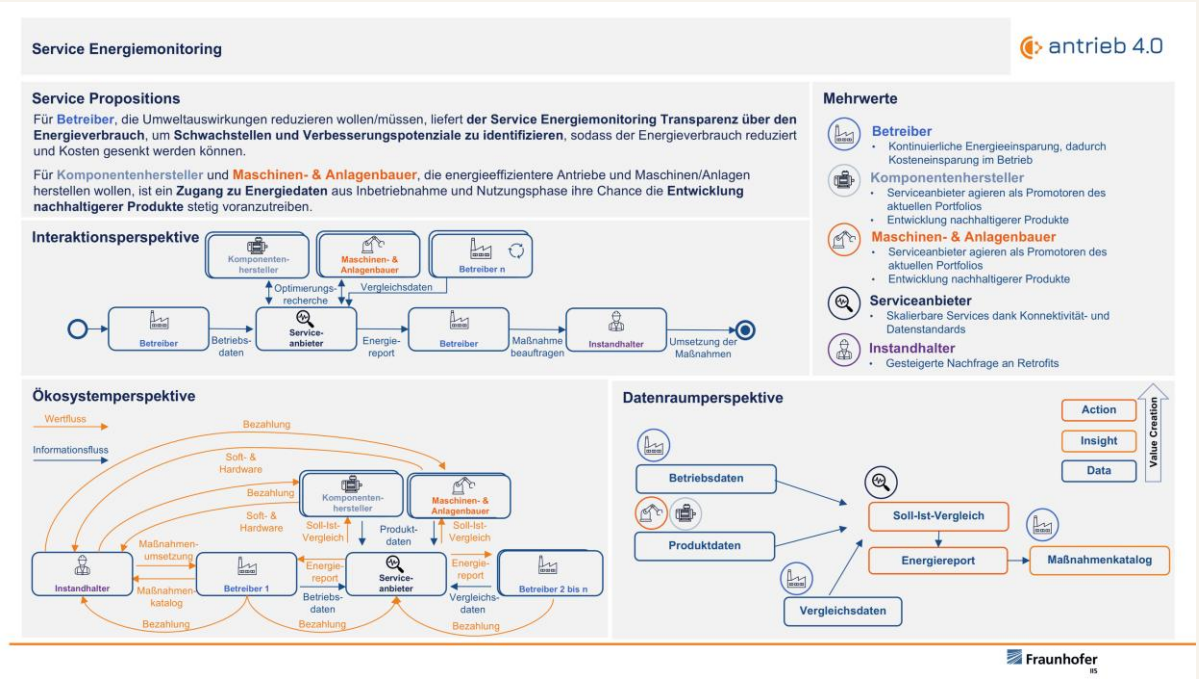

Abbildung 11: Energiemonitoring

Transparenz über Energieverbräuche als Grundlage für Effizienzsteigerungen.

3.2.4 Service: Zustandsmonitoring & vorausschauende Wartung

Ungeplante Stillstände zählen zu den kostenintensivsten Risiken im Betrieb industrieller Anlagen. Gleichzeitig erfolgen Wartungsmaßnahmen häufig nach festen Intervallen oder erst nach dem Auftreten von Störungen. Beide Ansätze bergen Nachteile: Komponenten werden vorsorglich ausgetauscht, obwohl ihre Nutzungsdauer noch nicht ausgeschöpft ist, oder Ausfälle führen zu ungeplanten Produktionsunterbrechungen und hohen Folgekosten. Der im Projekt Antrieb 4.0 entwickelte Mehrwertservice **Zustandsmonitoring und vorausschauende Wartung** bewertet den tatsächlichen Zustand von Maschinen und Komponenten kontinuierlich und leitet daraus Hinweise auf bevorstehende Veränderungen ab. Hierfür werden Betriebs- und Zustandsdaten erfasst, analysiert und mit Erfahrungswerten verknüpft, sodass Auffälligkeiten und Abweichungen frühzeitig erkannt werden können.

Im Unterschied zu einer rein reaktiven Instandhaltung ermöglicht der Service eine zustandsorientierte Planung von Wartungsmaßnahmen. Betreiber können Eingriffe besser mit Produktionsabläufen abstimmen, Instandhalter ihre Aktivitäten gezielter priorisieren. Hersteller und Serviceanbieter gewinnen die Möglichkeit, ihr Wissen über typische Verschleiß- und Ausfallmechanismen in zusätzliche Unterstützungsleistungen zu überführen. Der Service geht dabei über die technische Überwachung einzelner Komponenten hinaus. Aus der punktuellen Bereitstellung von Produkten entstehen kontinuierliche datenbasierte Servicebeziehungen auf Grundlage gemeinsamer Daten und eines geteilten Verständnisses des Anlagenzustands. Die im Projekt entwickelten Ansätze verdeutlichen zugleich das Potenzial zukünftiger daten- und KI-gestützter Services. Je besser Betriebsdaten strukturiert, kontextualisiert und organisationsübergreifend nutzbar gemacht werden, desto größer wird das Potenzial, Wartungsentscheidungen proaktiv zu unterstützen und perspektivisch lernfähige Assistenzsysteme zu entwickeln. Im Projekt Antrieb 4.0 wurden zentrale Elemente des Zustandsmonitorings prototypisch umgesetzt und anhand konkreter Anwendungsszenarien erprobt. Die Ergebnisse zeigen, dass die technische Grundlage datengetriebener und vorausschauender Servicekonzepte bereits heute vorhanden ist.

Nutzen für die Praxis: Aus ungeplanten Stillständen werden planbare Eingriffe. Wartungsmaßnahmen können bedarfsgerechter durchgeführt, Anlagenverfügbarkeiten erhöht und Ressourcen effizienter eingesetzt werden – aus Reaktion wird Voraussicht.

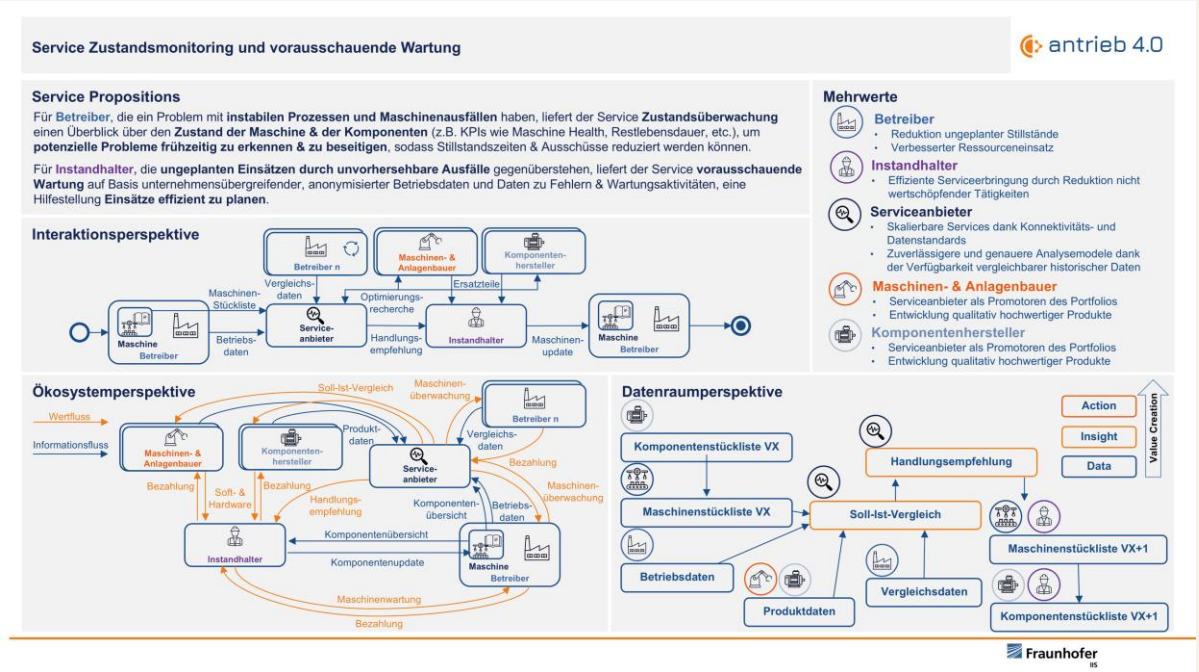

Abbildung 12: Zustandsmonitoring & vorausschauende Wartung

3.2.5 Service: Asset-Übersicht

Die für Betrieb, Wartung und Modernisierung benötigten Asset-Informationen liegen häufig verteilt in unterschiedlichen Systemen vor. Daten zu Typenschildern, technischen Spezifikationen, Dokumentationen, Wartungsinformationen oder Softwareständen müssen oftmals zeitaufwendig recherchiert und zusammengeführt werden. Mit zunehmender Komplexität technischer Systeme wächst der Aufwand, den Überblick über verbaute Assets und deren Eigenschaften zu behalten. Der Zugriff auf aktuelle und vollständige Informationen verursacht dadurch vermeidbare Such- und Abstimmungsaufwände. Der im Projekt Antrieb 4.0 entwickelte Mehrwertservice **Digitale Asset-Übersicht** führt relevante Informationen zu Maschinen und Komponenten organisationsübergreifend zusammen und macht sie nutzbar. Über digitale Identitäten und standardisierte Beschreibungsmodelle werden Informationen unterschiedlicher Akteure verknüpft und zentral bereitgestellt. Nutzer erhalten einen Überblick über ihre eingesetzten Assets. Neben Stammdaten und technischen Eigenschaften können Dokumentationen, Ersatzteilinformationen sowie Verweise auf weitere digitale Services eingebunden werden. Die Informationen stehen unabhängig von ihrer Herkunft dort zur Verfügung, wo sie benötigt werden.

Die Digitale Asset-Übersicht unterstützt effizientere Service-, Wartungs- und Betriebsprozesse. Betreiber profitieren von einer höheren Transparenz ihrer Anlagenlandschaft, Serviceanbieter und Instandhalter von einem schnelleren Informationszugriff. Hersteller können zusätzliche digitale Leistungen unmittelbar mit ihren Produkten verknüpfen. Gleichzeitig bildet der Service die Grundlage organisationsübergreifender Datenökosysteme und einen Einstiegspunkt für weiterführende datengetriebene Services. Im Projekt Antrieb 4.0 wurde die Verknüpfung digitaler Identitäten und standardisierter Informationsmodelle prototypisch umgesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass die herstellerübergreifende Bereitstellung und Nutzung von Asset-Informationen technisch realisierbar ist und bestehende Prozesse effizienter gestaltet.

Nutzen für die Praxis: Informationen stehen dort zur Verfügung, wo sie benötigt werden. Suchzeiten werden reduziert, Serviceprozesse beschleunigt und die Transparenz über die eigene Anlagenlandschaft erhöht. Aus verteiltem Wissen wird eine gemeinsame Informationsbasis.

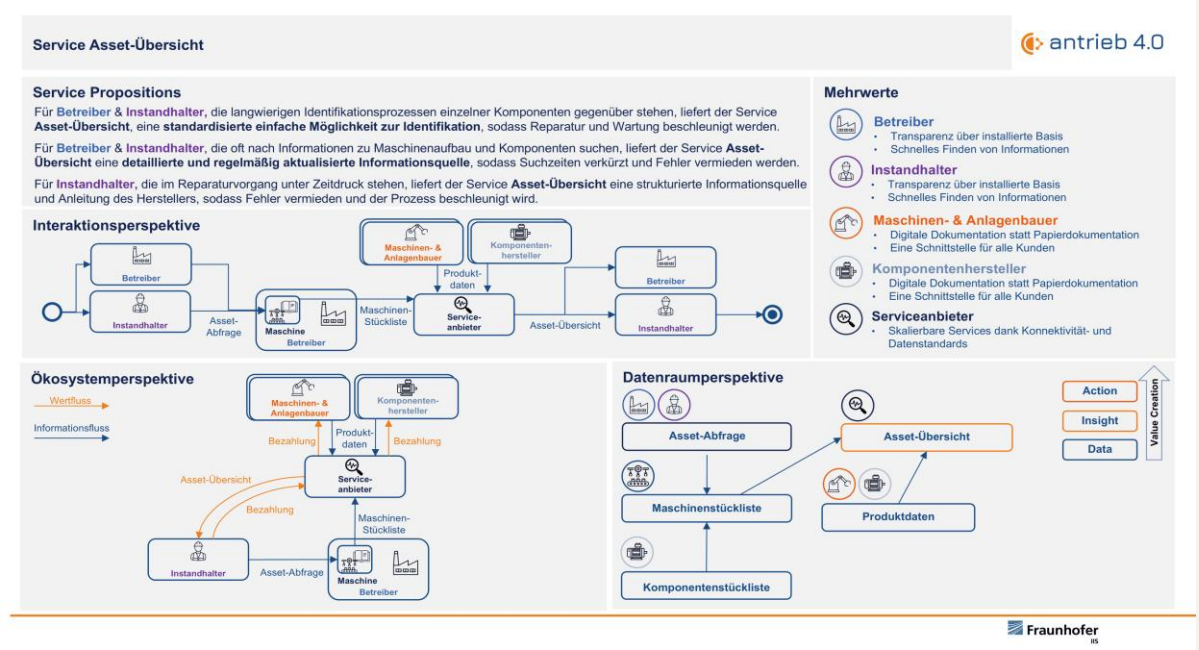

Abbildung 13: Digitale Asset-Übersicht

Bereitstellung Asset bezogener Informationen über den gesamten Lebenszyklus hinweg.

3.2.6 Service: Wartungsassistenz und digitales Logbuch

Wartungs- und Instandhaltungsprozesse sind in hohem Maße vom Erfahrungswissen der beteiligten Mitarbeitenden geprägt. Informationen über frühere Eingriffe, wiederkehrende Störungen oder bewährte Lösungsansätze sind jedoch häufig nicht systematisch dokumentiert oder nur einzelnen Personen bekannt. Mit dem demografischen Wandel und zunehmenden Fachkräftemangel wächst die Gefahr, dass wertvolles Wissen verloren geht. Gleichzeitig steigt die Komplexität moderner Maschinen und Anlagen. Instandhalter und Servicetechniker müssen auf unterschiedliche Informationsquellen zugreifen, um Störungen zu analysieren und geeignete Maßnahmen abzuleiten. Die zeitaufwendige Suche nach relevanten Informationen erschwert eine effiziente Durchführung von Wartungsarbeiten. Der im Projekt Antrieb 4.0 entwickelte Mehrwertservice **Wartungsassistenz und digitales Logbuch** macht Informationen aus dem Betrieb systematisch verfügbar und unterstützt Wartungs- und Serviceprozesse. Wartungsereignisse, Maßnahmen, Beobachtungen und Erkenntnisse werden digital dokumentiert und den jeweiligen Assets zugeordnet. Ergänzend können Handlungsanweisungen, Dokumentationen und Erfahrungswerte bereitgestellt werden. Dadurch entsteht ein kontinuierlich wachsender Wissensspeicher, auf den unterschiedliche Akteure entlang des Lebenszyklus zugreifen können.

Betreiber profitieren von einer besseren Nachvollziehbarkeit durchgeführter Maßnahmen, Instandhalter von einem schnellen Zugriff auf relevante Informationen und vorhandenes Erfahrungswissen. Hersteller gewinnen Einblicke in typische Betriebs- und Wartungssituationen ihrer Produkte und können diese Erkenntnisse für die Weiterentwicklung ihrer Leistungen nutzen. Wissen wird organisationsübergreifend verfügbar gemacht und kontinuierlich erweitert. Im Projekt Antrieb 4.0 wurde die digitale Erfassung und Verknüpfung entsprechender Informationen prototypisch umgesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass die systematische Sicherung und Bereitstellung von Erfahrungswissen wesentlich zur Effizienz und Qualität von Wartungsprozessen beitragen kann.

Nutzen für die Praxis: Erfahrungswissen bleibt erhalten und wird nutzbar – unabhängig von einzelnen Personen. Wartungsprozesse werden nachvollziehbarer, Einarbeitungszeiten verkürzt und die Qualität von Serviceentscheidungen verbessert.

