antrieb 4.0



Whitepaper

Toolbox Antrieb 4.0

Erfahrungen und Werkzeuge zur Gestaltung datengetriebener Wertschöpfung

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

Warum diese Toolbox entstanden ist

Die industrielle Wertschöpfung befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel. Datenräume, Digitale Zwillinge wie der Digitale Produktpass, Verwaltungsschalen und Künstliche Intelligenz eröffnen neue Möglichkeiten, Informationen über Unternehmens- und Organisationsgrenzen hinweg nutzbar zu machen. Gleichzeitig stehen Unternehmen vor der Herausforderung, aus diesen technologischen Möglichkeiten konkrete Anwendungen, tragfähige Geschäftsmodelle und wirtschaftlich sinnvolle Formen der Zusammenarbeit zu entwickeln. Im Reallabor Antrieb 4.0 wurden diese Fragen gemeinsam mit Unternehmen der industriellen Antriebstechnik untersucht. Im Mittelpunkt standen dabei nicht einzelne Technologien, sondern die Frage, wie aus digitalen Möglichkeiten konkrete Mehrwerte entstehen können und welche Voraussetzungen hierfür geschaffen werden müssen. Die dabei gewonnenen Erfahrungen sind jedoch nicht auf die Antriebstechnik beschränkt. Viele der beobachteten Herausforderungen und Fragestellungen begegnen Unternehmen auch in anderen Branchen und Initiativen – insbesondere im Umfeld von Manufacturing-X, föderierten Datenökosystemen, datengetriebener Wertschöpfung und industrieller Künstlicher Intelligenz.

Was diese Toolbox leisten soll

Die vorliegende Toolbox bündelt zentrale Erfahrungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0 und stellt drei praxisorientierte Werkzeuge vor, die Unternehmen dabei unterstützen können, neue Potenziale systematisch zu erschließen, Wertangebote zu entwickeln und unterschiedliche Handlungsoptionen fundiert zu bewerten. Dabei versteht sich die Toolbox nicht als Sammlung fertiger Lösungen. Vielmehr bietet sie einen Orientierungsrahmen, der Unternehmen dabei unterstützt, eigene Fragestellungen zu strukturieren, Entscheidungen nachvollziehbar zu gestalten und neue Möglichkeiten datengetriebener Wertschöpfung schrittweise zu entwickeln.

Die drei Werkzeuge der Toolbox

Potenziale erkennen mit dem Use Case Roadmapping

Das Use Case Roadmapping unterstützt Unternehmen dabei, mögliche Anwendungsfälle systematisch zu identifizieren, zu beschreiben und zu priorisieren. Es hilft dabei, aus einer Vielzahl von Ideen diejenigen auszuwählen, die unter den jeweiligen Rahmenbedingungen das größte Potenzial für eine weitere Entwicklung besitzen.

Wertangebote entwickeln mit den Business Model Building Blocks

Die Business Model Building Blocks unterstützen Unternehmen bei der Entwicklung und Reflexion datengetriebener Geschäftsmodelle. Im Mittelpunkt stehen die Fragen, welche Rollen unterschiedliche Akteure übernehmen, welche Wertangebote entstehen können und wie daraus tragfähige Formen der Zusammenarbeit und Wertschöpfung entwickelt werden können.

Optionen bewerten mit dem ECO³-Circular Business Pilot

Der ECO³-Circular Business Pilot ermöglicht die strukturierte Bewertung von Geschäftsmodellideen und Wertschöpfungsoptionen. Wirtschaftliche, ökologische und organisatorische Perspektiven werden dabei gemeinsam betrachtet, um fundierte Entscheidungen über zukünftige Entwicklungsrichtungen zu unterstützen.

Eine zentrale Erfahrung aus Antrieb 4.0

Die Erfahrungen aus dem Reallabor zeigen, dass erfolgreiche datengetriebene Wertschöpfung selten mit Technologie beginnt. Ausgangspunkt sind vielmehr konkrete Herausforderungen, erwartete Mehrwerte und die gemeinsame Verständigung darüber, welcher Nutzen für die beteiligten Akteure entstehen soll. Technische Lösungen, Datenräume oder KI-Anwendungen entfalten ihren Wert nicht durch ihre bloße

Verfügbarkeit. Entscheidend ist vielmehr die Fähigkeit, sie in konkrete Anwendungszusammenhänge, Geschäftsmodelle und Formen der Zusammenarbeit zu übersetzen. Genau an dieser Stelle setzen die in dieser Toolbox vorgestellten Werkzeuge an.

Über den Projektkontext hinaus

Die dieser Toolbox zugrundeliegenden Erfahrungen entstanden im Kontext der industriellen Antriebstechnik. Viele der gewonnenen Erkenntnisse lassen sich jedoch auch auf andere Branchen und Anwendungsfelder übertragen. Dies gilt insbesondere für Fragestellungen rund um Manufacturing-X, föderierte Datenökosysteme, industrielle KI, datengetriebene Services, Digitale Produktpässe und neue Formen kollaborativer Wertschöpfung. Die Toolbox versteht sich daher zugleich als Einladung, die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 auf eigene Fragestellungen zu übertragen, weiterzuentwickeln und für zukünftige Herausforderungen nutzbar zu machen. Unternehmen müssen dabei nicht dieselben Wege gehen wie im Reallabor. Sie können jedoch von den Erfahrungen, Erkenntnissen und auch den Herausforderungen profitieren, die auf diesem Weg sichtbar geworden sind. Die im Reallabor gewonnenen Erfahrungen sind damit nicht nur für die industrielle Antriebstechnik relevant. Sie können ebenso als Orientierung für Unternehmen und Projekte dienen, die sich mit Manufacturing-X, föderierten Datenökosystemen, industrieller KI oder neuen Formen datengetriebener Wertschöpfung beschäftigen.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prozess des Use Case Roadmapping 14
Abbildung 2: 36 beschriebene Use Cases 15
Abbildung 3: Vorauswahl der 36 Use Cases 15
Abbildung 4: Kriterien der internen Vorauswahl 16
Abbildung 5: Die zehn priorisierten Use Cases der internen Bewertung 16
Abbildung 6: Kriterien der externen Bewertung von Use Cases 17
Abbildung 7: Bewertung des ökonomischen Mehrwerts und der Umsetzbarkeit 17
Abbildung 8: Bewertung des ökologischen Mehrwerts und finale Auswahl der Schlüssel-Use-Cases 18
Abbildung 9: Business Model Building Blocks – Überblick über die vier Gestaltungsdimensionen 21
Abbildung 10: Rollen im Datenökosystem 23
Abbildung 11: Foundation Services und datenraumbezogene Leistungen 25
Abbildung 12: Nutzerorientierte Angebote 25
Abbildung 13: Stationen der Datenwertschöpfung 27
Abbildung 14: Erlösmodelle und Mechanismen der Monetarisierung 29
Abbildung 15: End-of-Life (EOL) Assistance Service als Beispielanwendung 31
Abbildung 16: Geschäftsmodellvariante 1 – Betreiber als Kunde und Partner 32
Abbildung 17: Geschäftsmodellvariante 2 – Kooperatives Geschäftsmodell im Datenökosystem 32
Abbildung 18: Die drei Bewertungsdimensionen des ECO³-Circular Business Pilot 35
Abbildung 19: Grundprinzip des ECO³-Circular Business Pilot 37
Abbildung 20: Bewertungslogik des ECO³-Circular Business Pilot 38
Abbildung 21: KPI-Bewertung und Gewichtung des Wartungsassistenten 39
Abbildung 22: KPI-Bewertung und Gewichtung der energieeffizienten Antriebskonfiguration 40
Abbildung 23: Vergleichende Portfolio-Darstellung der bewerteten Mehrwertservices 40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertungsskala und Gewichtungsstufen des ECO³-Circular Business Pilot 38