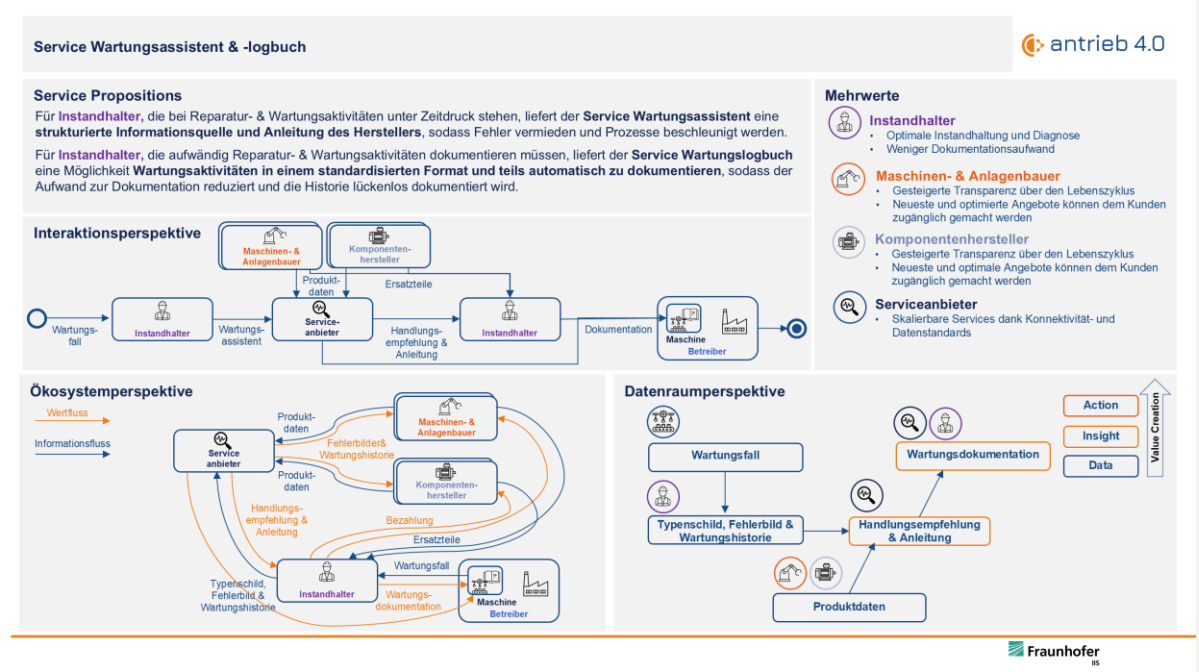

Abbildung 14: Wartungsassistenz und digitales Logbuch

Digitale Unterstützung von Wartungsprozessen durch strukturierte Dokumentation und Wissensmanagement.

3.3 Erkenntnisse aus den Mehrwertservices

Die im Projekt Antrieb 4.0 entwickelten Mehrwertservices zeigen exemplarisch, wie datengetriebene Wertschöpfung im industriellen Ökosystem der Antriebstechnik gestaltet werden kann. Trotz unterschiedlicher Anwendungsfelder entlang des Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen lassen sich gemeinsame Gestaltungsprinzipien und übergreifende Erkenntnisse ableiten.

1 **Mehrwert entsteht entlang des Lebenszyklus.** Daten entfalten ihren wirtschaftlichen Wert erst, wenn sie in konkrete Unterstützungsangebote, Handlungsempfehlungen und Entscheidungen übersetzt werden. Erst ihre Einbettung in betriebliche Prozesse und die Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure schafft einen messbaren Nutzen. Die Services verdeutlichen dies von der energieeffizienten Auslegung über die Identifikation von Energieeinsparpotenzialen bis hin zur Unterstützung von Wartungsentscheidungen.

2 **Wertschöpfung entsteht im Zusammenspiel der Akteure.** Betreiber, Maschinen- und Anlagenbauer, Komponentenhersteller, Instandhalter und Serviceanbieter bringen jeweils spezifische Kompetenzen und Informationen ein. Die größten Potenziale entstehen dort, wo diese Beiträge zusammengeführt und gemeinsame Wertangebote entwickelt werden. Gleichzeitig verdeutlichen die Services unterschiedliche Reifegrade datengetriebener Wertschöpfung: Während Asset-Übersicht sowie Update- und Security-Mitteilungen Transparenz schaffen, unterstützen Energiemonitoring sowie Wartungsassistenz und digitales Logbuch betriebliche Entscheidungen. Die energieeffiziente Antriebskonfiguration sowie Zustandsmonitoring und vorausschauende Wartung eröffnen darüber hinaus neue Formen der Zusammenarbeit sowie zusätzliche Leistungs- und Erlösmodelle. **Kurz gesagt: Die größten Potenziale datengetriebener Wertschöpfung entstehen an den Schnittstellen unterschiedlicher Akteure.**

3 **Transformation beginnt im Kleinen.** Datengetriebene Wertschöpfung ist nicht ausschließlich großen Unternehmen vorbehalten. Gerade kleine und mittlere Unternehmen können von standardisierten Lösungen, gemeinsamen Infrastrukturen und der Bündelung von Erfahrungswissen profitieren. Bereits konkrete, schrittweise umgesetzte Anwendungsfälle können einen spürbaren Nutzen erzeugen. **Kurz gesagt: Datengetriebene Wertschöpfung entsteht häufig aus konkreten Anwendungsfällen und entwickelt sich schrittweise weiter.**

4 **Serviceinnovation erfordert neue Rollen und Erlöslogiken.** Vertrauen, Datensouveränität und transparente Governance-Strukturen sind zentrale Voraussetzungen datengetriebener Zusammenarbeit. Technische Standards und interoperable Schnittstellen bilden hierfür wichtige Grundlagen, ersetzen jedoch nicht klare Verantwortlichkeiten, nachvollziehbare Zugriffsregelungen und einen für alle Beteiligten erkennbaren Mehrwert. Die entwickelten Services zeigen zugleich, wie sich abstrakte Konzepte industrieller Datenräume in konkrete Anwendungen übersetzen lassen, und liefern damit einen domänenspezifischen Erfahrungsbeitrag zu aktuellen Entwicklungen im Kontext von Manufacturing-X (Plattform Industrie 4.0, 2023b; Factory-X Consortium, 2025). **Kurz gesagt: Transparente Governance, Datensouveränität und nachvollziehbare Regeln bilden die Grundlage funktionierender Datenökosysteme.**

Insgesamt verdeutlichen die Mehrwertservices, dass datenbasierte Geschäftsmodelle weder als rein technologische Herausforderung noch als einmaliges Digitalisierungsprojekt verstanden werden sollten. Erfolgreiche Transformation ist vielmehr ein kontinuierlicher Lern- und Gestaltungsprozess, der technische Möglichkeiten, organisatorische Veränderungen und neue Formen der Zusammenarbeit verbindet. Für Unternehmen ergeben sich daraus drei zentrale Orientierungspunkte: Datengetriebene Wertschöpfung sollte an konkreten betrieblichen Herausforderungen ansetzen, nachvollziehbare Mehrwerte schaffen und auf vertrauenswürdiger Zusammenarbeit basieren. Offene Standards und interoperable Lösungen können dabei helfen, Abhängigkeiten von proprietären Strukturen zu reduzieren und zukünftige Wertschöpfungsnetzwerke aktiv mitzugestalten. Die entwickelten Mehrwertservices verstehen sich daher weniger als fertige Blaupausen denn als Lern- und Gestaltungsangebote. Sie zeigen, dass datengetriebene Wertschöpfung nicht mit einem radikalen Systemwechsel beginnen muss, sondern sich aus konkreten betrieblichen Herausforderungen heraus schrittweise entwickelt. Gerade darin liegt die besondere Stärke von Antrieb 4.0 als Reallabor industrieller Transformation: Zukunftsbilder werden nicht nur beschrieben, sondern in konkrete, nachvollziehbare und anschlussfähige Anwendungen übersetzt. Gleichzeitig schaffen die entwickelten Services die Grundlage für zukünftige daten- und KI-gestützte Wertschöpfung, indem Daten strukturiert, kontextualisiert und organisationsübergreifend nutzbar gemacht werden.

Was können datengetriebene Mehrwertservices bewirken?

Die im Projekt Antrieb 4.0 entwickelten Mehrwertservices adressieren konkrete betriebliche Herausforderungen entlang des Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen. Die tatsächlichen Effekte sind unternehmensspezifisch und lassen sich nicht allgemeingültig beziffern. Aktuelle Studien zu industriellen Datenräumen und Branchenanalysen zeigen jedoch, dass bereits moderate Verbesserungen erhebliche wirtschaftliche und ökologische Wirkungen entfalten können (Plattform Industrie 4.0, 2025;IDS-INDATA, 2026). Die dargestellten Werte dienen ausschließlich der Illustration möglicher Größenordnungen. Sie beruhen auf veröffentlichten Datenraumanalysen und Industriekennzahlen (Plattform Industrie 4.0, 2025; McKinsey & Company, 2017; Fraunhofer ISI, 2021; IEA, 2020) und stellen keine unmittelbaren Projektergebnisse von Antrieb 4.0 dar.[2]

Mehrwertservice	Beispielhafte Wirkung	Größenordnung
Zustandsmonitoring und Predictive Maintenance	Vermeidung ungeplanter Anlagenstillstände	≤ 40.000 € Einsparung pro Jahr
Energieeffiziente Antriebskonfiguration	Reduzierung von Energieverbrauch und Energiekosten	≤ 3.240 € Einsparung pro Antrieb und Jahr
Energieeffiziente Antriebskonfiguration	Verringerung energiebedingter Emissionen	≤ 6,3 t CO_2 pro Antrieb und Jahr
Skalierung auf größere Anlagenbestände	Effekte über mehrere vergleichbare Antriebssysteme	≤ 64.800 € und 126 t CO_2 pro Jahr (bei 20 Antrieben)

Tabelle 2: Exemplarische Mehrwerte datengetriebener Wertschöpfung

Illustrative Gegenüberstellung möglicher wirtschaftlicher und ökologischer Wirkungen datenbasierter Anwendungen.

[2] Aktuelle Branchenanalysen schätzen die Kosten ungeplanter Stillstände in europäischen Industriebranchen für das Jahr 2026 auf rund 145–184 Mrd. € (IDS-INDATA, 2026). Bereits eine hypothetische Reduktion dieser Kosten um lediglich 1 % würde einem Einsparpotenzial von etwa 1,5–1,8 Mrd. € entsprechen. Die Beispielrechnung dient ausschließlich der Illustration möglicher volkswirtschaftlicher Größenordnungen und stellt weder eine Prognose noch ein Projektergebnis von Antrieb 4.0 dar.

Die Potentiale, die mit Hilfe der Antriebstechnik zu realisieren sind, sind enorm

Der Geschäftsbereich Danfoss Drives der Danfoss GmbH steht für innovative und zeitgemäße Lösungen rund um Motorstart und Drehzahlregelung, die gleichzeitig einen Beitrag zum Klimawandel und zur Nachhaltigkeit leisten. Wir sprechen mit Michael Burghardt, Director Business Development Industrial Machinery, über die Möglichkeiten von Energieeinsparungen in der Antriebstechnik, welche Rolle die Drehzahlregelung dabei spielt und wie wir den hohen Anforderungen an nachhaltige und sichere Antriebslösungen gerecht werden können.



Herr Burghardt, das Interesse an Energieeinsparungen in den Anwendungen der Industrie ist groß. Welche Möglichkeiten sehen Sie im Bereich der Antriebstechnik?

Die Potentiale, die mit Hilfe der Antriebstechnik zu realisieren sind, sind enorm. Laut einer Studie der Europäischen Union benötigen von Elektromotoren betriebene Systeme etwa die Hälfte der in der Union erzeugten Energie. Um diese Potentiale zu heben, hat die EU durch entsprechende Verordnungen, beispielsweise die EU 2019/1781, bereits Motoren mit höheren Wirkungsgraden in vielen Bereichen verbindlich vorgeschrieben. Die Wirkungsgrade sind in sogenannte IE-Klassen eingeteilt, wobei IE für International Efficiency steht. Durch diese Maßnahme lassen sich ca. 10 % des gesamten Einsparpotenzials bei Antrieben realisieren.

Das Thema Energieeffizienz ist besonders mit dem Stichwort „Drehzahlregelung“ verbunden. Was können wir uns genau darunter vorstellen?

Eine sehr einfache Analogie stellt das Automobil dar. Stellen Sie sich vor, Sie haben nur eine feste Stellung des Gaspedals und die Regelung der Geschwindigkeit erfolgt über die Bremse. Das ist nicht effizient. Ähnlich verhält es sich mit einem Elektromotor am Netz. Seine Drehzahl ist fest mit der vom Netz vorgegebenen Frequenz verbunden.

Benötigt die Anwendung eine flexible Leistungsanpassung, kann dies über die Regelung der Drehzahl erfolgen und damit erheblich Energie sparen. Bei vielen Pumpen oder Lüftern mit quadratischem Moment bedeutet z. B. eine Reduzierung der Drehzahl um 20 % die Senkung des Energiebedarfs um fast 50 %. Bedenkt man jetzt noch, dass eine Drehzahlregelung bei mehr als zwei Dritteln aller Anwendungen wirtschaftlich sinnvoll ist, ist das Einsparpotenzial deutlich erkennbar. Pauschal lässt sich sagen, dass die Drehzahlregelung eine Einsparung von ca. 30 % des weltweiten energetischen Einsparpotenzials bei elektrischen Antrieben in der Industrie erschließt.

Die Anforderungen an nachhaltige und sichere Antriebslösungen für die Industrie steigen kontinuierlich. Wie können wir diesen begegnen?

Das größte Potential zur Energieeinsparung sowie für eine nachhaltige Produktion liegt in der Optimierung des Gesamtsystems. Dieses erfordert eine ganzheitliche Betrachtung und Analyse des Systems. Viele der Einsparpotentiale lassen sich mit ingenieurtechnischen Methoden und Erfahrung identifizieren. Zusätzlich geben uns heute die Digitalisierung und KI zahlreiche neue Möglichkeiten an die Hand. Durch die Erfassung und – teils automatisierte – Analyse von Daten über den gesamten Lebenszyklus lassen sich nicht nur effizientere Systeme designen und kontinuierlich optimieren. Sie erlauben auch eine umfassende Dokumentation des Produkts: Welche Materialien wurden verbaut, wie war der CO2-Fußabdruck in der Lieferkette und wann muss die nächste Wartung stattfinden, um die maximale Lebensdauer des Produkts zu gewährleisten. […]

Über Danfoss Drives

Danfoss Drives, ein Segment der globalen Danfoss Gruppe, ist einer der führenden Anbieter in der Entwicklung energieeffizienter Antriebslösungen, die den Energieverbrauch und den CO2-Fußabdruck minimieren. Mit einem breiten Portfolio an Frequenzumrichtern, Softstartern und branchenspezifischen Lösungen bedient das Unternehmen vielfältige Anwendungen in vielen Industriezweigen und den erneuerbaren Energien. Danfoss Drives setzt auf Innovation und intelligente Vernetzung, um den Herausforderungen von Industrie 4.0 und dem steigenden Bedarf an nachhaltigen Lösungen zu begegnen.

Das Interview wurde von Ute Fertig geführt und am 13. Mai 2024 auf www.antrieb40.de veröffentlicht.

4. Datengetriebene Transformation gestalten

„And you better start swimmin'
Or you'll sink like a stone
For the times they are a-changin'“

(Bob Dylan, 1964)

Die Ergebnisse von Antrieb 4.0 zeigen, dass die Transformation hin zu datengetriebener Wertschöpfung weit mehr ist als die Einführung neuer digitaler Technologien. Datenräume, digitale Zwillinge oder datenbasierte Services entfalten ihren Nutzen nicht allein durch ihre technische Verfügbarkeit. Ihr Wert entsteht vielmehr dort, wo es gelingt, konkrete betriebliche Herausforderungen zu adressieren, unterschiedliche Kompetenzen zusammenzuführen und daraus gemeinsame Wertangebote zu entwickeln. Gleichzeitig verdeutlichen die Interviews, dass dieser Wandel keineswegs widerspruchsfrei verläuft. Die Aussicht auf neue Dienstleistungen, zusätzliche Erlösquellen oder effizientere Prozesse trifft auf berechtigte Fragen nach Datensouveränität, Cybersecurity und dem Erhalt der eigenen Wettbewerbsfähigkeit. Gerade kleine und mittlere Unternehmen stehen vor der Herausforderung, Chancen und Risiken gegeneinander abzuwägen und unter Unsicherheit Entscheidungen zu treffen.