Inhaltsverzeichnis

1. Warum diese Toolbox? Eine Einleitung. 8
1.1 Vom Nutzen zur Umsetzung 8
2. Die Werkzeuge der Toolbox 9
2.1 Potenziale erkennen mit dem Use Case Roadmapping 9
2.2 Wertangebote entwickeln mit den Business Model Building Blocks 9
2.3 Ideen reflektieren und bewerten mit dem ECO³-Circular Business Pilot 10
2.4 Nutzen gemeinsam konkretisieren: Eine zentrale Erfahrung aus Antrieb 4.0 11
2.5 Was die Toolbox leisten kann – und was nicht 11
2.5.1 Aus Erfahrungen lernen 11
2.5.2 Die Logik der Toolbox 11
2.5.3 Weiterführende Ergebnisse aus Antrieb 4.0 12
3. Werkzeug 1 – Use Case Roadmapping 13
3.1 Warum dieses Werkzeug? Eine Einleitung. 13
3.1.1 Hintergrund und Kurzbeschreibung 13
3.1.2 Erfahrung aus dem Reallabor 13
3.1.3 So funktioniert das Werkzeug 13
3.2 Use Case Roadmapping Konzept 14
3.2.1 Vom Möglichkeitsraum zur Vorauswahl 14
3.2.2 Nutzen gemeinsam bewerten 17
3.3 Anwendung des Werkzeugs 18
3.4 Erkenntnisse aus der Anwendung 19
3.5 Was wir gelernt haben 19
3.5.1 Reflexion und Weiterentwicklung 19
3.5.2 Einordnung und Transferpotenzial 19
4. Werkzeug 2 – Business Model Building Blocks 20
4.1 Warum dieses Werkzeug? Eine Einleitung. 20
4.1.1 Hintergrund und Kurzbeschreibung 20
4.1.2 Erfahrung aus dem Reallabor 20
4.2 Das Business Model Building Blocks Konzept 21
4.3 Die vier Perspektiven eines Geschäftsmodells 22
4.3.1 WER – Rollen und Positionen im Datenökosystem 22
4.3.2 WAS – Das Nutzenversprechen 24
4.3.3 WIE – Wertschöpfung organisieren 26
4.3.4 WERT – Erlöse und wirtschaftliche Tragfähigkeit 28
4.4 Anwendung des Werkzeugs 31
4.5 Erkenntnisse aus der Anwendung 33
4.6 Was wir gelernt haben 33
4.6.1 Reflexion und Weiterentwicklung 33
4.6.2 Einordnung und Transferpotenzial 33
5. Werkzeug 3 – ECO³-Circular Business Pilot 34

5.1 Warum dieses Werkzeug? Eine Einleitung. 34
5.1.1 Hintergrund und Kurzbeschreibung 34
5.1.2 Erfahrung aus dem Reallabor 34
5.2 Die drei Perspektiven des ECO³-Circular Business Pilot 35
5.2.1 ECOnomic – Wirtschaftlichen Nutzen bewerten 35
5.2.2 ECOlogical – Nachhaltigkeit sichtbar machen 36
5.2.3 ECOsystem – Zusammenarbeit bewerten 36
5.3 Anwendung des Werkzeugs 37
5.3.1 Beispielhafte Anwendung im Reallabor Antrieb 4.0 39
5.4 Erkenntnisse aus der Anwendung 41
5.5 Was wir gelernt haben 42
5.5.1 Reflexion und Weiterentwicklung 42
5.5.2 Einordnung und Transferpotenzial 42
6. Vom Nutzen zur Umsetzung – Erfahrungsbericht 43
6.1 Ausgangspunkt des Reallabors 43
6.1.1 Was wir gelernt haben 43
6.1.2 Warum sind diese Werkzeuge entstanden 43
6.2 Datenräume als Mittel zum Zweck 44
6.3 Ausblick 44

1. Warum diese Toolbox? Eine Einleitung.

Viele Unternehmen kennen die technologischen Möglichkeiten von Datenräumen, Digitalen Zwillingen oder KI. Schwieriger ist die Entscheidung, welche Anwendungen tatsächlich wirtschaftlichen Nutzen stiften. Genau an dieser Herausforderung setzt die Toolbox Antrieb 4.0 an. Steigende Anforderungen an Energieeffizienz, Ressourcenschonung und Serviceorientierung treffen auf die Erwartung, die Potenziale digitaler Technologien, datengetriebener Geschäftsmodelle und neuer Formen der Kollaboration zu erschließen. Die technischen Möglichkeiten hierfür sind heute weitgehend bekannt. Datenräume, Verwaltungsschalen, digitale Zwillinge oder industrielle KI werden intensiv diskutiert. Gleichzeitig berichten viele Unternehmen von einer ähnlichen Erfahrung: Die eigentliche Herausforderung besteht häufig nicht darin, neue Technologien zu kennen, sondern darin, herauszufinden, wo sich ihr Einsatz unter den jeweiligen Rahmenbedingungen tatsächlich lohnt. Gerade kleine und mittlere Unternehmen der industriellen Antriebstechnik stehen dabei vor besonderen Anforderungen. Sie verfügen über hochspezialisiertes Domänenwissen, langjährige Kundenbeziehungen und gewachsene Wertschöpfungsstrukturen. Entscheidungen über Investitionen in neue Technologien müssen sich vor diesem Hintergrund nicht allein technisch, sondern vor allem wirtschaftlich bewähren. Im Mittelpunkt steht daher weniger die Frage, welche technologischen Möglichkeiten grundsätzlich zur Verfügung stehen. Entscheidend ist vielmehr, ob und wo für das eigene Unternehmen, für Kundinnen und Kunden sowie für weitere Partner entlang der Wertschöpfung ein konkreter Nutzen entsteht. Erst wenn der erwartete Mehrwert sichtbar und nachvollziehbar wird, gewinnen neue Formen der Kooperation, des Datenaustauschs und der gemeinsamen Entwicklung an Bedeutung. Genau hier setzt die Toolbox Antrieb 4.0 an.

Die vorgestellten Werkzeuge wurden im Reallabor Antrieb 4.0 gemeinsam mit Unternehmen entwickelt und erprobt. Ausgangspunkt war die Suche nach wirtschaftlich tragfähigen Anwendungsfällen. Da relevante Use Cases zu Projektbeginn nicht feststanden, wurden Nutzenpotenziale, Anforderungen und Umsetzungsmöglichkeiten gemeinsam entwickelt und bewertet. Die Toolbox bündelt die dabei gewonnenen Erfahrungen.[1]

1.1 Vom Nutzen zur Umsetzung

Eine zentrale Erfahrung aus dem Reallabor Antrieb 4.0 bestand darin, dass wirtschaftlich relevante Anwendungsfälle selten von Beginn an feststehen. In vielen Forschungs- und Entwicklungsprojekten werden Use Cases bereits vor Projektbeginn definiert. Im Reallabor Antrieb 4.0 wurde hingegen ein anderer Weg beschritten. Vertreterinnen und Vertreter von Komponentenherstellern, Maschinen- und Anlagenbauern, Betreibern, Serviceanbietern und Instandhaltern entwickelten mögliche Anwendungsfälle gemeinsam. Ideen wurden diskutiert, Nutzenpotenziale bewertet, Anforderungen konkretisiert, Vorschläge verworfen und ausgewählte Ansätze schließlich in technische Demonstratoren und Mehrwertservices überführt. Die Suche nach dem Nutzen ging der technischen Umsetzung voraus. Im Mittelpunkt standen dabei Fragen nach dem zu lösenden Problem, dem erwarteten Mehrwert für die beteiligten Akteure, den wirtschaftlichen Potenzialen sowie den Voraussetzungen und Bedingungen einer erfolgreichen Zusammenarbeit.

Die folgenden Werkzeuge unterstützen genau diesen Prozess. Sie bauen aufeinander auf, können jedoch ebenso unabhängig voneinander eingesetzt werden. Die Werkzeuge bilden dabei keinen starren Prozess. Je nach Ausgangslage und Zielsetzung können sie einzeln genutzt oder miteinander kombiniert werden. Gemeinsam unterstützen sie Unternehmen dabei, aus ersten Ideen schrittweise belastbare Ansätze datengetriebener Wertschöpfung zu entwickeln.

[1] Ansätze zur Entwicklung datengetriebener Geschäftsmodelle finden sich beispielsweise auch im Kontext von Factory-X. Die Toolbox Antrieb 4.0 knüpft an diese Diskussionen an, unterscheidet sich jedoch durch ihren reallaborbasierten und domänenspezifischen Erfahrungscharakter. Die im Reallabor gewonnenen Erfahrungen zur Entwicklung datengetriebener Geschäftsmodelle und Mehrwertservices werden vertiefend im Whitepaper *„Antrieb für datengetriebene Wertschöpfung – Geschäftsmodelle, Mehrwertservices und Handlungsempfehlungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0“* dargestellt. Technische Umsetzungsaspekte interoperabler Datenökosysteme werden ergänzend im Whitepaper *„Vom Maschinenraum in den Datenraum“* behandelt.

2. Die Werkzeuge der Toolbox

Die folgenden Werkzeuge wurden im Reallabor Antrieb 4.0 eingesetzt und weiterentwickelt (siehe Kap. 3). Sie unterstützten unterschiedliche Phasen der gemeinsamen Suche nach tragfähigen Anwendungen – von der Identifikation erster Potenziale bis zur Reflexion konkreter Geschäftsmodellideen.

2.1 Potenziale erkennen mit dem Use Case Roadmapping

Die Entwicklung datengetriebener Wertschöpfung beginnt häufig mit einer Vielzahl möglicher Ideen und Anwendungsfelder. Das Use Case Roadmapping unterstützt Unternehmen dabei, diese systematisch zu strukturieren und hinsichtlich ihres erwarteten Nutzens zu priorisieren.

So wurde das Werkzeug in Antrieb 4.0 genutzt

Zu Beginn des Projekts standen zahlreiche mögliche Anwendungsfälle im Raum – von Energieeffizienzanalysen über Asset Management bis hin zu digitalen Wartungsunterstützungen, die von den beteiligten Akteuren zunächst sehr unterschiedlich bewertet wurden. Welche dieser Ideen tatsächlich relevant waren, ließ sich zunächst kaum einschätzen. Erst durch die gemeinsame Diskussion unterschiedlicher Perspektiven wurde deutlich, welche Herausforderungen in der Praxis als besonders drängend wahrgenommen wurden und wo konkrete Mehrwerte entstehen könnten.

Was wir gelernt haben

Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 zeigen, dass die Priorisierung von Anwendungsfällen vor allem ein Prozess der Verständigung ist. Unterschiedliche Akteure bewerten Nutzen und Relevanz häufig unterschiedlich. Erst die strukturierte Diskussion dieser Perspektiven ermöglicht eine belastbare Auswahl zukünftiger Entwicklungsschwerpunkte.

Was wir heute anders machen würden

Externe Perspektiven würden wir früher einbinden. Viele Annahmen über Nutzen und Relevanz wurden erst im Austausch mit potenziellen Anwendern sichtbar.

Beitrag des Werkzeugs

Das Use Case Roadmapping unterstützt Unternehmen dabei, aus einer Vielzahl möglicher Anwendungsfälle diejenigen zu identifizieren und zu priorisieren, die unter den jeweiligen Rahmenbedingungen den größten erwarteten Nutzen versprechen.

2.2 Wertangebote entwickeln mit den Business Model Building Blocks

Aus priorisierten Anwendungsfällen entstehen noch keine tragfähigen Geschäftsmodelle. Die Business Model Building Blocks unterstützen Unternehmen dabei, unterschiedliche Möglichkeiten der Ausgestaltung neuer Wertangebote systematisch zu durchdenken.

So wurde das Werkzeug in Antrieb 4.0 genutzt

Die Diskussion über mögliche Mehrwertservices machte deutlich, dass dieselbe Anwendung von unterschiedlichen Akteuren sehr unterschiedlich bewertet wird. Betreiber interessierten sich insbesondere für Anlagenverfügbarkeit, Energieeffizienz und die Reduktion ungeplanter Stillstände. Maschinen- und Anlagenbauer fragten nach Möglichkeiten, ihre Lösungen stärker zu differenzieren und langfristige Kundenbeziehungen auszubauen. Komponentenhersteller sahen Potenziale in zusätzlichen Services und neuen Erlösquellen, während Serviceanbieter und Instandhalter vor allem nach Wegen suchten, Wartungsprozesse effizienter zu gestalten und ihr Erfahrungswissen besser nutzbar zu machen.