Die Ergebnisse des Projekts Antrieb 4.0 legen daher nahe, Transformation weder als rein technologische Aufgabe noch als einmaliges Digitalisierungsprojekt zu verstehen. Vielmehr handelt es sich um einen kontinuierlichen Gestaltungsprozess, der technische Voraussetzungen, organisatorische Rahmenbedingungen und die Kompetenzen sowie Handlungsweisen der beteiligten Menschen gleichermaßen umfasst. Diese Sichtweise entspricht der Betrachtung von Unternehmen als sozio-technische Systeme. Die Dimension **Technologie** betrifft unter anderem IT-Systeme, Automatisierung, Datenmanagement und Interoperabilität. Die Dimension **Organisation** umfasst Unternehmenskultur, Prozesse, Organisationsstrukturen sowie Formen des Wissensmanagements. Die Dimension **Mensch** richtet den Blick auf Kollaboration, Qualifikation, Rollenverständnisse und Arbeitsstrukturen. Erst das Zusammenspiel dieser drei Dimensionen ermöglicht die erfolgreiche Gestaltung datengetriebener Wertschöpfung.

Gerade im industriellen Umfeld wird Transformation jedoch häufig als Frage der richtigen Technologie verstanden. Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 legen eine andere Lesart nahe. Die entscheidenden Herausforderungen entstehen oftmals dort, wo technische Möglichkeiten auf gewachsene Organisationslogiken, bestehende Verantwortlichkeiten und nachvollziehbare Interessen unterschiedlicher Akteure treffen. Die Frage ist daher weniger, *ob* Unternehmen den Wandel gestalten wollen, sondern vielmehr, *unter welchen Bedingungen* sie bereit sind, dies zu tun. Die Zurückhaltung insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen gegenüber dem Teilen von Daten erscheint vor diesem Hintergrund nachvollziehbar. Daten, Produktwissen, Prozesswissen und die Nähe zum Kunden stellen strategische Ressourcen dar, die zur Sicherung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit beitragen können. Wettbewerbsvorteile entstehen gerade durch wertvolle, seltene und schwer imitierbare Ressourcen (Barney, 1991). Die Sorge vor ihrem Verlust ist daher weniger Ausdruck von Veränderungsresistenz als vielmehr unternehmerischer Verantwortung. Gleichzeitig zeigen die Projektergebnisse, dass viele der mit datengetriebener Wertschöpfung verbundenen Potenziale ohne organisationsübergreifende Zusammenarbeit nicht erschlossen werden können. Die eigentliche Herausforderung besteht somit nicht darin, zwischen Offenheit und Abschottung zu wählen, sondern tragfähige Formen verantwortungsvoller Zusammenarbeit zu entwickeln.

Die Interviews verdeutlichen zudem, dass die Bereitschaft zur Beteiligung an neuen Formen der Wertschöpfung wesentlich davon abhängt, ob ein konkreter Nutzen erkennbar wird. Die Frage „What's in it for me?“ erweist sich dabei nicht als Ausdruck von Skepsis, sondern als legitimer Ausgangspunkt wirtschaftlichen Handelns. Nutzen, Risiken und Vertrauen stehen in einem engen Wechselverhältnis. Vertrauen entsteht nicht durch die Abwesenheit von Unsicherheit, sondern dort, wo Risiken transparent gemacht, Verantwortlichkeiten geklärt und erste positive Erfahrungen gemeinsamer Zusammenarbeit ermöglicht werden. Kurz, Vertrauen entsteht durch einen verantwortungsvollen Umgang mit Risiken. Darin liegt die wichtigste Erkenntnis eines Reallabors: Es nimmt Unternehmen nicht die Unsicherheit. Es zeigt jedoch, dass

Unsicherheit gestaltbar ist. Transformation beginnt selten mit Gewissheit. Sie beginnt dort, wo Akteure bereit sind, trotz unvollständiger Informationen erste Erfahrungen zu sammeln und gemeinsam zu lernen.[3] Die folgenden Ausführungen verstehen sich daher nicht als allgemeingültige Blaupause. Sie verdichten vielmehr die Erfahrungen eines industriellen Reallabors. Die Erkenntnisse beruhen auf den Perspektiven unterschiedlicher Akteure des Ökosystems Antrieb 4.0, den entwickelten Mehrwertservices sowie den im Projekt identifizierten Herausforderungen und Handlungsmöglichkeiten. Ihr Ziel besteht darin, Unternehmen Orientierung zu geben, typische Spannungsfelder sichtbar zu machen und konkrete Ansatzpunkte für die Gestaltung eigener Transformationsprozesse aufzuzeigen. Die beschriebenen sozio-technischen Dimensionen bilden dabei den strukturellen Bezugsrahmen dieses Kapitels und verdeutlichen, dass erfolgreiche Transformation stets Technik, Organisation und Mensch gemeinsam in den Blick nehmen muss.

Technologischer Schwerpunkt: Voraussetzungen für organisationsübergreifende Interoperabilität und standardisierten Datenaustausch.

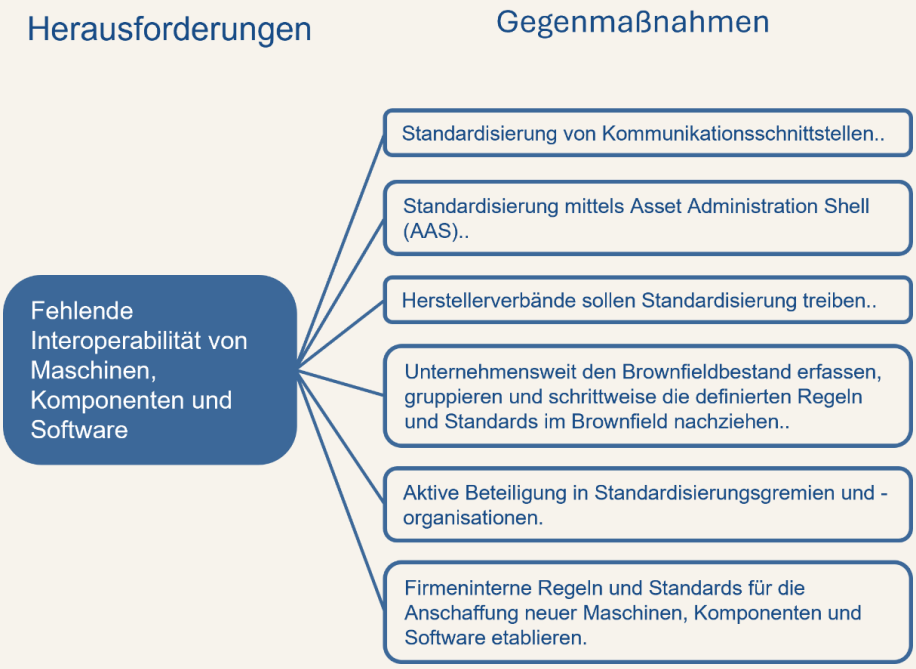

Abbildung 15: Interoperabilität als Voraussetzung

Zentrale Maßnahmen zur Überwindung fehlender Interoperabilität.

[3] Die im Projekt beobachteten Spannungen zwischen Ressourcenschutz und Offenheit, Nutzenwahrnehmung, Vertrauen und sozio-technischer Transformation finden sich auch in einschlägigen Arbeiten zur Ressourcen- und Innovationsforschung sowie zur Technologieakzeptanz und Vertrauensbildung wieder (vgl. Barney, 1991; Davis, 1989; Luhmann, 2014; Geels, 2002; Chesbrough, 2003).

4.1 Zwischen Aufbruch und Beharrung – Transformation unter Unsicherheit

Die Interviews im Rahmen von Antrieb 4.0 zeichnen kein eindeutiges Bild von datengetriebener Transformation. Vielmehr spiegeln sie die Spannungen wider, die gegenwärtig viele industrielle Unternehmen prägen. Auf der einen Seite stehen die Erwartungen an neue Dienstleistungen, zusätzliche Wertschöpfungspotenziale und die Möglichkeit, bestehende Prozesse effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Auf der anderen Seite bestehen berechtigte Vorbehalte hinsichtlich Datensouveränität, Cybersecurity, Investitionsrisiken und möglicher Veränderungen etablierter Geschäftsmodelle.

> „Die Kernfrage muss da geklärt sein für jeden Beteiligten: What's in it for me? […] Es muss letztendlich für alle eine positive Bilanz sein."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Die Frage nach dem konkreten Nutzen stellt dabei keine Hürde, sondern einen legitimen Ausgangspunkt wirtschaftlichen Handelns dar. Die Bereitschaft zur Beteiligung an Datenökosystemen hängt maßgeblich von einem erkennbaren Nutzen ab. Unternehmen engagieren sich dort, wo konkrete Mehrwerte sichtbar werden. Dies deckt sich mit Erkenntnissen der Technologieakzeptanzforschung, die den erwarteten Mehrwert als zentralen Einflussfaktor für die Annahme neuer Technologien beschreibt (Davis, 1989). Gleichzeitig zeigt sich, dass sich unterschiedliche Haltungen gegenüber datengetriebener Transformation beobachten lassen. Einige Akteure betonen vor allem die Risiken und möglichen Nachteile eines verstärkten Datenaustauschs. Andere verstehen neue Technologien primär als Instrumente zur Lösung konkreter betrieblicher Herausforderungen. Wieder andere betrachten datengetriebene Zusammenarbeit als strategische Chance, um zukünftige Geschäftsmodelle aktiv mitzugestalten. Diese unterschiedlichen Perspektiven sollten nicht als Gegensätze verstanden werden. Vielmehr verdeutlichen sie, dass Transformation ein Lern- und Aushandlungsprozess ist. Skepsis, Pragmatismus und Gestaltungswille existieren häufig gleichzeitig – nicht selten sogar innerhalb desselben Unternehmens. Erfolgreiche Transformation zeichnet sich daher weniger durch die Abwesenheit von Unsicherheit aus als durch die Fähigkeit, trotz bestehender Unsicherheiten gemeinsam handlungsfähig zu werden.

> „Denn wenn jemand anderes [die Daten] besitzt, behandelt er es heute vielleicht sicher, aber man weiß nie, von wem es gekauft wird und was dann übermorgen passiert."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Vertrauen entsteht nicht durch Appelle, sondern durch nachvollziehbare Nutzenversprechen, transparente Regeln und positive Erfahrungen in der Zusammenarbeit. Erst dann wächst die Bereitschaft, neue Wege zu erproben und gemeinsam Wertschöpfungspotenziale zu erschließen. Vertrauen ist eine wirtschaftliche Voraussetzung datengetriebener Zusammenarbeit. Es reduziert wahrgenommene Unsicherheit und ermöglicht Entscheidungen unter Bedingungen unvollständiger Information (Luhmann, 2014). Gerade dort, wo zukünftige Entwicklungen nicht vollständig vorhersehbar sind, schafft Vertrauen die Grundlage dafür, trotz bestehender Risiken handlungsfähig zu bleiben. Gerade diese Ambivalenz macht die Ergebnisse von Antrieb 4.0 so wertvoll. Sie zeigen weder eine Industrie im digitalen Aufbruch noch eine Branche in grundsätzlicher Verweigerung. Vielmehr zeichnen sie das Bild von Unternehmen, die unter Unsicherheit verantwortungsvolle Entscheidungen treffen, Chancen und Risiken abwägen und ihren eigenen Weg zwischen Bewahrung und Veränderung suchen. Die folgenden Abschnitte greifen diese Spannungsfelder auf und verdichten die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 zu praxisorientierten Leitlinien für die Gestaltung datengetriebener Transformation.

Wo Unternehmen konkret ansetzen können

- Nutzen und Risiken datengetriebener Wertschöpfung gleichermaßen berücksichtigen
- Vorbehalte gegenüber Datenaustausch als unternehmerische Verantwortung ernst nehmen
- Konkrete Mehrwerte frühzeitig sichtbar machen
- Transformation als Lern- und Aushandlungsprozess verstehen
- Kleine Schritte und erste Erfahrungen ermöglichen

4.2 Vom Reallabor zur Orientierung – Erfahrungen statt Blaupausen

Einen allgemeingültigen Weg zur datengetriebenen Transformation gibt es nicht. Unternehmen müssen ihren eigenen Transformationspfad entwickeln. Unternehmen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer technologischen Ausgangssituation, ihrer Organisationsstrukturen, ihrer Ressourcen sowie ihrer strategischen Zielsetzungen. Was in einem Unternehmen erfolgreich umgesetzt werden kann, lässt sich daher nicht ohne Weiteres auf andere Kontexte übertragen. Reallabore schaffen Orientierung, indem sie Erfahrungen unter realen Bedingungen sichtbar machen. Sie ermöglichen es, neue Technologien, Formen der Zusammenarbeit und organisatorische Veränderungen unter realen Bedingungen zu erproben und ihre Wirkungen sichtbar zu machen. Dabei geht es weniger darum, fertige Lösungen bereitzustellen, als vielmehr darum, Lernprozesse anzustoßen, Unsicherheiten zu reduzieren und Orientierungswissen zu erzeugen. Die im Projekt entwickelten Mehrwertservices, die durchgeführten Experteninterviews sowie die gemeinsame Reflexion identifizierter Herausforderungen verdeutlichen, dass Transformation häufig nicht mit großen strategischen Programmen beginnt. Sie entsteht oftmals aus konkreten betrieblichen Fragestellungen heraus, entwickelt sich schrittweise weiter und gewinnt mit jeder positiven Erfahrung an Tragfähigkeit.

> „Ich denke, insbesondere im Bereich der Entwicklung arbeiten wir mit verschiedenen Partnern zusammen, weil wir allein gar nicht die Möglichkeit hätten, alle Kompetenzen selbst vorzuhalten."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Damit wird deutlich, dass Lernen und Innovation zunehmend in Netzwerken stattfinden. Die Erfahrungen einzelner Unternehmen, die Perspektiven unterschiedlicher Akteure und die Erprobung gemeinsamer Anwendungsfälle bilden eine wichtige Grundlage, um Unsicherheiten zu reduzieren und neue Lösungsansätze zu entwickeln. Gerade in der Zusammenarbeit entstehen neue Sichtweisen darauf, welche Probleme tatsächlich gelöst werden müssen und wie dies gelingen kann. Vielleicht liegt gerade darin die eigentliche Stärke eines Reallabors: Es nimmt Unternehmen nicht die Unsicherheit. Es zeigt jedoch, dass Unsicherheit gestaltbar ist. Transformation beginnt selten mit Gewissheit. Sie beginnt dort, wo Akteure bereit sind, trotz unvollständiger Informationen erste Erfahrungen zu sammeln, Annahmen zu hinterfragen und gemeinsam zu lernen. Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 liefern Orientierungswissen, das auf unterschiedliche Unternehmenskontexte übertragen werden kann.

Wo Unternehmen konkret ansetzen können

- Erfahrungen aus Reallaboren als Lern- und Erprobungsräume nutzen
- Die eigene Ausgangssituation und Prioritäten bewusst reflektieren
- Mit konkreten Fragestellungen und überschaubaren Anwendungsfällen beginnen
- Erkenntnisse anderer nicht kopieren, sondern auf den eigenen Kontext übertragen
- Transformation als kontinuierlichen Lern- und Entwicklungsprozess verstehen

Gerade darin liegt möglicherweise eine weitere wichtige Erkenntnis: Die Übertragbarkeit von Reallaboren besteht weniger in der direkten Nachahmung einzelner Lösungen als vielmehr in den zugrunde liegenden Prinzipien. Unternehmen müssen nicht dieselben Wege gehen, sie können jedoch von den Erfahrungen anderer profitieren. Nutzen sichtbar machen, Menschen befähigen, Vertrauen aufbauen, Kooperation gestalten und Interoperabilität fördern – diese Prinzipien lassen sich auf unterschiedliche Kontexte übertragen, auch wenn ihre konkrete Ausgestaltung variieren wird. Die nachfolgenden Leitlinien greifen diese Erfahrungen auf. Sie verbinden die Perspektiven der befragten Akteure mit den im Projekt identifizierten Herausforderungen und Gegenmaßnahmen entlang der Dimensionen Technologie, Organisation und Mensch. Ihr Ziel besteht nicht darin, fertige Antworten zu liefern, sondern Unternehmen dabei zu unterstützen, eigene Antworten auf die Herausforderungen datengetriebener Transformation zu entwickeln.

4.3 Leitlinien datengetriebener Wertschöpfung

Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 machen deutlich, dass die erfolgreiche Gestaltung datengetriebener Wertschöpfung weder durch einzelne Technologien noch durch isolierte organisatorische Maßnahmen erreicht werden kann. Vielmehr entsteht sie im Zusammenspiel technischer Voraussetzungen, organisatorischer Rahmenbedingungen und der Bereitschaft von Menschen, neue Formen der Zusammenarbeit zu erproben und mitzugestalten. Die Interviews zeigen zugleich, dass Unternehmen häufig vor ähnlichen Herausforderungen stehen. Sie müssen Nutzenpotenziale sichtbar machen, Mitarbeitende für Veränderungen gewinnen, Vertrauen in neue Formen des Datenaustauschs aufbauen, bestehende Organisationsgrenzen überwinden und technische Voraussetzungen für organisationsübergreifende Zusammenarbeit schaffen. Die konkrete Ausgestaltung dieser Herausforderungen mag sich unterscheiden – die zugrunde liegenden Spannungsfelder ähneln sich jedoch vielfach.

Die folgenden Leitlinien verdichten die Erfahrungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0 zu praxisnahen Orientierungsangeboten. Sie basieren auf den entwickelten Mehrwertservices, den Perspektiven der befragten Akteure sowie den im Projekt identifizierten Herausforderungen und Gegenmaßnahmen. Ihr Ziel besteht nicht darin, eine allgemeingültige Rezeptur für erfolgreiche Transformation bereitzustellen. Vielmehr sollen sie Unternehmen dabei unterstützen, die eigene Situation zu reflektieren, geeignete Ansatzpunkte zu identifizieren und erste Schritte bewusst zu gestalten. Die Abbildungen 15 bis 20 stellen in diesem Zusammenhang keine ergänzenden Illustrationen dar. Sie dokumentieren zentrale empirische Ergebnisse des Projekts. Sie zeigen typische Barrieren auf, denen Unternehmen im Kontext datengetriebener Wertschöpfung begegnen, und verbinden diese mit konkreten Gegenmaßnahmen und Handlungsempfehlungen entlang der Dimensionen Technologie, Organisation und Mensch.

4.3.1 Nutzen sichtbar machen und mit konkreten Anwendungsfällen beginnen

Datengetriebene Transformation beginnt selten mit Technologien. Ausgangspunkt sind betriebliche Herausforderungen und erkennbare Nutzenpotenziale. Unternehmen investieren nicht in Datenräume, digitale Zwillinge oder industrielle Künstliche Intelligenz, weil diese Technologien attraktiv erscheinen, sondern dort, wo sich Herausforderungen adressieren, wirtschaftliche Potenziale erschließen und nachvollziehbare Mehrwerte erzeugen lassen. Die Frage nach dem Nutzen steht dabei nicht im Widerspruch zur Innovationsbereitschaft, sondern ist Ausdruck unternehmerischer Verantwortung. Unternehmen müssen entscheiden, welche Investitionen sich lohnen, welche Risiken vertretbar sind und wie knappe Ressourcen sinnvoll eingesetzt werden. Die Aussicht auf geringeren Energieverbrauch, effizientere Wartungsprozesse, zusätzliche Dienstleistungen oder neue Erlösquellen bildet daher häufig den Ausgangspunkt datengetriebener Wertschöpfung.

Die im Projekt entwickelten Mehrwertservices verdeutlichen dies eindrücklich. Sie entstanden nicht aus der abstrakten Idee eines Datenraums heraus, sondern aus konkreten Fragestellungen entlang des Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen. Gerade die Orientierung an greifbaren Anwendungsfällen ermöglicht es, Potenziale sichtbar zu machen, erste Erfahrungen zu sammeln und die Voraussetzungen für weitergehende Formen der Zusammenarbeit zu schaffen.

> „Die Kernfrage muss da geklärt sein für jeden Beteiligten: What's in it for me? […] Es muss letztendlich für alle eine positive Bilanz sein."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Die Bereitschaft zur Veränderung entsteht dort, wo Nutzen nachvollziehbar und Mehrwerte sichtbar werden. Datengetriebene Wertschöpfung muss sich im betrieblichen Alltag bewähren und zur Lösung bestehender Herausforderungen beitragen. Erst dann wächst die Bereitschaft, in neue Formen der Zusammenarbeit zu investieren und damit verbundene Risiken einzugehen. Konkrete Anwendungsfälle schaffen Lernräume, in denen technische, organisatorische und kooperative Fragen gemeinsam erprobt werden können. Sie verdeutlichen die Potenziale datengetriebener Wertschöpfung, ohne die beteiligten Akteure zu einem grundlegenden Wandel ihrer Geschäftsmodelle zu zwingen.

Die Ergebnisse der Interviews und Workshops zeigen zudem, dass erfolgreiche Praxisbeispiele eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz neuer Ansätze sind. Leuchtturmprojekte und erste Erfolgsgeschichten können Unsicherheiten abbauen und die Diskussion von abstrakten Zukunftsvisionen auf konkrete betriebliche Mehrwerte lenken. Ebenso bedeutsam ist Transparenz darüber, wie Nutzen und Kosten verteilt werden und welchen Wert Daten im jeweiligen Anwendungsfall besitzen. Erst wenn die Beteiligten nachvollziehen können, warum sich Engagement und Zusammenarbeit lohnen, entsteht die Grundlage für eine langfristige Beteiligung. Die in Kapitel 3 dargestellten Mehrwertservices zeigen exemplarisch, dass konkrete Anwendungsfälle Ausgangspunkt neuer Formen datengetriebener Wertschöpfung sein können.

Wo Unternehmen konkret ansetzen können

- Erfolgreiche Praxisbeispiele und konkrete Mehrwerte sichtbar machen
- Leuchtturmprojekte gezielt als Lern- und Erprobungsräume nutzen
- Mechanismen für eine faire Verteilung von Kosten und Nutzen etablieren
- Transparenz über den Wert von Daten und deren Nutzung schaffen
- Mit konkreten Anwendungsfällen beginnen und erste Erfahrungen sammeln

4.3.2 Menschen befähigen und Veränderungen gemeinsam gestalten

Datengetriebene Transformation gelingt nicht allein durch die Einführung neuer Technologien. Ebenso entscheidend ist die Frage, ob die beteiligten Menschen in die Lage versetzt werden, neue Möglichkeiten zu verstehen, anzuwenden und aktiv mitzugestalten. Transformation findet nicht in Strategiedokumenten oder Projektplänen statt, sondern im betrieblichen Alltag – dort, wo Entscheidungen getroffen, Prozesse gestaltet und Erfahrungen gesammelt werden. Gerade in industriellen Unternehmen treffen neue digitale Möglichkeiten häufig auf etablierte Routinen, gewachsene Organisationsstrukturen und langjährig erworbenes Erfahrungswissen. Diese Erfahrungen stellen eine wichtige Ressource dar und dürfen nicht als Hindernis für Veränderung missverstanden werden. Gleichzeitig kann Vertrautes dazu führen, dass neuen Ansätzen zunächst mit Zurückhaltung begegnet wird. Die Bereitschaft zur Veränderung entsteht daher selten allein durch die Ankündigung neuer Technologien. Sie wächst dort, wo Menschen deren Nutzen nachvollziehen können und die Möglichkeit erhalten, eigene Erfahrungen mit neuen Formen der Zusammenarbeit zu sammeln.

> „Mit der Denke [...] sind viele ältere Leute noch aufgewachsen."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Die Aussage verweist auf die kulturelle Dimension von Transformation. Sie macht deutlich, dass Veränderung Zeit benötigt und nicht gegen die Menschen gelingen kann, die sie letztlich umsetzen sollen. Gerade in technologiegeprägten Branchen besteht die Herausforderung darin, bestehendes Erfahrungswissen mit neuen digitalen Kompetenzen zu verbinden. Die Zukunft entsteht dabei nicht durch die Ablösung des Bewährten, sondern durch dessen Weiterentwicklung. Gleichzeitig zeigen die Interviews, dass viele Vorbehalte gegenüber datengetriebenen Ansätzen weniger auf grundsätzlicher Ablehnung beruhen als auf Unsicherheit. Neue Technologien verändern Rollenbilder, Verantwortlichkeiten und etablierte Arbeitsweisen. Sie werfen Fragen auf: Was bedeutet das für meine tägliche Arbeit? Welche Kompetenzen werden künftig benötigt? Wie können bestehende Erfahrungen in neue Formen der Wertschöpfung eingebracht werden?

Beteiligung, Qualifizierung und gemeinsames Lernen sind zentrale Voraussetzungen erfolgreicher Transformation. Pilotprojekte und konkrete Anwendungsfälle schaffen Räume, in denen neue Kompetenzen aufgebaut und Unsicherheiten schrittweise reduziert werden können. Befähigung bedeutet dabei nicht allein Wissensvermittlung. Sie umfasst ebenso die Möglichkeit, Fragen zu stellen, Erfahrungen auszutauschen und Veränderungen aktiv mitzugestalten. Lernen wird zunehmend zu einer strategischen Fähigkeit von

Unternehmen. Die Zukunft entsteht nicht allein durch neue Technologien, sondern durch die Fähigkeit von Organisationen und ihren Mitarbeitenden, sich gemeinsam weiterzuentwickeln. Die Interviews zeigen darüber hinaus, dass Cybersecurity und digitale Kompetenz eng miteinander verknüpft sind. Technische Schutzmaßnahmen entfalten ihre Wirkung nur dann, wenn Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger sowie Mitarbeitende für digitale Risiken sensibilisiert sind und entsprechende Handlungskompetenzen besitzen. Kompetenzentwicklung wird damit zu einer Daueraufgabe und nicht zu einer einmaligen Schulungsmaßnahme. Die in Abbildung 17 dargestellten Herausforderungen und Gegenmaßnahmen verdeutlichen exemplarisch, wie Unternehmen den Aufbau digitaler Kompetenzen unterstützen und Veränderungsprozesse aktiv begleiten können.

Organisatorischer Schwerpunkt: Weiterentwicklung bestehender Vertriebsstrukturen für datenbasierte Leistungen.

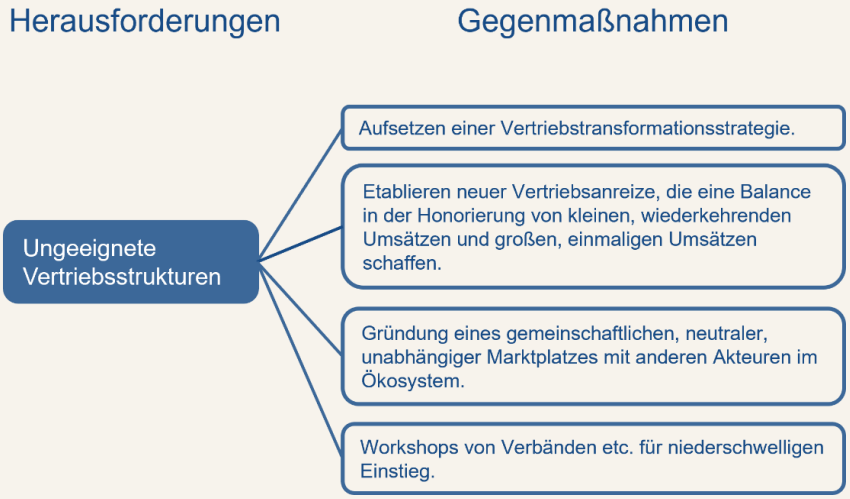

Abbildung 16: Neue Vertriebslogiken etablieren

Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung bestehender Vertriebsstrukturen.

Wo Unternehmen konkret ansetzen können

- Cybersecurity als kontinuierliche Führungsaufgabe verstehen
- Entscheidungsträger und Mitarbeitende gezielt für digitale Risiken sensibilisieren
- Mentoring- und Weiterbildungsangebote systematisch verankern
- Räume für Wissensaustausch und gemeinsames Lernen schaffen
- Kompetenzentwicklung als langfristigen Veränderungsprozess gestalten

4.3.3 Vertrauen aufbauen und Risiken verantwortungsvoll gestalten

Datengetriebene Wertschöpfung erfordert organisationsübergreifende Zusammenarbeit. Diese setzt voraus, dass Unternehmen bereit sind, Informationen zu teilen und neue Formen der Kooperation einzugehen. Vertrauen wird damit zu einer zentralen Voraussetzung datengetriebener Transformation und muss aktiv aufgebaut werden. Gerade kleine und mittlere Unternehmen verfügen häufig über wenige strategische Ressourcen, die ihre Wettbewerbsfähigkeit wesentlich prägen. Produktwissen, Prozesswissen, Kundennähe und Daten stellen oftmals zentrale Grundlagen ihres wirtschaftlichen Erfolgs dar. Die Sorge, durch den Austausch von Daten die Kontrolle über diese Ressourcen zu verlieren oder Wettbewerbsnachteile zu erleiden, erscheint vor diesem Hintergrund nachvollziehbar. Hinzu kommen berechtigte Bedenken hinsichtlich

Cybersecurity, des Missbrauchs von Daten sowie möglicher Abhängigkeiten von Dritten. Mit zunehmender Vernetzung entstehen neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit – zugleich wird jedoch auch die potenzielle Angriffsfläche größer. Die Entscheidung zur Beteiligung an Datenökosystemen ist deshalb immer auch eine Abwägung zwischen erwarteten Nutzenpotenzialen und wahrgenommenen Risiken.

> „Denn wenn jemand anderes [die Daten] besitzt, behandelt er es heute vielleicht sicher, aber man weiß nie, von wem es gekauft wird und was dann übermorgen passiert."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Die Aussage bringt die Ambivalenz datengetriebener Zusammenarbeit eindrucksvoll zum Ausdruck. Unternehmen lehnen Kooperation nicht grundsätzlich ab. Vielmehr stellt sich die Frage, unter welchen Bedingungen Zusammenarbeit verantwortbar erscheint. Vertrauen wächst durch gemeinsame Anwendungsfälle, nachvollziehbare Nutzenversprechen und positive Erfahrungen der Zusammenarbeit. Es lässt sich nicht verordnen, sondern entsteht dort, wo Kooperation funktioniert und die erwarteten Mehrwerte tatsächlich eintreten. Die Idee souveräner Datenräume besteht genau darin, Datennutzung zu ermöglichen, ohne die Kontrolle über eigene Datenbestände vollständig aufzugeben. Datensouveränität und Kooperation sind damit keine Gegensätze. Transparente Regeln, abgestimmte Governance-Strukturen und technische Schutzmechanismen schaffen die Voraussetzungen für vertrauensvolle Zusammenarbeit. Die in den Abbildungen 18 und 19 dargestellten Herausforderungen und Gegenmaßnahmen zeigen exemplarisch, wie Unternehmen Vertrauen stärken, Datensouveränität sichern und den Umgang mit Risiken aktiv gestalten können.

Menschlicher Schwerpunkt: Aufbau digitaler Kompetenzen und Stärkung der Cyber-Resilienz

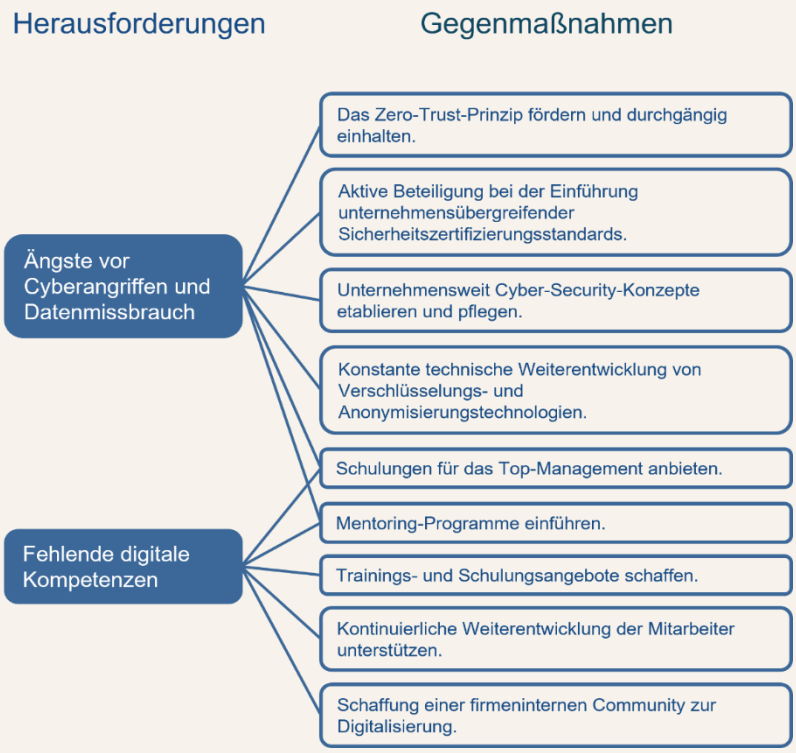

Abbildung 17: Kompetenz und Sicherheit stärken

Empfehlungen zum Umgang mit Cyberrisiken und fehlenden digitalen Kompetenzen.