Was wir gelernt haben

Die Entwicklung datengetriebener Wertangebote ist in der Regel eine gemeinsame Gestaltungsaufgabe mehrerer Akteure. Die Betrachtung unterschiedlicher Rollen, Interessen und Erwartungen hilft dabei, tragfähige Formen zukünftiger Wertschöpfung sichtbar zu machen.

Was wir heute anders machen würden

Die Diskussion über Rollen, Nutzenversprechen und Verantwortlichkeiten würden wir noch früher beginnen. Gerade hier entstehen häufig die entscheidenden Erkenntnisse für die spätere Ausgestaltung eines Geschäftsmodells.

Beitrag des Werkzeugs

Die Business Model Building Blocks schaffen Transparenz über Rollen, Wertangebote, Wertschöpfungsstrukturen und mögliche Erlösmechaniken. Sie unterstützen Unternehmen dabei, alternative Geschäftsmodellkonfigurationen systematisch zu entwickeln und zu reflektieren.

2.3 Ideen reflektieren und bewerten mit dem ECO³-Circular Business Pilot

Nicht jede vielversprechende Idee erweist sich langfristig als tragfähig. Der ECO³-Circular Business Pilot unterstützt Unternehmen dabei, unterschiedliche Geschäftsmodelloptionen systematisch zu reflektieren und zu bewerten.

So wurde das Werkzeug in Antrieb 4.0 genutzt

Im Projekt zeigte sich, dass technische Machbarkeit allein keine hinreichende Entscheidungsgrundlage darstellt. Einige Ideen erwiesen sich als technisch machbar, scheitertenjedoch an unklaren Verantwortlichkeiten, fehlenden Ressourcen oder daran, dass ihr wirtschaftlicher Nutzen für die beteiligten Akteure nicht ausreichend sichtbar wurde. In anderen Fällen standen Sicherheitsbedenken, Fragen des Datenschutzes oder die Sorge um den Verlust wettbewerbsrelevanten Wissens einer Weiterverfolgung entgegen. Die Diskussion darüber gehörte ebenso zum Lernprozess wie die technische Erprobung selbst.

Was wir gelernt haben

Die technische Machbarkeit einer Idee ist nur eine Voraussetzung für ihren Erfolg. Für fundierte Entscheidungen müssen wirtschaftliche, ökologische und organisatorische Aspekte gemeinsam betrachtet werden.

Was wir heute anders machen würden

Bewertungskriterien würden wir bereits zu Beginn gemeinsamer Entwicklungsprozesse festlegen und regelmäßig überprüfen. Dadurch lassen sich unterschiedliche Erwartungen frühzeitiger sichtbar machen.

Beitrag des Werkzeugs

Das Werkzeug schafft eine strukturierte Grundlage, um unterschiedliche Optionen nachvollziehbar zu vergleichen, zu priorisieren und weiterzuentwickeln.

2.4 Nutzen gemeinsam konkretisieren: Eine zentrale Erfahrung aus Antrieb 4.0

Eine zentrale Erfahrung aus dem Reallabor Antrieb 4.0 war, dass unterschiedliche Akteure denselben Anwendungsfall sehr unterschiedlich bewerten können. Betreiber, Maschinen- und Anlagenbauer, Komponentenhersteller, Serviceanbieter und Instandhalter verfolgen unterschiedliche Ziele und verfügen über unterschiedliche Perspektiven auf Nutzen, Aufwand und Risiken.

Erfolgreiche datengetriebene Wertschöpfung entsteht deshalb nicht allein durch technische Machbarkeit. Entscheidend ist vielmehr, ob die beteiligten Akteure einen gemeinsamen Nutzen erkennen und eine gemeinsame Grundlage für Zusammenarbeit entwickeln können.

Die im Reallabor eingesetzten Werkzeuge unterstützten genau diesen Prozess. Sie halfen dabei, Potenziale sichtbar zu machen, Wertangebote zu strukturieren und unterschiedliche Handlungsoptionen nachvollziehbar zu bewerten. Gemeinsam betrachtet bilden sie daher weniger einen linearen Prozess als einen Orientierungsrahmen für die Entwicklung datengetriebener Wertschöpfung.

2.5 Was die Toolbox leisten kann – und was nicht

Die Toolbox liefert keine Patentrezepte. Sie ersetzt weder unternehmerische Erfahrung noch strategische Entscheidungen. Sie nimmt Unternehmen nicht die Unsicherheit zukünftiger Entwicklungen ab und garantiert keine wirtschaftlichen Erfolge. Sie kann jedoch dazu beitragen, Unsicherheit besser zu strukturieren und Entscheidungen auf einer belastbareren Grundlage zu treffen. Die Erfahrungen aus dem Reallabor zeigen jedoch, dass strukturierte Austausch- und Entwicklungsprozesse dazu beitragen können, unterschiedliche Perspektiven zusammenzuführen, Nutzenpotenziale sichtbar zu machen und gemeinsame Lernprozesse zu unterstützen. Gerade im Maschinen- und Anlagenbau entstehen Innovationen häufig weniger durch radikale Umbrüche als vielmehr durch Erfahrungen, Zusammenarbeit und die Fähigkeit, neue Lösungen unter realen Bedingungen zu erproben und schrittweise weiterzuentwickeln.

2.5.1 Aus Erfahrungen lernen

Antrieb 4.0 hat gezeigt, dass datengetriebene Wertschöpfung nicht mit der Einführung einzelner Technologien beginnt. Sie beginnt dort, wo Unternehmen bereit sind, gemeinsam die richtigen Fragen zu stellen:

- Welche Probleme sind tatsächlich relevant?
- Wo entsteht konkreter Nutzen?
- Welche Ideen verdienen eine Weiterverfolgung?
- Welche Voraussetzungen müssen geschaffen werden?

Die vorgestellten Werkzeuge sind aus diesem Such- und Lernprozess hervorgegangen. Sie sollen Unternehmen dabei unterstützen, eigene Fragestellungen systematisch zu bearbeiten und fundierte Entscheidungen vorzubereiten.