Die Interviews machen deutlich, dass Vertrauen allein nicht auf guten Absichten beruhen kann. Selbst bei vorhandener Bereitschaft zur Zusammenarbeit benötigen Unternehmen nachvollziehbare Regeln und organisatorische Sicherheiten für einen transparenten und verlässlichen Umgang mit Daten. Vertrauen entsteht

dabei nicht im Gegensatz zu Kontrolle, sondern gerade durch die Erfahrung, dass Verantwortlichkeiten geklärt und Vereinbarungen eingehalten werden.

> „Wenn zwischen uns und unserem Partner kein guter Vertrag besteht, dann ist das Vertrauen schnell dahin."
>
> (Interviewzitat aus dem Kreis der befragten Akteure)

Die Aussage verdeutlicht, dass Vertrauen und Governance keine Gegensätze darstellen. Transparente Vereinbarungen, klare Verantwortlichkeiten und nachvollziehbare Regeln schaffen die Grundlage dafür, dass Kooperation auch über Organisationsgrenzen hinweg tragfähig gestaltet werden kann. Die Idee souveräner Datenräume greift genau diese Spannung auf. Sie verfolgt das Ziel, Datennutzung zu ermöglichen, ohne die Kontrolle über eigene Datenbestände vollständig aufzugeben. Governance-Strukturen, standardisierte Vereinbarungen und technische Schutzmechanismen schaffen die Voraussetzungen dafür, dass Kooperation auch unter Bedingungen von Unsicherheit verantwortungsvoll gestaltet werden kann.

Governance-Schwerpunkt: Gestaltung vertrauenswürdiger Rahmenbedingungen für Datensouveränität und Zusammenarbeit

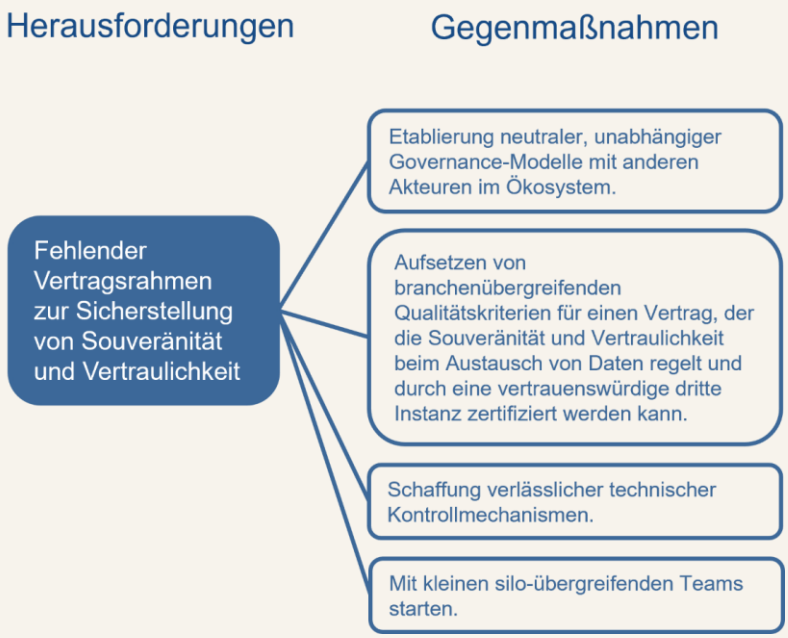

Abbildung 18: Datensouveränität absichern

Handlungsempfehlungen zur Gestaltung geeigneter Vertrags- und Governance-Strukturen.

Wo Unternehmen konkret ansetzen können

- Mechanismen für eine faire Verteilung von Kosten und Nutzen etablieren
- Transparenz über den Wert von Daten und deren Nutzung schaffen
- Governance-Strukturen und klare Vereinbarungen für den Datenaustausch schaffen

4.3.4 Organisationsgrenzen überwinden und Kooperation ermöglichen

Erfolgreiche datengetriebene Wertschöpfung erfordert die Verbindung komplementärer Kompetenzen über Organisationsgrenzen hinweg. Wie im Projekt und hier in den Ergebnissen ausführlich gezeigt wurde: Hersteller, Maschinen- und Anlagenbauer, Betreiber, Instandhalter sowie Anbieter digitaler Dienstleistungen verfügen jeweils über spezifisches Wissen, unterschiedliche Perspektiven und komplementäre Ressourcen. Erst ihr Zusammenspiel eröffnet die Möglichkeit, komplexe Herausforderungen gemeinsam zu bewältigen und neue Wertangebote zu entwickeln. Dies stellt viele Unternehmen vor einen grundlegenden Perspektivwechsel. Wertschöpfung wurde traditionell häufig innerhalb der eigenen Organisationsgrenzen gedacht und organisiert. Datengetriebene Geschäftsmodelle erfordern hingegen in vielen Fällen eine stärkere Vernetzung entlang des Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen. Informationen müssen dort verfügbar werden, wo sie benötigt werden, und Kompetenzen zusammengeführt werden, die bislang getrennt voneinander agierten.

Gleichzeitig bedeutet Kooperation nicht, die eigene Identität oder die Kontrolle über zentrale Ressourcen aufzugeben. Vielmehr eröffnet sie die Möglichkeit, die eigenen Stärken gezielt mit den Kompetenzen anderer zu verbinden. Gerade in spezialisierten industriellen Ökosystemen kann kein einzelner Akteur sämtliche Anforderungen allein erfüllen. Zusammenarbeit entwickelt sich zu einer strategischen Kernkompetenz.

> „Natürlich haben wir nicht alle Lösungen."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Die Aussage wirkt auf den ersten Blick unspektakulär. Tatsächlich beschreibt sie jedoch einen tiefgreifenden Wandel industrieller Wertschöpfung. Innovation entsteht zunehmend dort, wo unterschiedliche Erfahrungen, Wissensbestände und Sichtweisen miteinander verbunden werden. Kooperation erweitert den Lösungsraum von Unternehmen und stärkt ihre Innovationsfähigkeit. Die Interviews zeigen zugleich, dass organisationsübergreifende Zusammenarbeit vielerorts bereits gelebte Praxis ist – auch wenn sie nicht immer explizit als Teil datengetriebener Transformation verstanden wird.

> „Ich denke, insbesondere im Bereich der Entwicklung arbeiten wir mit verschiedenen Partnern zusammen, weil wir allein gar nicht die Möglichkeit hätten, alle Kompetenzen selbst vorzuhalten."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Die Aussage macht deutlich, dass die Frage häufig nicht lautet, *ob* Unternehmen kooperieren, sondern vielmehr, wie diese Zusammenarbeit künftig gestaltet werden kann. Die Entwicklung datengetriebener Leistungen knüpft damit an bestehende Formen der Kooperation an und erweitert diese um neue Möglichkeiten des Datenaustauschs und der gemeinsamen Wertschöpfung. Die im Projekt entwickelten Mehrwertservices verdeutlichen dies exemplarisch. Keiner der beschriebenen Services wäre isoliert durch einen einzelnen Akteur realisierbar gewesen. Erst das Zusammenspiel von Produktwissen, Prozessverständnis, Betriebsdaten und Servicekompetenz ermöglicht die Entwicklung von Leistungen, die einen konkreten Mehrwert für die Beteiligten schaffen können. Kooperation erhält damit einen gemeinsamen Gegenstand: die Lösung konkreter betrieblicher Herausforderungen. Vielleicht besteht genau hierin eine weitere wichtige Erkenntnis: Die Zukunft gehört nicht den Unternehmen, die alles allein können. Sie gehört jenen Unternehmen, die ihre eigenen Stärken kennen und bereit sind, diese mit den Kompetenzen anderer zu verbinden. Die in Abbildung 20 dargestellten Herausforderungen und Gegenmaßnahmen zeigen exemplarisch, wie Unternehmen organisationsübergreifende Zusammenarbeit stärken und neue Formen gemeinsamer Wertschöpfung fördern können.

Wo Unternehmen konkret ansetzen können

- Abteilungs- und organisationsübergreifende Zusammenarbeit aktiv fördern
- Den Nutzen gemeinsamer Initiativen sichtbar machen
- Räume für Austausch und gemeinsames Lernen schaffen
- Kleine, bereichsübergreifende Pilotprojekte gezielt unterstützen
- Kooperation als Erweiterung des eigenen Lösungsraums verstehen

4.3.5 Interoperabilität gemeinsam gestalten

Die Bereitschaft zur Zusammenarbeit allein schafft noch keine gemeinsame Wertschöpfung. Selbst dort, wo ein konkreter Nutzen erkennbar ist, Menschen Veränderungen mittragen und Vertrauen in die Kooperation entsteht, stellt sich eine sehr praktische Frage:

> *Wie können unterschiedliche Systeme, Anwendungen und Akteure tatsächlich miteinander arbeiten?*

Interoperabilität schafft die Grundlage dafür, dass Daten nicht isoliert in einzelnen Anwendungen verbleiben, sondern in unterschiedlichen Kontexten verständlich, anschlussfähig und wiederverwendbar werden. Ohne diese Anschlussfähigkeit bleiben viele Potenziale datengetriebener Wertschöpfung auf proprietäre Lösungen oder einzelne Unternehmen beschränkt. Gleichzeitig wurde im Projekt deutlich, dass Interoperabilität weit mehr umfasst als die technische Verbindung von Systemen. Unterschiedliche Datenmodelle, heterogene Begriffswelten, historisch gewachsene IT-Landschaften und verschiedene organisatorische Zuständigkeiten erschweren die Zusammenarbeit. Die Herausforderung besteht daher nicht allein in der Bereitstellung von Schnittstellen, sondern ebenso in einem gemeinsamen Verständnis darüber, wie Informationen beschrieben, interpretiert und genutzt werden. Interoperabilität besitzt damit eine technische, eine semantische und eine organisatorische Dimension. Sie entsteht nicht automatisch durch die Einführung neuer Technologien, sondern muss aktiv gestaltet werden. Standards, Referenzmodelle und gemeinsame Beschreibungsstrukturen schaffen hierfür einen wichtigen Orientierungsrahmen. Gleichzeitig erfordern sie die Bereitschaft unterschiedlicher Akteure, sich auf gemeinsame Regeln einzulassen und diese kontinuierlich weiterzuentwickeln.

> „[Es bedarf] Standardisierung, Protokolle, Normung und Connectivity [...]. Die Frage ist: Wer ist der Takt geber?“
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Die Aussage macht deutlich, dass Interoperabilität nicht ausschließlich eine technische Fragestellung darstellt. Sie verweist zugleich auf die Notwendigkeit gemeinsamer Verantwortung und Koordination. Die Entwicklung offener und anschlussfähiger Lösungen erfordert Akteure, die bereit sind, Standards mitzugestalten, Erfahrungen einzubringen und über die Grenzen einzelner Unternehmen hinauszudenken. Antrieb 4.0 zeigt, dass Interoperabilität nicht zu Beginn einer Transformation vollständig vorhanden sein muss. Vielmehr entwickelt sie sich schrittweise aus konkreten Anwendungsfällen. Die Mehrwertservices des Projekts machten sichtbar, welche Informationen tatsächlich benötigt werden und wo gemeinsame Beschreibungsmodelle oder standardisierte Schnittstellen unmittelbaren Mehrwert schaffen. Vielleicht liegt gerade hierin eine wichtige Erkenntnis: Standards entstehen nicht im luftleeren Raum. Sie folgen häufig der praktischen Zusammenarbeit – und werden zugleich zur Voraussetzung dafür, erfolgreiche Ansätze zu übertragen und zu skalieren. Interoperabilität ist damit weder Selbstzweck noch bürokratische Pflichtübung. Sie ist die Sprache gemeinsamer Wertschöpfung. Die in Abbildung 15 dargestellten Herausforderungen und Gegenmaßnahmen verdeutlichen exemplarisch, wie Unternehmen Interoperabilität aktiv gestalten und die technischen Voraussetzungen für organisationsübergreifende Zusammenarbeit schaffen können.

Kooperationsschwerpunkt: Vertrauen schaffen und Vorbehalte gegenüber organisationsübergreifender Zusammenarbeit abbauen.

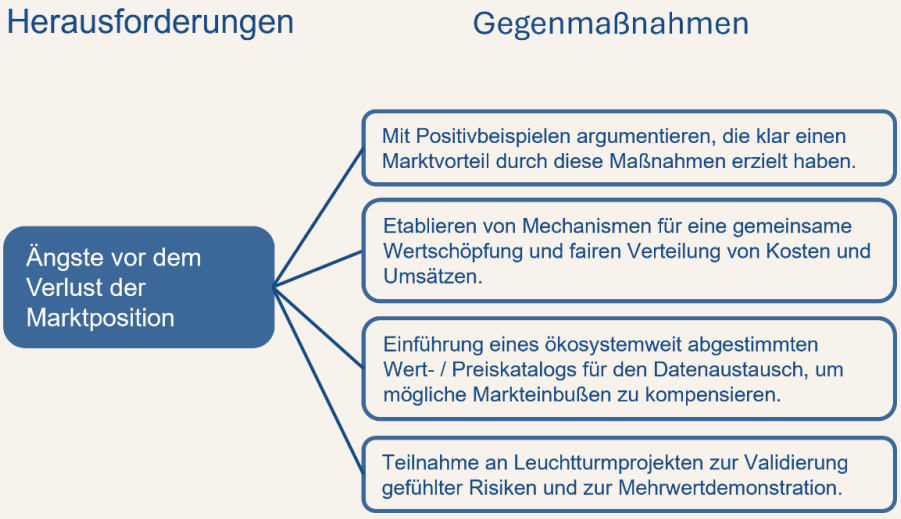

Abbildung 19: Vertrauen statt Abschottung

Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Ängsten vor dem Verlust der Marktposition.

Wo Unternehmen konkret ansetzen können

- Maschinen, Komponenten und Softwaresysteme erfassen und ihre Integrationsfähigkeit bewerten
- Offene Schnittstellen und standardisierte Datenmodelle bereits bei Beschaffungs- und Investitionsentscheidungen berücksichtigen
- Den Einsatz der Asset Administration Shell (AAS) als Grundlage zukünftiger Interoperabilität prüfen
- Eigene Erfahrungen und Anforderungen in Standardisierungs- und Transferformate einbringen
- Interoperabilität als strategische Voraussetzung zukünftiger Wertschöpfung verstehen

4.3.6 Wertschöpfung neu denken und Geschäftsmodelle weiterentwickeln

Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 zeigen, dass datengetriebene Transformation nicht mit der Einführung neuer Technologien endet. Ihr eigentliches Potenzial entfaltet sich dort, wo Unternehmen beginnen, bestehende Leistungen weiterzuentwickeln und neue Formen der Wertschöpfung zu erschließen. Daten werden dabei nicht selbst zum Produkt. Ihr Wert entsteht vielmehr durch ihre Übersetzung in konkrete Unterstützungsangebote, Entscheidungen und Dienstleistungen. Gleichzeitig wird deutlich, dass die wirtschaftliche Logik datengetriebener Wertschöpfung vielfach noch in einer Erprobungsphase steckt. Das klassische Produktgeschäft bleibt für die meisten Unternehmen die zentrale wirtschaftliche Grundlage. Digitale Services werden bislang häufig ergänzend angeboten und tragen oftmals nur einen vergleichsweise geringen Anteil zum Gesamtumsatz bei. Gleichzeitig erkennen die beteiligten Akteure erhebliche Potenziale in datenbasierten Leistungen und neuen Formen der Zusammenarbeit.

Die im Projekt entwickelten Mehrwertservices zeigen exemplarisch, wie sich solche Potenziale konkret ausgestalten können. Sie reichen von der Bereitstellung zusätzlicher Transparenz über die Unterstützung betrieblicher Entscheidungen bis hin zur Entwicklung neuer Leistungsangebote entlang des Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen. Gerade die Verbindung von Produktwissen, Betriebsdaten und Servicekompetenz eröffnet Möglichkeiten, die über die Grenzen traditioneller Geschäftsmodelle hinausweisen.