2.5.2 Die Logik der Toolbox

Die drei Werkzeuge der Toolbox wurden nicht unabhängig voneinander entwickelt. Sie adressieren unterschiedliche Fragestellungen entlang eines gemeinsamen Entwicklungsprozesses. Während das Use Case Roadmapping dabei unterstützt, Potenziale und Anwendungsfälle zu identifizieren, helfen die Business Model Building Blocks bei der Strukturierung möglicher Wertangebote und Rollen im Datenökosystem. Der ECO³-Circular Business Pilot ermöglicht schließlich die Bewertung und Priorisierung unterschiedlicher Optionen unter wirtschaftlichen, ökologischen und organisatorischen Gesichtspunkten. Gemeinsam bilden die Werkzeuge einen Orientierungsrahmen für die Entwicklung datengetriebener Wertschöpfung.

2.5.3 Weiterführende Ergebnisse aus Antrieb 4.0

Die im Reallabor Antrieb 4.0 gewonnenen Erkenntnisse wurden in mehreren projektbegleitenden Publikationen vertieft und dokumentiert. Sie ergänzen die in dieser Toolbox vorgestellten Werkzeuge um weiterführende Analysen, technische Umsetzungserfahrungen sowie strategische Handlungsempfehlungen für Unternehmen.

Whitepaper „Antrieb für datengetriebene Wertschöpfung – Geschäftsmodelle, Mehrwertservices und Handlungsempfehlungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0“

Das Whitepaper untersucht Potenziale datengetriebener Wertschöpfung in der Antriebstechnik und analysiert, wie aus Daten neue Mehrwertservices, Geschäftsmodelle und Formen der Zusammenarbeit entstehen können. Auf Basis von Interviews, Workshops und Erfahrungen aus dem Reallabor werden Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Handlungsempfehlungen für Unternehmen abgeleitet. Im Mittelpunkt stehen insbesondere Fragen des Kundennutzens, der Wertschöpfung in Netzwerken sowie der Entwicklung tragfähiger datenbasierter Angebote.

Whitepaper „Vom Maschinenraum in den Datenraum – Eine Machbarkeits- und Umsetzungsstudie zu Architektur und Implementierungen interoperabler Antriebssysteme in einem föderierten Datenökosystem“

Das Whitepaper dokumentiert die technischen Arbeiten und Erfahrungen aus dem Aufbau eines föderierten Datenökosystems im Reallabor Antrieb 4.0. Es beschreibt die zugrunde liegenden Architekturen, technische Komponenten und Implementierungsansätze sowie die Herausforderungen bei der herstellerübergreifenden Vernetzung von Systemen und Daten. Darüber hinaus werden Erkenntnisse zur Interoperabilität, Datensouveränität und praktischen Umsetzung von Datenräumen in industriellen Wertschöpfungsnetzwerken vorgestellt.

Studie „Interoperabilitäts- und Komplexitätskosten von Digital-Product-Passport-Systemen“.

Die Studie analysiert die wirtschaftlichen Auswirkungen der Einführung von Digital-Product-Passport-Systemen und untersucht insbesondere Interoperabilitäts- und Komplexitätskosten entlang digitaler Wertschöpfungsnetzwerke. Auf Basis von Szenarioanalysen, Experteninterviews und rechtlichen Bewertungen werden zentrale Kostentreiber, Implementierungsstrategien sowie Handlungsempfehlungen für Unternehmen und politische Entscheidungsträger abgeleitet. Die Ergebnisse liefern wertvolle Orientierung für die Bewertung regulatorischer Anforderungen und die Gestaltung interoperabler Datenökosysteme.

3. Werkzeug 1 – Use Case Roadmapping

Das Use Case Roadmapping unterstützt Unternehmen dabei, aus einer Vielzahl möglicher Anwendungsfälle diejenigen zu priorisieren, die den größten erwarteten Nutzen versprechen. Die Erfahrung aus Antrieb 4.0 zeigt jedoch, dass die eigentliche Herausforderung selten im Mangel an Ideen liegt. Anspruchsvoller ist die gemeinsame Verständigung darüber, **welche Herausforderungen adressiert werden sollen und wo begrenzte Ressourcen den größten Nutzen stiften.** Gerade in der industriellen Praxis gilt es, unterschiedliche Perspektiven, Erwartungen und Interessen zusammenzuführen.

3.1 Warum dieses Werkzeug? Eine Einleitung.

Datenräume, digitale Zwillinge, Verwaltungsschalen, Künstliche Intelligenz oder Digitale Produktpässe eröffnen Unternehmen vielfältige neue Handlungsoptionen. Gleichzeitig bleiben Ressourcen für Entwicklung und Umsetzung begrenzt. Die zentrale Herausforderung besteht daher weniger in der Entwicklung neuer Ideen als in der Auswahl geeigneter Anwendungsfälle. **Welche versprechen einen nachvollziehbaren Nutzen, eröffnen neue Wertschöpfung und sind unter den gegebenen Rahmenbedingungen realistisch umsetzbar?** Die Erfahrungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0 zeigen, dass erfolgreiche Digitalisierung selten mit Technologie beginnt, sondern mit konkreten Herausforderungen, Zielen und Nutzenperspektiven. Genau hier setzt das Use Case Roadmapping an. Es unterstützt Unternehmen dabei, Anwendungsfälle systematisch zu identifizieren, zu strukturieren und gemeinsam zu priorisieren. **So gelingt der Weg vom Möglichkeitsraum zur praktischen Umsetzung.**

3.1.1 Hintergrund und Kurzbeschreibung

Unternehmen stehen im Zuge ihrer Transformation vor der Herausforderung, zu entscheiden, welche Anwendungsfälle den größten Mehrwert für das eigene Unternehmen, Kundinnen und Kunden sowie weitere Partner entlang der Wertschöpfung bieten. Die Möglichkeiten sind vielfältig, die verfügbaren Ressourcen jedoch begrenzt. Das Use Case Roadmapping unterstützt Unternehmen dabei, Anwendungsfälle systematisch zu identifizieren, vergleichbar zu beschreiben, zu bewerten und schrittweise zu priorisieren. Ziel ist es **nicht, möglichst viele Ideen zu sammeln, sondern diejenigen auszuwählen, die unter den jeweiligen Rahmenbedingungen den größten Nutzen versprechen und als Ausgangspunkt weiterer Aktivitäten dienen.**

3.1.2 Erfahrung aus dem Reallabor

Im Projekt Antrieb 4.0 zeigte sich, dass die größte Herausforderung selten darin bestand, neue Ideen zu entwickeln. **Anspruchsvoller war die Auswahl der Anwendungsfälle mit dem größten erwarteten Beitrag zum Projekterfolg.** Das Use Case Roadmapping half dabei, unterschiedliche Perspektiven zusammenzuführen, Anwendungsfälle vergleichbar zu machen und Prioritäten transparent zu diskutieren.

> Nicht der Mangel an Ideen war die Herausforderung. Die eigentliche Aufgabe bestand darin, gemeinsam zu entscheiden, welche Ideen unter den gegebenen Bedingungen den größten Nutzen versprechen.