> „Die Chance besteht natürlich darin, dass wir einen anderen, größeren Kundenkreis erreichen können als den, den wir alleine erreichen könnten."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Die Aussage macht deutlich, dass datengetriebene Wertschöpfung nicht ausschließlich auf Effizienzsteigerungen abzielt. Sie eröffnet ebenso die Möglichkeit, neue Kundengruppen zu erschließen, bestehende Beziehungen zu vertiefen und zusätzliche Erlösquellen zu entwickeln. Die Zukunft industrieller Wertschöpfung entscheidet sich damit nicht allein an der Frage, welche Produkte hergestellt werden, sondern zunehmend auch daran, welche Probleme gemeinsam gelöst werden können. Gleichzeitig zeigen die Interviews, dass die eigentliche Herausforderung häufig nicht in der technischen Realisierung neuer Services liegt, sondern in ihrer organisatorischen und wirtschaftlichen Verankerung.

> „Es ist erstmal schon aufgrund unserer Struktur [...] schwierig, Software zu verkaufen."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Die Aussage verweist auf einen häufig unterschätzten Aspekt der Transformation: Neue Leistungsangebote erfordern oftmals auch neue Vertriebslogiken, angepasste Anreizsysteme und veränderte Rollenverständnisse. Die erfolgreiche Entwicklung datengetriebener Geschäftsmodelle ist daher ebenso eine organisatorische wie eine technologische Aufgabe. Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 legen nahe, dass die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle selten in Form radikaler Umbrüche erfolgt. Häufig entstehen sie aus konkreten Anwendungsfällen heraus, werden schrittweise erprobt und entwickeln sich im Zusammenspiel unterschiedlicher Akteure weiter. Gerade hierin liegt eine besondere Stärke datengetriebener Transformation: Sie ermöglicht es Unternehmen, neue Wege zu beschreiten, ohne ihre bestehenden Stärken aufgeben zu müssen. Vielleicht besteht die eigentliche Kunst nicht darin, das Bestehende durch etwas völlig Neues zu ersetzen. Sie besteht vielmehr darin, das Bewährte weiterzuentwickeln und neue Möglichkeiten dort entstehen zu lassen, wo Produkte, Daten und Services sinnvoll zusammenwirken. Die in Abbildung 16 dargestellten Herausforderungen und Gegenmaßnahmen verdeutlichen exemplarisch, wie Unternehmen die organisatorischen Voraussetzungen für neue Geschäftsmodelle schaffen und deren Vermarktung unterstützen können.

Organisationsschwerpunkt: Zusammenarbeit über Bereichsgrenzen hinweg fördern und Silostrukturen überwinden.

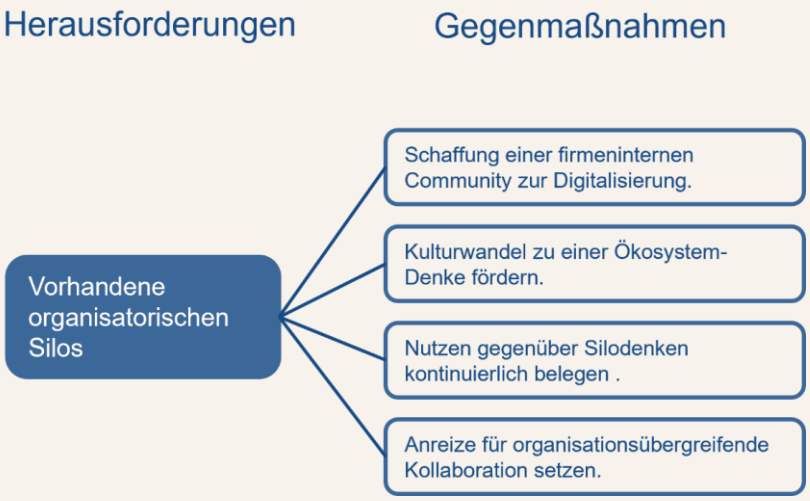

Abbildung 20: Organisation gemeinsam gestalten

Empfehlungen zum Abbau organisatorischer Silos.

Mit dieser letzten Leitlinie schließt sich zugleich der Kreis der bisherigen Überlegungen. Nutzen, Befähigung, Vertrauen, Kooperation, Interoperabilität und neue Formen der Wertschöpfung sind keine voneinander getrennten Bausteine. Sie bedingen und verstärken sich gegenseitig. Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 zeigen damit nicht nur, welche Herausforderungen Unternehmen bewältigen müssen. Sie verdeutlichen zugleich, dass Transformation als gemeinsame Gestaltungsaufgabe verstanden werden kann – und verstanden werden sollte.

Wo Unternehmen konkret ansetzen können

- Vertriebsanreize an wiederkehrenden Erlösen ausrichten
- Service- und Produktlogiken gemeinsam denken
- Mitarbeitende frühzeitig auf neue Vertriebsrollen vorbereiten
- Gemeinsame Vermarktungsansätze im Ökosystem prüfen
- Neue Geschäftsmodelle schrittweise erproben und weiterentwickeln

4.4 Transformation als gemeinsame Gestaltungsaufgabe

Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 machen deutlich, dass die Transformation hin zu datengetriebener Wertschöpfung weder als rein technologische Herausforderung noch als einmaliges Digitalisierungsprojekt verstanden werden kann. Sie ist vielmehr ein kontinuierlicher Gestaltungsprozess, der wirtschaftliche Überlegungen, technische Voraussetzungen, organisatorische Veränderungen und kulturelle Entwicklungen gleichermaßen umfasst. Die bisherigen Kapitel haben gezeigt, dass Unternehmen gute Gründe haben, vorsichtig zu sein. Die Sorge um die eigene Wettbewerbsfähigkeit, Fragen der Datensouveränität oder die Angst vor neuen Abhängigkeiten sind keine Ausdrucksformen mangelnder Innovationsbereitschaft. Sie spiegeln vielmehr die Verantwortung wider, unter Unsicherheit tragfähige Entscheidungen zu treffen und Risiken sorgfältig abzuwägen.

Gleichzeitig verdeutlichen die Ergebnisse, dass Nicht-Handeln ebenfalls eine Entscheidung darstellt. Die Potenziale datengetriebener Wertschöpfung – von höherer Energieeffizienz über verbesserte Wartungsstrategien bis hin zu neuen Dienstleistungen und perspektivisch industrieller Künstlicher Intelligenz – lassen sich nur erschließen, wenn Unternehmen bereit sind, neue Wege zu erproben und schrittweise Erfahrungen mit organisationsübergreifender Zusammenarbeit zu sammeln. Die in diesem Kapitel dargestellten Leitlinien zeigen, dass Transformation nicht an einem einzelnen Hebel ansetzt. Nutzen sichtbar zu machen, Menschen zu befähigen, Vertrauen aufzubauen, Kooperation zu gestalten, Interoperabilität zu fördern und neue Formen der Wertschöpfung zu entwickeln, sind keine voneinander unabhängigen Aufgaben. Sie greifen ineinander und verstärken sich gegenseitig. Gerade darin liegt die Herausforderung – aber auch die Chance datengetriebener Transformation.

> „Die Chance besteht natürlich darin, dass wir einen anderen, größeren Kundenkreis erreichen können als den, den wir alleine erreichen könnten."
>
> (Interview mit einem Komponentenhersteller und Serviceanbieter)

Die Aussage verweist auf einen Perspektivwechsel, der weit über einzelne Technologien hinausgeht. Die Zukunft industrieller Wertschöpfung wird sich zunehmend an der Fähigkeit entscheiden, unterschiedliche Kompetenzen zusammenzuführen, gemeinsame Herausforderungen zu adressieren und daraus neue Formen der Zusammenarbeit zu entwickeln. Die Frage lautet daher nicht mehr allein, welche Produkte hergestellt werden, sondern welche Probleme gemeinsam gelöst werden können. Vielleicht besteht genau hierin die eigentliche Botschaft von Antrieb 4.0. Die Interviews zeichnen weder das Bild einer Industrie im digitalen Aufbruch noch das einer Branche in grundsätzlicher Verweigerung. Sie zeigen vielmehr Unternehmen, die unter Unsicherheit verantwortungsvolle Entscheidungen treffen, Chancen und Risiken gegeneinander abwägen und ihren eigenen Weg zwischen Bewahrung und Veränderung suchen. Die Erfahrungen des Reallabors machen dabei Mut. Sie zeigen, dass die technischen Grundlagen zunehmend verfügbar sind, erste Nutzenpotenziale bereits heute erschlossen werden können und neue Formen der Zusammenarbeit nicht mit einem radikalen Umbruch beginnen müssen. Häufig entstehen sie aus konkreten Anwendungsfällen heraus, werden schrittweise weiterentwickelt und gewinnen mit jeder positiven Erfahrung an Tragfähigkeit.

Transformation bedeutet damit nicht, berechtigte Sorgen zu ignorieren oder bestehende Stärken aufzugeben. Sie bedeutet vielmehr, trotz bestehender Unsicherheiten gemeinsam handlungsfähig zu werden, Verantwortung zu übernehmen und die eigenen Handlungsspielräume bewusst zu erweitern. Die Zukunft industrieller Wettbewerbsfähigkeit entscheidet sich damit nicht allein an technologischen Innovationen, sondern an der Fähigkeit, gemeinsam Wert zu schaffen. Vielleicht ist dies die wichtigste Erkenntnis aus Antrieb 4.0: Transformation beginnt selten mit Gewissheit. Sie beginnt dort, wo Menschen und Organisationen bereit sind, den ersten Schritt zu gehen – nicht weil alle Fragen bereits beantwortet sind, sondern weil der erwartete Nutzen groß genug erscheint, um gemeinsam zu lernen, Erfahrungen zu sammeln und neue Wege auszuprobieren. Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 verstehen sich in diesem Sinne nicht als Abschluss einer Entwicklung, sondern als Einladung zum Weiterdenken und Mitgestalten. Sie zeigen, dass datengetriebene Wertschöpfung keine ferne Vision bleiben muss. Sie beginnt dort, wo Unternehmen, Menschen und Organisationen den Mut finden, den ersten gemeinsamen Schritt zu gehen.

Wo Unternehmen konkret ansetzen können

- Transformation als kontinuierliche Gestaltungsaufgabe verstehen
- Chancen und Risiken datengetriebener Wertschöpfung gleichermaßen berücksichtigen
- Mit konkreten Anwendungsfällen beginnen und erste Erfahrungen sammeln
- Zusammenarbeit als strategische Fähigkeit entwickeln
- Bestehende Stärken bewahren und zugleich neue Möglichkeiten erproben
- Den ersten Schritt gehen – auch wenn noch nicht alle Antworten vorliegen

4.5 Merkzettel für Office, Kühlschrank oder Werkstattwand

Neue Rezepte heftet man sich gerne dorthin, wo man sie wiederfindet. Die folgenden sieben Zutaten sind kein Rezept im eigentlichen Sinne. Sie versprechen keinen garantierten Erfolg und ersetzen weder Erfahrung noch Fingerspitzengefühl. Aber vielleicht helfen sie dabei, die wesentlichen Dinge nicht aus dem Blick zu verlieren – gerade dann, wenn es im Alltag hektisch wird.

Die sieben Zutaten des Gelingens

Kein Rezept im eigentlichen Sinne – aber sieben Erfahrungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0, die Unternehmen Orientierung geben können.

1. Nutzen sichtbar machen

Transformation beginnt selten mit Technologie. Sie beginnt dort, wo Menschen und Organisationen einen konkreten Mehrwert erkennen: geringerer Energieverbrauch, bessere Wartung, zusätzliche Erlöse oder die Lösung eines drängenden Problems.

Wer den Nutzen nicht erklären kann, wird andere nur schwer für den Wandel gewinnen.

2. Menschen befähigen

Technologien verändern keine Unternehmen. Menschen tun es. Neue Kompetenzen entstehen nicht über Nacht. Sie wachsen durch Beteiligung, Weiterbildung, gemeinsames Lernen und die Möglichkeit, Erfahrungen zu sammeln.

Transformation gelingt nicht gegen Menschen, sondern nur mit ihnen.

3. Vertrauen aufbauen

Wo Daten geteilt werden, entstehen Chancen – aber auch Risiken. Vertrauen bedeutet nicht, keine Sorgen zu haben. Vertrauen entsteht dort, wo Regeln gelten, Verantwortlichkeiten geklärt sind und die Beteiligten die Erfahrung machen, dass Zusammenarbeit funktioniert.

Vertrauen ist keine Voraussetzung von Zusammenarbeit. Es ist häufig ihr Ergebnis.

4. Kooperation ermöglichen

Die Zukunft gehört selten denjenigen, die alles allein können. Wertschöpfung entsteht zunehmend an den Schnittstellen unterschiedlicher Kompetenzen. Wer die eigenen Stärken kennt und sie mit den Fähigkeiten anderer verbindet, erweitert seinen Lösungsraum.

Kooperation ist kein Zeichen von Schwäche, sondern Ausdruck gemeinsamer Stärke.

5. Interoperabilität gestalten

Zusammenarbeit braucht eine gemeinsame Sprache. Offene Schnittstellen, Standards und gemeinsame Begriffe mögen unscheinbar wirken – sie entscheiden darüber, ob gute Ideen über einzelne Projekte hinaus wachsen können.

Interoperabilität ist nicht Bürokratie. Sie ist die Sprache gemeinsamer Wertschöpfung.

6. Geschäftsmodelle weiterentwickeln

Neue Technologien entfalten ihren Wert erst dann, wenn sie in tragfähige Leistungen übersetzt werden. Die eigentliche Frage lautet daher nicht nur: „Was können wir technisch umsetzen?“, sondern auch: „Welchen Beitrag leisten wir künftig für unsere Kunden?“

Transformation bedeutet selten, alles neu zu machen – sondern das Bestehende sinnvoll weiterzuentwickeln.

7. Klein starten und gemeinsam lernen

Die wenigsten Unternehmen starten ihre Transformation mit einem Masterplan. Oft beginnt sie mit einem konkreten Anwendungsfall, einem Pilotprojekt oder der Bereitschaft, etwas auszuprobieren und daraus zu lernen.

Der erste Schritt muss nicht perfekt sein. Er muss gegangen werden.

Transformation beginnt selten mit Gewissheit.

Sie beginnt dort, wo Menschen und Organisationen bereit sind, trotz offener Fragen gemeinsam den ersten Schritt zu gehen – weil der erwartete Nutzen groß genug erscheint, um neue Wege auszuprobieren und miteinander zu lernen. Die Zutaten liegen auf dem Tisch. Was daraus entsteht, entscheidet sich in der Praxis.

Und vielleicht ist das die wichtigste Erinnerung aus dem Reallabor:

Auch die beste Zutatenliste kocht kein Gericht. Aber sie kann dabei helfen, beim gemeinsamen Kochen die wesentlichen Zutaten nicht zu vergessen.

5. Erkenntnisse und Perspektiven

Die Ergebnisse des Projekts Antrieb 4.0 zeigen, dass die Transformation hin zu datengetriebener Wertschöpfung weit mehr ist als die Einführung neuer digitaler Technologien. Datenräume, digitale Zwillinge oder datenbasierte Services entfalten ihren Nutzen nicht allein durch ihre technische Verfügbarkeit. Ihr Wert entsteht vielmehr dort, wo es gelingt, konkrete betriebliche Herausforderungen zu adressieren, unterschiedliche Kompetenzen zusammenzuführen und daraus gemeinsame Wertangebote zu entwickeln.

Die Untersuchungen im Ökosystem Antrieb 4.0 verdeutlichen, dass sich die Logik industrieller Wertschöpfung gegenwärtig verändert. Während Wertschöpfung traditionell primär innerhalb einzelner Unternehmen organisiert wurde, gewinnen organisationsübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke zunehmend an Bedeutung. Hersteller, Maschinen- und Anlagenbauer, Betreiber, Instandhalter sowie Anbieter digitaler Dienstleistungen tragen jeweils unterschiedliche Perspektiven, Ressourcen und Erfahrungen bei. Innovationen und neue Leistungsangebote entstehen dabei zunehmend an den Schnittstellen dieser Akteure. Die Einsicht, dass komplexe Herausforderungen zunehmend im Zusammenspiel unterschiedlicher Akteure bewältigt werden müssen, findet sich auch in Konzepten der Open Innovation wieder. Diese verstehen die Öffnung organisationaler Grenzen als Quelle neuer Ideen, Kompetenzen und Wertschöpfungsmöglichkeiten (Chesbrough, 2003). Kooperation erscheint damit weniger als Ausnahme denn als strategische Notwendigkeit in vernetzten Innovationssystemen. Daten entwickeln sich in diesem Zusammenhang zu einer Infrastruktur gemeinsamer Wertschöpfung. Die Analyse bestehender Geschäftsmodelle zeigt zugleich, dass die industrielle Antriebstechnik bereits heute über wichtige Voraussetzungen für diese Entwicklung verfügt. Serviceorientierte Leistungsangebote, langfristige Kundenbeziehungen und die enge Zusammenarbeit entlang des Lebenszyklus technischer Systeme sind in vielen Unternehmen fest verankert. Gleichzeitig wird deutlich, dass datenbasierte und hybride Geschäftsmodelle bislang häufig noch ergänzende Bestandteile bestehender Produktgeschäfte darstellen. Die wirtschaftliche Nutzung datengetriebener Potenziale befindet sich vielfach noch in einer Phase der Erprobung und Weiterentwicklung.

Die im Projekt entwickelten Mehrwertservices verdeutlichen, wie datengetriebene Wertschöpfung konkret ausgestaltet werden kann. Sie zeigen, dass bereits mit überschaubaren und klar umrissenen Anwendungsfällen erhebliche Mehrwerte erzielt werden können – etwa durch höhere Transparenz, die Unterstützung von Entscheidungen oder die Entwicklung neuer Formen gemeinsamer Wertschöpfung. Entscheidend ist dabei weniger die technologische Komplexität einzelner Lösungen als vielmehr die konsequente Orientierung an konkreten Problemen und nachvollziehbaren Nutzenversprechen. Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 machen zugleich deutlich, dass die erfolgreiche Gestaltung datengetriebener Wertschöpfung als sozio-technischer Gestaltungsprozess verstanden werden muss. Herausforderungen ergeben sich häufig weniger aus fehlenden Technologien als vielmehr aus Fragen der Zusammenarbeit, des Vertrauens, der Verantwortlichkeiten sowie des Aufbaus geeigneter Kompetenzen. Interoperabilität, digitale Souveränität, organisatorische Lernfähigkeit und die aktive Einbindung der beteiligten Menschen erweisen sich dabei als zentrale Voraussetzungen für die Umsetzung neuer Wertschöpfungsformen.

Transformation bleibt eine Gestaltungsaufgabe

Gleichzeitig wird durch die Ergebnisse deutlich, dass die Umsetzung datengetriebener, serviceorientierter Geschäftsmodelle weiterhin mit erheblichen Hürden verbunden ist. Technologisch erfordert die Skalierung entsprechender Services vor allem eine durchgängige Interoperabilität von Maschinen, Komponenten und Software. Organisatorisch stehen Unternehmen vor der Herausforderung, gewachsene Silostrukturen aufzubrechen, digitale Kompetenzen systematisch aufzubauen, geeignete Vertriebsmodelle zu etablieren und verlässliche Rahmenbedingungen für Datensouveränität und Vertraulichkeit zu schaffen.

Hinzu kommen verbreitete Vorbehalte auf Seiten der Unternehmen: Befürchtet werden unter anderem der Verlust der eigenen Marktposition, erhöhte Angriffsflächen für Cyberbedrohungen sowie Risiken durch Datenmissbrauch. Vertrauen wird damit zu einem zentralen Erfolgsfaktor für funktionierende Datenökosysteme. Fortschritte in der Verschlüsselung, Anonymisierung und in technischen Kontrollmechanismen leisten

hierzu einen wichtigen Beitrag. Ihr volles Potenzial entfalten diese Technologien jedoch nur dann, wenn sie von Anwendern und Entscheidungsträgern verstanden, akzeptiert und aktiv genutzt werden.

Gleichzeitig zeigen die Projektergebnisse, dass Transformation kein einmaliges Vorhaben mit einem klar definierten Endzustand ist. Vielmehr handelt es sich um einen kontinuierlichen Lern- und Entwicklungsprozess. Unternehmen müssen nicht von Beginn an umfassende Zielbilder realisieren. Erfolgversprechender erscheint es, mit konkreten Anwendungsfällen zu starten, Erfahrungen zu sammeln, Kooperationen einzugehen und erfolgreiche Ansätze schrittweise weiterzuentwickeln.

Vom Möglichkeitsraum in den Wirklichkeitsraum

Auf Basis der Projektergebnisse wird deutlich, dass Unternehmen, die den Wandel aktiv gestalten, die Chance haben, sich nachhaltig vom reinen Produktanbieter hin zu einem Lösungsanbieter in vernetzten Datenökosystemen zu entwickeln. Damit können die bislang vielfach nur teilweise gehobenen Effizienz- und Wertschöpfungspotenziale des Möglichkeitsraums von Industrie 4.0 schrittweise in einen Wirklichkeitsraum datengetriebener und adaptiver Industrie überführt werden – eine Industrie, in der Produktionsanlagen nicht nur automatisiert arbeiten, sondern situationsabhängig lernen, vorhersagen und optimieren können. Zugleich verdeutlichen die Ergebnisse, dass die Potenziale industrieller KI nur auf Grundlage strukturierter, qualitativ hochwertiger und kontextualisierter Daten erschlossen werden können. Der reine Besitz von Daten stellt dabei keine hinreichende Bedingung für die erfolgreiche Entwicklung und Nutzung industrieller KI-Anwendungen dar. Der eigentliche Hebel liegt in ihrer kontextbezogenen Nutzung und ihrer Einbettung in konkrete Anwendungsfälle. Strukturierte industrielle Daten sind am Industriestandort Deutschland und in Europa in einer weltweit einzigartigen Qualität vorhanden. Es gilt nun, diesen „Datenschatz“ verantwortungsvoll zu heben und nutzbar zu machen.

Von datengetriebener Wertschöpfung zur KI-gestützten Industrie

Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 lassen sich als Hinweise auf eine nächste Entwicklungsstufe industrieller Wertschöpfung lesen. Während die erste Phase von Industrie 4.0 vor allem durch die Vernetzung von Maschinen, die Integration von Daten und die Etablierung gemeinsamer Standards geprägt war, rücken zunehmend adaptive und KI-gestützte Wertschöpfungsformen in den Vordergrund. Industrielle Künstliche Intelligenz eröffnet die Möglichkeit, Daten nicht nur auszuwerten, sondern sie in Handlungsempfehlungen, lernende Entscheidungsunterstützung, kontinuierliche Lernprozesse und perspektivisch autonome Optimierungs- und Entscheidungsprozesse zu überführen. Das Potenzial industrieller KI entfaltet sich jedoch nicht allein durch die Verfügbarkeit leistungsfähiger Algorithmen. Es setzt strukturierte, qualitativ hochwertige und souverän nutzbare Daten voraus. Digitale Zwillinge und standardisierte Beschreibungsmodelle schaffen hierfür den notwendigen semantischen Kontext. Datenräume ermöglichen einen vertrauenswürdigen, interoperablen und souveränen Zugriff auf organisationsübergreifende Datenquellen. Erst das Zusammenspiel dieser Elemente eröffnet die Möglichkeit, KI-Anwendungen skalierbar, übertragbar und domänenübergreifend einzusetzen.

Im Unterschied zu generativen KI-Anwendungen des Konsumentenbereichs ist industrielle KI tief in technische Prozesse, physische Systeme und industrielle Services eingebettet. Sie verbindet datengetriebene Modelle mit Domänenwissen, physikalischem Verständnis und Systemintegration. Dadurch können bestehende Services schrittweise von reaktiven hin zu proaktiven, vorausschauenden und perspektivisch autonomen Leistungsangeboten weiterentwickelt werden. Die im Projekt entwickelten Mehrwertservices können in diesem Sinne als frühe Bausteine einer zukünftigen daten- und KI-gestützten Servicewelt verstanden werden. Sie zeigen exemplarisch, wie aus konkreten Anwendungsfällen organisationsübergreifende Nutzenversprechen entstehen und wie sich Services entlang wachsender Daten- und KI-Kompetenz weiterentwickeln können. Die Erkenntnisse aus Antrieb 4.0 reichen damit über die Domäne der Antriebstechnik hinaus. Sie liefern Anhaltspunkte für die Weiterentwicklung industrieller Datenräume, die Skalierung organisationsübergreifender Use Cases sowie die Integration industrieller KI in bestehende Wertschöpfungsnetzwerke. Datenökosysteme entwickeln sich dabei zunehmend von einer technischen Infrastruktur zu einem strategischen Produktionsfaktor und könnten künftig zum „Betriebssystem“ einer datengetriebenen Industrie werden. Die Zukunft industrieller Wettbewerbsfähigkeit entscheidet sich daher nicht allein an der

Verfügbarkeit von Daten oder KI-Technologien, sondern an der Fähigkeit, diese verantwortungsvoll zu nutzen, über Unternehmensgrenzen hinweg zu verbinden, Domänenwissen mit Datenkompetenz zu verknüpfen und gemeinsam in konkrete Wertschöpfung zu überführen.

Gemeinsam Wert schaffen

Genau hierfür legen Datenökosysteme wie Antrieb 4.0 und branchenübergreifende Initiativen wie Manufacturing-X die Grundlage. Industrie- und verbandsübergreifende Initiativen zur Harmonisierung von Klassifikationen, Teilmodellen und digitalen Identitäten schaffen die erforderlichen Standards. Diese basieren insbesondere auf ECLASS, der Asset Administration Shell (AAS), ID Links sowie Spezifikationen der Industrial Digital Twin Association (IDTA). Gemeinsam ist ihnen, dass sie offen, herstellerneutral und international ausgerichtet sind. Sie stehen damit stellvertretend für das, was zukunftsfähige Produktions- und Wertschöpfungssysteme benötigen: eine Kultur des Teilens und der gemeinsamen Nutzung industrieller Daten. Dass sich dieser Weg lohnen kann und reale Beiträge zu Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit ermöglicht, zeigen die Erfahrungen aus Antrieb 4.0.

Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 machen Mut, die Potenziale datengetriebener Wertschöpfung aktiv zu erschließen. Sie zeigen, dass die technischen Grundlagen zunehmend verfügbar sind und neue Formen der Zusammenarbeit bereits heute erprobt werden können. Die Zukunft industrieller Wettbewerbsfähigkeit wird sich damit nicht allein an technologischen Innovationen entscheiden, sondern an der Fähigkeit, gemeinsam Wert zu schaffen.

Literatur

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2024): *Forschung in Kürze – Digitale Transformation als sozio-technischer Gestaltungsprozess.* München.

Barney, J. (1991). *Firm Resources and Sustained Competitive Advantage*. Journal of Management, 17(1), 99–120.

Berg, H.; Garrels, K.; Neligan, A. S.; Prinz, M.; Scholz, A. (2026): *The Recipe is not the Dish: Datenkompetenzen und Digital Readiness für die digitale Kreislaufwirtschaft – ein Diskussionsbeitrag (Preprint)*. DACE – Datenkompetenzzentrum Circular Economy.

bidt – Bayerisches Forschungsinstitut für Digitale Transformation (2025): München. Zugriff am 13.04.2026. Verfügbar unter: https://www.bidt.digital/phaenomene/die-rolle-der-organisationalen-identitaet-bei-der-digitalen-transformation-von-unternehmen/

Bogner, A.; Littig, B.; Menz, W. (2014): *Interviews mit Experten. Eine praxisorientierte Einführung.* Wiesbaden: Springer VS.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (2024): *Management Blitzlicht #5: Cyber Resilience Act – Cybersicherheit EU-weit gedacht.* Bonn.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) (Hrsg.) (2026): *Manufacturing-X – Datenökosysteme für eine wettbewerbsfähige, resiliente und nachhaltige Industrie*. Berlin: BMWE.

Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) & Boston Consulting Group (BCG) (2026): *Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit und Resilienz – Chancen der Circular Economy für die deutsche Industrie.* Mai 2026.

Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston: Harvard Business School Press.

Davis, F. D. (1989). *Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology*. MIS Quarterly, 13(3), 319–340.

Drives & Controls (2026): *Motor buyers around the world are focussing on total cost of ownership.* Zugriff am 10.04.2026. Verfügbar unter: https://drivesncontrols.com/motor-buyers-around-the-world-are-focussing-on-total-cost-of-ownership/

Europäische Kommission (2020): *A European Strategy for Data.* Brüssel.

Europäisches Parlament; Rat der Europäischen Union (2024): *Verordnung (EU) 2024/2847 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2024 über horizontale Cybersicherheitsanforderungen für Produkte mit digitalen Elementen und zur Änderung der Verordnungen (EU) Nr. 168/2013 und (EU) 2019/1020 sowie der Richtlinie (EU) 2020/1828 (Cyber Resilience Act).* Amtsblatt der Europäischen Union.

Factory-X Consortium (2024): *Factory-X Vision and Objectives.* Berlin.

Factory-X Consortium (2025): *Geschäftsmodelle in industriellen Datenökosystemen – Grundlagen und Perspektiven.* Zugriff 13.04.2026. Verfügbar unter: https://factory-x.org/wp-content/uploads/Daten-und-serviceorientierte-Geschaftsmodelle-in-Factory-X-V1.1.pdf

Fendt, D.; Schuster, T.; Hamper, A. (2026): Towards a Smart Circular Ecosystem in the Automotive Industry: The Role of Data and Digital Technologies. *Journal of Circular Economy,* 3(5), 70–99.

Fraunhofer ISI (2021): *Energy Efficiency in Electric Motor Systems.* Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung.

Gassmann, O.; Frankenberger, K.; Csik, M. (2014): *The Business Model Navigator: 55 Models That Will Revolutionise Your Business.* München: Pearson.

Geels, F. W. (2002). *Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study*. Research Policy, 31(8–9), 1257–1274.

Getriebebau NORD GmbH & Co. KG (2022): *Total Cost of Ownership (TCO) – Optimisation Potential: Drive Technology Is the Key for Reducing the Total Cost of Ownership.* White Paper. Bargteheide.

Hobscheidt, D.; Kühn, A.; Dumitrescu, R. (2020): Development of Risk-Optimized Implementation Paths for Industry 4.0 Based on Socio-Technical Pattern. *Procedia CIRP,* 91, 832–837.

IDS-INDATA (2026): *The Real Cost of Manufacturing Downtime: Sector Impact & Resilience Outlook.* Worcestershire. Verfügbar unter: https://idsindata.co.uk/manufacturing-downtime-costs-and-forecasting-2026/ (Zugriff: 10.06.2026).

IEA 4E EMSA (2025): *Policy Brief #9: Electric Motor Systems: Why Are They Important?* Zugriff am 09.06.2026. Verfügbar unter: https://www.iea-4e.org/emsa/publications/policy-brief-electric-motor-systems-why-are-they-important/

ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (2024): *Trendstudie Digitalisierung und Industriearbeit.* Düsseldorf. Zugriff am 13.04.2026. Verfügbar unter: https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/user_upload/ifaa_Trendstudie_Auswertung_Zukunftstechnologien_3.pdf

IMPULS-Stiftung (2020): *Innovation und Kooperation in zukünftigen Wertschöpfungsnetzwerken.* Frankfurt am Main.

Industrial Digital Twin Association (IDTA) (2024): *Sizing of Power Drive Trains. Submodel Template of the Asset Administration Shell (IDTA 02021-1-0)*. Version 1.0. Frankfurt am Main: IDTA.

INQA – Initiative Neue Qualität der Arbeit (2026): KI-Kompass für KMU. Ein Praxishandbuch für den betrieblichen Einsatz von Künstlicher Intelligenz. Berlin.

International Energy Agency (IEA) (2020): *Motor-driven System Electricity Use as a Share of Electricity Use by Industry Subsector.* Paris: IEA.

ISF München (2025): *KoWaK – Kompetenz und Wandlungsfähigkeit in KMU.* München.

Luhmann, N. (2014). *Vertrauen. Ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität* (5. Aufl.). Konstanz/München: UVK.

McKinsey & Company (2017): *Manufacturing: Analytics Unleashes Productivity and Profitability.* New York.

Moore, J. F. (1993): Predators and Prey: A New Ecology of Competition. *Harvard Business Review,* 71(3), 75–86.

Plattform Industrie 4.0 (2023a): *Digitale Geschäftsmodelle und Wertschöpfung in Datenräumen für die Industrie.* Berlin.

Plattform Industrie 4.0 (2023b): *Manufacturing-X – Datenökosysteme für die Industrie.* Berlin.

Plattform Industrie 4.0 (2024): *Industrielle Datenökosysteme und Manufacturing-X.* Berlin.