3.1.3 So funktioniert das Werkzeug

Das Use Case Roadmapping beschreibt einen systematischen Identifikations- und Auswahlprozess von Use Cases. Ziel ist es, aus einem breiten Möglichkeitsraum diejenigen Anwendungsfälle zu identifizieren, die unter den jeweiligen Bedingungen besonders vielversprechend erscheinen. Der Prozess beginnt mit der

Sammlung möglicher Anwendungsfälle. Diese werden einheitlich beschrieben, um eine Vergleichbarkeit herzustellen und die spätere Bewertung zu erleichtern. Anschließend erfolgt eine schrittweise Priorisierung. Dabei werden sowohl interne Perspektiven als auch externe Bewertungen berücksichtigt.

3.2 Use Case Roadmapping Konzept

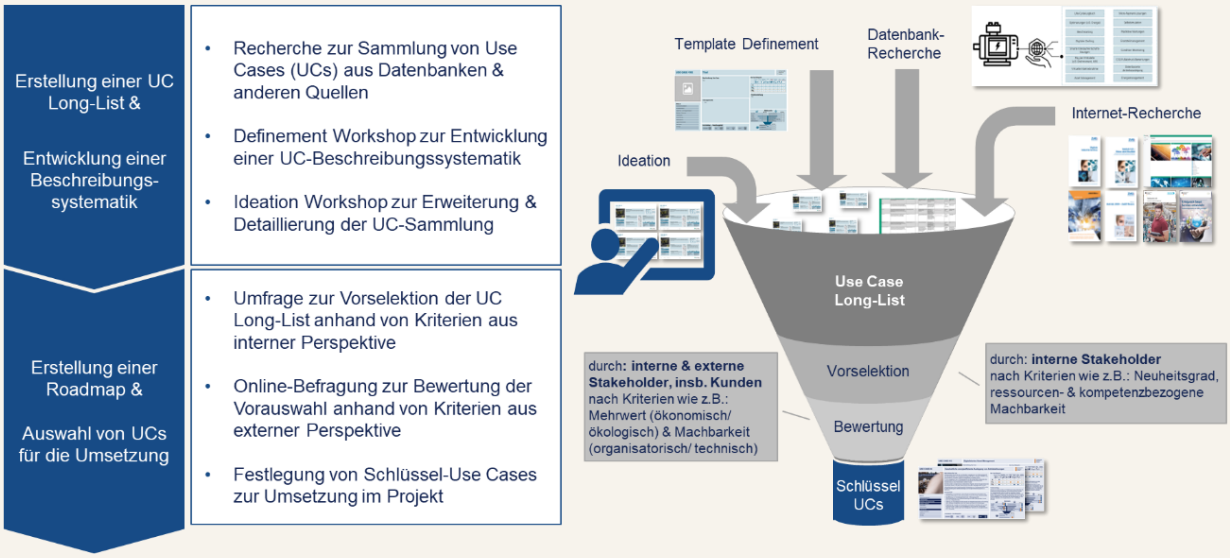

Abbildung 1: Prozess des Use Case Roadmapping

Im ersten Schritt werden mögliche Use Cases identifiziert und anhand eines einheitlichen Templates beschrieben. Geeignete Methoden hierfür sind beispielsweise interne Workshops, Expertengespräche, Recherchearbeiten oder strukturierte Ideationsprozesse. Im zweiten Schritt erfolgt eine erste Priorisierung aus interner Perspektive. Anschließend werden ausgewählte Anwendungsfälle gemeinsam mit externen Stakeholdern bewertet. Die Ergebnisse unterstützen Unternehmen dabei, fundierte Entscheidungen über die weitere Ausgestaltung ihrer Aktivitäten zu treffen.

3.2.1 Vom Möglichkeitsraum zur Vorauswahl

Das Use Case Roadmapping wurde im Projekt Antrieb 4.0 genutzt, um diejenigen Schlüssel-Use-Cases zu identifizieren, die im weiteren Projektverlauf exemplarisch umgesetzt wurden. Im ersten Schritt wurden mögliche Anwendungsfälle gesammelt und einheitlich beschrieben. Die Bandbreite der Ideen spiegelte die Vielfalt der beteiligten Unternehmen und ihrer Perspektiven wider. Die Themen reichten von Energieeffizienz und Asset Management über Wartungsunterstützung bis hin zu neuen datenbasierten Dienstleistungen.

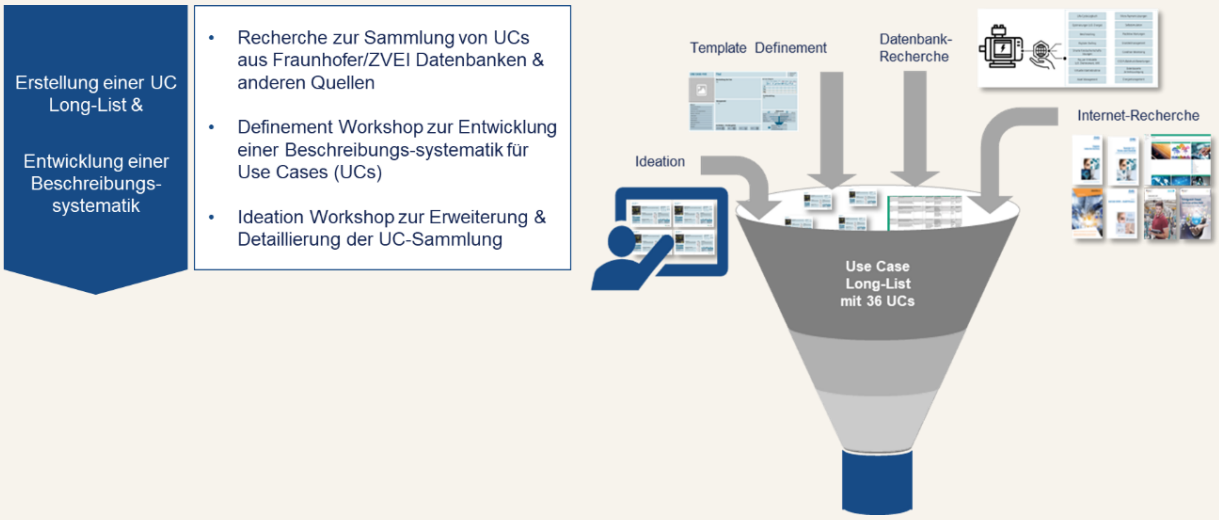

Abbildung 2: 36 beschriebene Use Cases

Das Ergebnis waren 36 beschriebene Use Cases. Hinter den 36 Use Cases standen sehr unterschiedliche Sichtweisen auf Wertschöpfung: Betreiber beschrieben konkrete Herausforderungen aus dem Anlagenbetrieb, Komponentenhersteller dachten über neue Serviceangebote nach und Maschinen- und Anlagenbauer suchten nach Möglichkeiten, ihre Kunden langfristiger zu begleiten. Gerade diese Vielfalt machte die spätere Priorisierung notwendig.

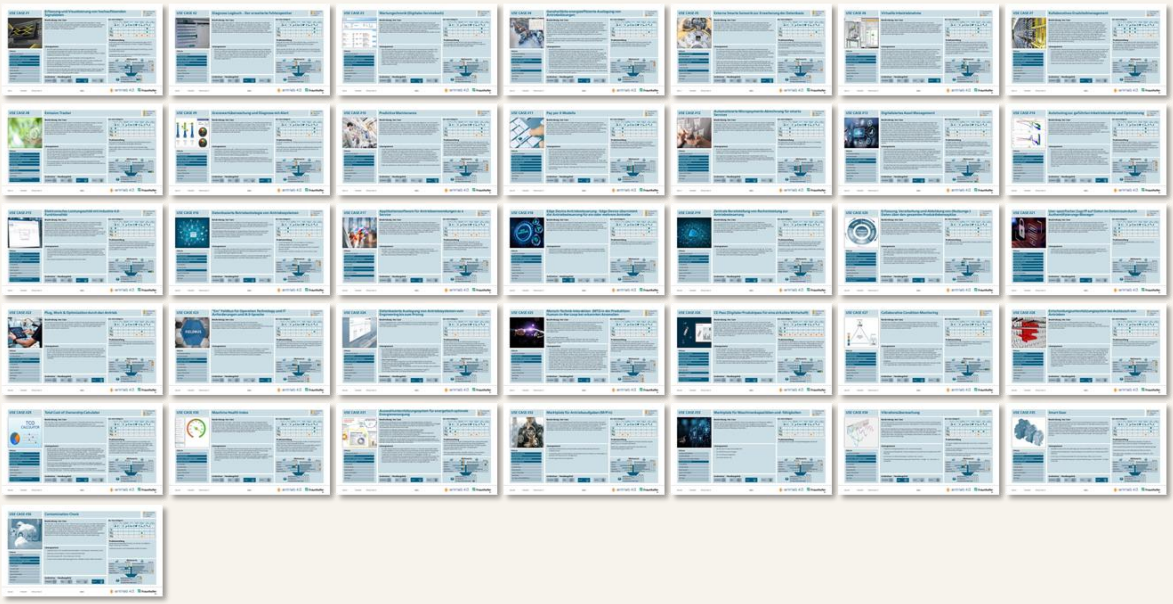

Abbildung 3: Vorauswahl der 36 Use Cases

Die schrittweise Reduktion des Möglichkeitsraums verdeutlicht den Übergang von der Ideensammlung zur strategischen Fokussierung. Ziel ist nicht die Maximierung der Anzahl möglicher Anwendungsfälle, sondern die Konzentration auf diejenigen Optionen, die für die weitere Entwicklung besonders relevant erscheinen.



Abbildung 4: Kriterien der internen Vorauswahl

Kriterien wie Neuheitsgrad, ressourcenbezogene Machbarkeit, vorhandene Kompetenzen sowie die Eignung als Demonstrator dienten dazu, den Möglichkeitsraum schrittweise einzugrenzen. Ziel war es, eine fokussierte Auswahl vielversprechender Anwendungsfälle zu erhalten. Die Kriterien verbinden strategische Relevanz mit praktischer Umsetzbarkeit. Dadurch wird sichergestellt, dass nicht allein der Innovationsgrad eines Use Cases betrachtet wird, sondern auch die verfügbaren Ressourcen und Kompetenzen berücksichtigt werden.



Abbildung 5: Die zehn priorisierten Use Cases der internen Bewertung

Aus den ursprünglich 36 beschriebenen Anwendungsfällen entstand auf diese Weise eine Short-List von zehn Use Cases, die aus Sicht der beteiligten Projektpartner besonderes Potenzial aufwiesen. Die Short-List bildet die Grundlage für die weitere Vertiefung und Bewertung. Sie zeigt zugleich, dass Priorisierung immer auch eine bewusste Entscheidung gegen andere Optionen bedeutet und damit einen wichtigen Schritt im Innovationsprozess darstellt.

> Use Case Roadmapping ist weniger ein Werkzeug zur Ideengenerierung als ein Verfahren zur gemeinsamen Entscheidungsfindung unter Unsicherheit.

3.2.2 Nutzen gemeinsam bewerten

Mit der internen Vorauswahl änderte sich zugleich die Leitfrage. Es ging nun nicht länger ausschließlich darum, was grundsätzlich umsetzbar erscheint. Stattdessen rückte in den Vordergrund, welchen Nutzen die Anwendungen aus Sicht ihrer späteren Nutzerinnen und Nutzer stiften könnten. Die Bewertung erfolgte deshalb gemeinsam mit externen Stakeholdern und orientierte sich an Kriterien wie ökonomischem Mehrwert, ökologischen Wirkungen sowie organisatorischer und technischer Umsetzbarkeit.[2]