Plattform Industrie 4.0 (2025): *Der monetäre Wertschöpfungsbeitrag von Datenräumen – Analyse und Berechnung. Berlin.*

Plattform Industrie 4.0 (2026): *Daten als Produktionsfaktor. Bedeutung und Mehrwert industrieller Datenökosysteme. Berlin (mit Fraunhofer ISST und Accenture).*

Tukker, A. (2004): Eight Types of Product–Service System: Eight Ways to Sustainability? Experiences from SusProNet. *Business Strategy and the Environment,* 13(4), 246–260. https://doi.org/10.1002/bse.414

Vandermerwe, S.; Rada, J. (1988): Servitization of Business: Adding Value by Adding Services. *European Management Journal,* 6(4), 314–324.

VDI Zentrum Ressourceneffizienz (VDI ZRE) (2024): *Ressourceneffizienz durch unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke.* Berlin.

VDMA (2021): *Wertschöpfung aus Maschinendaten 4.0 – Die Praxisanleitung für den Mittelstand.* Frankfurt am Main.

VDMA (2024): *Maschinenbau in Deutschland – Herausforderungen und Perspektiven des Industriestandorts Deutschland.* Frankfurt am Main.

VIAR Inc. (2025): *The True Cost of Downtime from Human Error in Manufacturing.* Zugriff am 10.04.2026. Verfügbar unter: https://rewo.io/the-true-cost-of-downtime-from-human-error-in-manufacturing/

von Grafenstein, M.; Stenzel, M. (2025): Data Governance-Konzept im Datenraum Antrieb 4.0. Abschlussbericht der Studie im Projekt „Reallabor Antrieb 4.0“. HIIG Discussion Paper Series 2025-02.

Wixom, B. H.; Ross, J. W. (2017): How to Monetize Your Data. *MIT Sloan Management Review,* 58(3).

ZVEI – Verband der Elektro- und Digitalindustrie (2018): *Vision Antrieb 4.0. Zukunftsbild der industriellen Antriebstechnik.* Frankfurt am Main.

ZVEI – Verband der Elektro- und Digitalindustrie (2020): *Antrieb 2030. Zukunftsperspektiven der industriellen Antriebstechnik.* Frankfurt am Main.

ZVEI – Verband der Elektro- und Digitalindustrie (2025a): *Noch keine Trendumkehr für Elektro- und Digitalindustrie in Sicht.* Presseinformation vom 29. Januar 2025. Frankfurt am Main.

ZVEI – Verband der Elektro- und Digitalindustrie (2025b): *Vom Automatisieren zum Agieren: Mit Agentic AI zur Software Defined Industry*. Frankfurt am Main: ZVEI.

ZVEI – Verband der Elektro- und Digitalindustrie (2025c): Statistischer Jahresbericht 2024/2025 *Elektrische Antriebe.*

ZVEI – Verband der Elektro- und Digitalindustrie (2026): *Die deutsche Elektro- und Digitalindustrie – Daten, Zahlen und Fakten.* Frankfurt am Main.

ZVEI – Verband der Elektro- und Digitalindustrie (2026a): Künstliche Intelligenz für industrielle Systeme. Frankfurt am Main.

ZVEI – Verband der Elektro- und Digitalindustrie (2026b): Antrieb 2035 – Weiterentwicklung der Antrieb-2030-Thesen. Entwurfsfassung. Frankfurt am Main. (noch unveröffentlicht)

Anhang

Tabelle A.1: Identifizierte Akteursrollen im Ökosystem Antrieb 4.0

Ökosystem	Akteur	Beschreibung
Produktbezogen	Rohstofflieferant	Entität, die Rohstoffe & Materialien zur Komponenten- & Produktherstellung liefert.
Produktbezogen	Teilehersteller	Entität, die einzelne Teile oder Baugruppen, die in Maschinen oder Anlagen verbaut werden, herstellt (z.B. Zahnräder) und an einen Komponentenhersteller (Tier-2-Lieferant) oder OEM (Tier-1-Lieferant) liefert. Diese Teile könnten Schrauben, Bolzen, Platten oder andere einfache Gegenstände sein.
Produktbezogen	Komponentenhersteller	Entität, die größere und komplexere Baugruppen oder Module, die in Maschinen oder Anlagen integriert werden, herstellt (z.B. Antriebskomponentenhersteller, Automatisierungskomponentenhersteller) und meist an einen OEM liefert (Tier-1-Lieferant). Beispiele für Komponenten könnten Pumpen, Motoren oder Steuerungseinheiten sein.
Produktbezogen	Elektronik-Hersteller	Entität, die elektronische Bauteile, Geräte und Systeme herstellt.
Produktbezogen	IT-Hardware-Hersteller	Entität, die sich auf die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb von physischer IT-Hardware spezialisiert hat.
Produktbezogen	Antriebshersteller	Entität, die technische Antriebskomponenten entwickelt & herstellt, wie elektrische Motoren, Umrichter, Steuerungssysteme.
Produktbezogen	Werkzeughersteller	Entität, die Werkzeuge herstellt, die in verschiedenen Branchen und Anwendungen eingesetzt werden. Werkzeuge können verschiedene Formen und Funktionen haben und dienen dazu, Materialien zu bearbeiten, zu formen, zu schneiden, zu messen oder zu befestigen.
Produktbezogen	Systemintegratoren	Entität, die Systemintegration (Verbauen verschiedener Hard- & Softwarekomponenten von einem oder mehreren Herstellern in einem System und Integration in eine Maschine/Anlage) anbietet.
Produktbezogen	Maschinen- & Anlagenbauer (OEM)	Entität, die Maschinen und Anlagen, die aus einer Vielzahl unterschiedlicher Komponenten und Teilen bestehen, entwickelt, herstellt und baut.
Produktbezogen	Maschinen- & Anlagenbetreiber	Entität, die Maschinen und Anlagen für wirtschaftliche Zwecke betreibt, beispielsweise für das Herstellen von Waren.
Produktbezogen	Maschinen- & Anlagenbediener	Entität, die für die Steuerung, Überwachung und Bedienung einer Maschine oder Anlage verantwortlich ist.
Produktbezogen	Instandhalter/Service-DL	Entität, die die Aufrechterhaltung des vertragsmäßigen Zustands (z.B. Verfügbarkeit & Performance) anbietet und verantwortet. Dafür können beispielsweise Wartungs- und Reparaturarbeiten sowie die Beschaffung von Ersatzteilen notwendig sein.
Produktbezogen	Instandhalter	Maschine
Produktbezogen	Instandhalter	Antriebssystem
Produktbezogen	Reparaturdienstleister	Entität, die Reparaturdienstleistungen anbietet.
Produktbezogen	Dismantler	Entität, die spezialisiert darauf ist, Produkte oder Anlagen in ihre Einzelteile zu zerlegen, um wertvolle Materialien zurückzugewinnen oder bestimmte Komponenten für den Wiederverkauf oder die Weiterverwendung zu extrahieren.
Produktbezogen	Remanufacturer	Entität, die gebrauchte oder defekte Produkte wiederaufbereitet und ihnen ein zweites Leben gibt. Produkte werden vollständig überholt und sind danach komplett funktionsfähig („wie-neu“).
Produktbezogen	Recycler	Entität, die Abfälle sammelt, sortiert und verarbeitet, um wertvolle Rohstoffe zurückzugewinnen und sie erneut in den Produktionskreislauf einzuführen.

Produktbezogen	Entsorger	Entität, die Abfälle sammelt, transportiert und entsorgt gemäß den örtlichen Vorschriften und Bestimmungen.
Produktbezogen	Fachhändler/Vertriebspartner	Entität, die spezialisiert ist auf den Vertrieb von Antriebskomponenten und eng mit bestimmten Herstellern zusammenarbeitet, um deren Produkte zu vermarkten.
Produktbezogen	(Groß-)Händler/ Distributer	Entität, die als Zwischenhändler fungiert und Antriebskomponenten von verschiedenen Herstellern bezieht, um sie dann an andere Entitäten weiterzuverkaufen.
Produktbezogen	Logistik- & Transportdienstleister	Entität, die Dienstleistungen im Bereich (Reverse-) Logistik und Lieferkettenmanagement, wie Transport, Lagerung, Versand oder Zollabwicklung anbietet.
Produktbezogen	Energieversorger & Netzbetreiber	Entität, die Strom, Gas oder andere Energieformen, die für den Betrieb der Maschinen & Antriebe notwendig sind, anbietet.
Datenbezogen	Cloud-Provider	Entität, die Cloud-Computing-Dienste anbietet. Sie stellen Infrastruktur (IaaS), Plattformen (PaaS) oder Software (SaaS) über das Internet zur Verfügung, um Ressourcen und Services flexibel und skalierbar bereitzustellen.
Datenbezogen	IT-Service Provider	Entität, die IT-Dienstleistungen wie Netzwerkbetrieb, Systemadministration, Cloud-Services, Softwareentwicklung oder Helpdesk-Support anbietet. Dies kann auch durch eine Abteilung innerhalb einer Organisation erfüllt werden.
Datenbezogen	Kommunikations-Service Provider	Entität, die Telekommunikationsdienste wie Mobilfunk, Festnetz, Internetzugang oder Datenübertragungsdienste und Device Management anbietet (z.B. für 5G, LoRaWAN, WLAN).
Datenbezogen	User-Identity-Provider	Entität, die einen Dienst/Service, der die Authentifizierung und Autorisierung von Benutzern in einem System oder einer Anwendung übernimmt, bereitstellt.
Datenbezogen	Federation Service Provider	Entität, die Föderationsdienste für einen Datenraum nach Gaia-X Prinzipien bereitstellt.
Datenbezogen	Data Analytics Provider	Entität, die Dienstleistungen und Technologien im Bereich der Datenanalyse anbietet. Sie unterstützen Unternehmen dabei, aus ihren Daten wertvolle Erkenntnisse zu gewinnen, Muster zu erkennen und fundierte Entscheidungen zu treffen. Data Analytics Provider bieten verschiedene Dienstleistungen und Lösungen an, um Daten zu erfassen, zu speichern, zu verarbeiten, zu analysieren und zu visualisieren.
Datenbezogen	Software Developer	Entität, die sich auf die Entwicklung von Software spezialisiert hat. Softwareentwickler erstellen, testen und warten Softwareanwendungen, entweder für allgemeine Zwecke oder für spezifische Branchen und Anwendungen.
Datenbezogen	Plattform-Betreiber	Entität, die eine digitale Plattform betreibt und sich um die technische Infrastruktur, die Sicherheit, die Nutzerverwaltung und die Bereitstellung von Diensten und Funktionen auf der Plattform kümmert.
Datenbezogen	Datenraum Federator	Entität, die die Föderation eines Datenraumes nach Gaia-X Prinzipien organisiert.
Datenbezogen	Gateway-Betreiber	Entität, die ein Gateway verwaltet und betreibt (Open Edge).
Datenbezogen	Business Service Provider	Entität, die Mehrwertservices im Datenökosystem anbietet. Sie stellt die eigentlichen Dienste für Maschinen- & Anlagenbauer & -betreiber bereit (z.B. Energie-Monitoring, DPP-App).
Erweitert	Zertifizierer & Auditoren	Entitäten, die Produkte, Services, Systeme oder Prozesse auf die Einhaltung bestimmter Standards, Normen oder Anforderungen überprüfen und zertifizieren.
Erweitert	Regulierungsbehörden und Politik	Staatliche oder behördliche Entität, die die Aufgabe hat, bestimmte Branchen, Sektoren oder Aktivitäten zu überwachen, zu regulieren und zu kontrollieren. Sie setzen Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien durch und haben die Befugnis, Sanktionen zu verhängen oder Maßnahmen zur Gewährleistung der Einhaltung von Vorschriften zu ergreifen.

Erweitert	Forschungseinrichtungen und Universitäten	Entität, die Grundlagenforschung und angewandte Forschung betreibt (z.B. Antriebstechnik, Kommunikationstechnik, Prozesstechnik, Datenräume, etc.)
Erweitert	Berater	Entitäten, die Fachwissen und Beratungsdienstleistungen in verschiedenen Bereichen anbieten, wie Managementberatung, strategische Planung, Personalberatung oder IT-Beratung.
Erweitert	Verbände und Vereine	Entitäten, die Mitglieder aus einer bestimmten Branche, einem bestimmten Interessensgebiet oder einer bestimmten Gemeinschaft zusammenbringen. Sie haben in der Regel ähnliche Ziele und Interessen und setzen sich für die Vertretung und Förderung dieser Ziele ein (z.B. LNI 4.0, VDMA, ZVEI, Gaia-X Association).
Erweitert	Notare/Zertifizierte Dritte	Entitäten, die Daten oder Systeme unabhängig betreuen, z.B. im Falle eines Konkurses.
Erweitert	Finanzdienstleister & Versicherer	Banken, Versicherungen, Investmentfirmen und andere Unternehmen, die Finanzdienstleistungen wie Kredite, Zahlungsabwicklung, Vermögensverwaltung oder Versicherungen anbieten.
Erweitert	Standardisierungsorganisationen	Entitäten, die Standards entwickeln, veröffentlichen und pflegen, um einheitliche Vorgaben und Verfahren in verschiedenen Bereichen zu etablieren. Diese Standards dienen als Referenz für Unternehmen, Organisationen und Regierungen, um sicherzustellen, dass Produkte, Dienstleistungen oder Prozesse bestimmten Anforderungen entsprechen.

AutorInnen und Mitwirkende

Lara Klöhn, Fraunhofer IIS
Tomás López Mendez, Fraunhofer IIS
Dr. Falk Eckert, ZVEI

Dr. Jan Hofmann, Fraunhofer IIS
Dr. Martin Schellenberger, Fraunhofer IISB
Bernd Wacker, Siemens AG
Martin Hankel, Bosch Rexroth GmbH
Michael Burghardt, Danfoss GmbH

Fotos: William Veder · Eventfotografie, https://williamveder.de/

Mensch und Maschine in Zusammenarbeit: Entsprechend dem Gegenstand dieses Whitepapers wurde auch bei seiner Erstellung auf die Zusammenarbeit von Menschen und Technologie gesetzt: Generative KI unterstützte ausgewählte redaktionelle Arbeitsschritte. Die wissenschaftliche Einordnung, Interpretation der Ergebnisse und die Verantwortung für Inhalt und Aussagen verblieben jederzeit bei den Autorinnen und Autoren.

Impressum und Kontakt

Forschungsvereinigung Elektrotechnik beim ZVEI e.V.

Postanschrift

Forschungsvereinigung Elektrotechnik beim ZVEI e. V. (FE)
(ZVEI Research Association Electrical Engineering)
Amelia-Mary-Earhart-Str. 12
60549 Frankfurt am Main
Telefon: +49 151 522 71 522
Web: http://www.fe-zvei.org

Projektbüro Berlin Forschungsvereinigung Elektrotechnik beim ZVEI e. V. (FE)
Charlottenstraße 35
10117 Berlin

Berlin, September 2026

Die Konsortialpartner

Fraunhofer IIS

Fraunhofer IISB

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

zvei electrifying ideas

Die assoziierten Partner

ABB

BAUMÜLLER

Danfoss

ESR Pollmeier GmbH Servo-Antriebstechnik

INNOMOTICS

KEB

KEBA Automation by innovation.

KSB

LENORD +BAUER

Lenze

Meta·Level SOFTWARE AG

MITSUBISHI ELECTRIC Changes for the Better

PEPPERL+FUCHS

PILZ THE SPIRIT OF SAFETY

rexroth A Bosch Company

SICK Sensor Intelligence.

SIEMENS

WITTENSTEIN

Förderhinweis

Das Forschungsprojekt „Reallabor Antrieb 4.0“ wird im Rahmen des Konjunktur- und Zukunftspakets der Bundesregierung (KoPa), Ziffer 35c – Modul a2 „Digitalisierung der Fahrzeughersteller und Zulieferindustrie“, vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) und der Europäischen Union aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Forschungsprojekt Antrieb 4.0

Antrieb 4.0 wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert. Die Konsortialleitung liegt bei der Forschungsvereinigung Elektrotechnik beim ZVEI e.V. Weitere Konsortialpartner sind: Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB, die Fachgebiete Leistungselektronik und Antriebsregelung beziehungsweise Kommunikationsnetze der Technischen Universität Darmstadt, das Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt, sowie 18 assoziierte Partnerunternehmen. Mehr Informationen unter: www.antrieb40.org

zvei electrifying ideas

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Fraunhofer IIS

Fraunhofer IISB