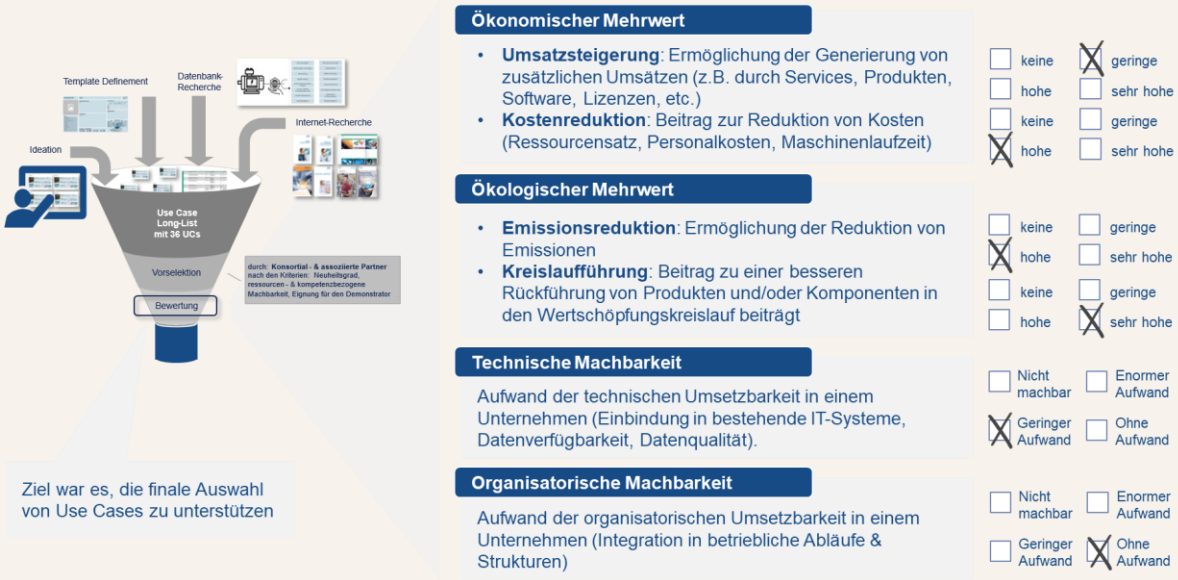

Abbildung 6: Kriterien der externen Bewertung von Use Cases

Die Einbindung externer Perspektiven führte teilweise zu anderen Einschätzungen als die interne Vorauswahl. Dadurch wurden Anforderungen, Nutzenvorstellungen und Erwartungen sichtbar, die innerhalb des Projektkonsortiums zuvor nicht ausreichend berücksichtigt worden waren. Die Diskussion machte zugleich deutlich: Nutzen hängt von Perspektive, Rolle und Erwartungen der beteiligten Akteure ab. Was für die eine Rolle als attraktives Geschäftspotenzial erscheint, kann für andere mit zusätzlichem Aufwand, neuen Risiken oder unklaren Verantwortlichkeiten verbunden sein. Die Bewertung selbst wurde damit zu einem Prozess gemeinsamer Verständigung. Die ökonomische Betrachtung führte zu folgendem Ergebnis:

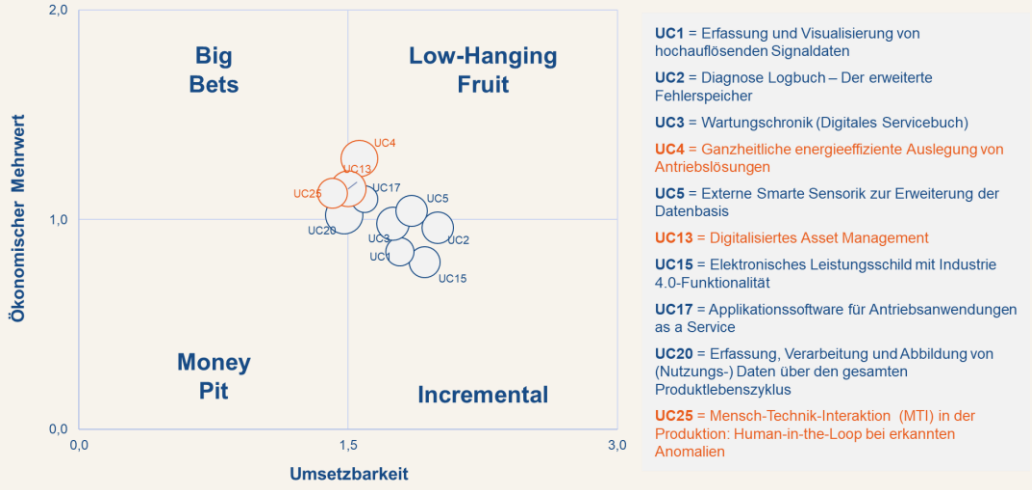

Abbildung 7: Bewertung des ökonomischen Mehrwerts und der Umsetzbarkeit

[2] Die Bewertung der priorisierten Use Cases bildete die Grundlage für die weitere Ausarbeitung von Mehrwertservices und Geschäftsmodelloptionen im Reallabor Antrieb 4.0. Die daraus abgeleiteten Ergebnisse werden im Whitepaper *„Antrieb für datengetriebene Wertschöpfung“* vertieft dargestellt.

Nicht jede technisch interessante Idee versprach zugleich einen ausreichenden wirtschaftlichen Nutzen. Die Diskussion machte sichtbar, dass die Einschätzung von Mehrwert stark von der jeweiligen Rolle und den Erwartungen der beteiligten Akteure geprägt ist. Ergänzend wurde die ökologische Perspektive berücksichtigt. Die Gegenüberstellung von wirtschaftlichem Potenzial und Umsetzbarkeit macht sichtbar, dass attraktive Entwicklungsmöglichkeiten häufig einen Ausgleich zwischen erwartetem Nutzen und erforderlichem Aufwand erfordern. Sie unterstützt damit die nachvollziehbare Priorisierung unterschiedlicher Optionen.

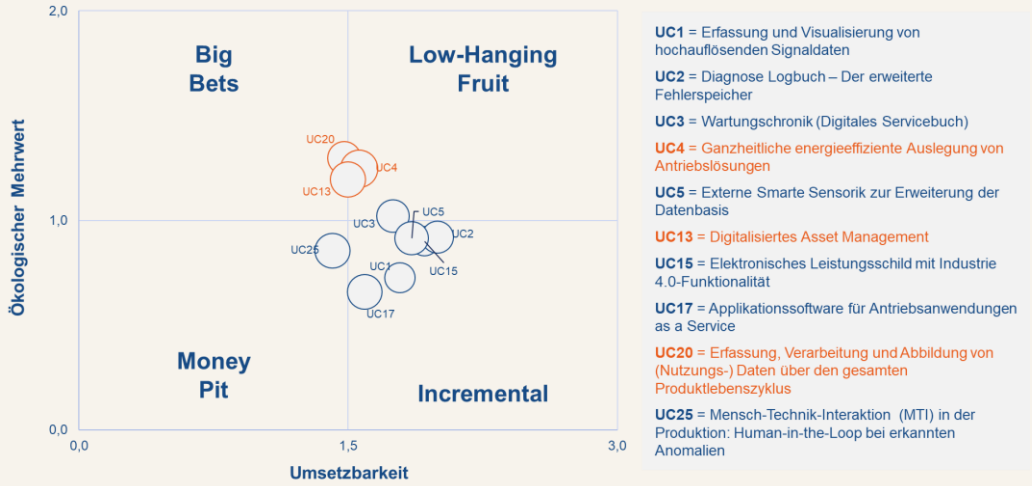

Abbildung 8: Bewertung des ökologischen Mehrwerts und finale Auswahl der Schlüssel-Use-Cases

Die zusätzliche Betrachtung ökologischer Wirkungen ergänzte die ökonomische Perspektive und unterstützte die finale Auswahl. Zwei Use Cases kristallisierten sich schließlich als diejenigen heraus, die sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht besonders vielversprechend erschienen und im weiteren Projektverlauf exemplarisch umgesetzt wurden. Die ergänzende ökologische Bewertung erweitert die Entscheidungsgrundlage um eine zusätzliche Perspektive. Dadurch können Anwendungsfälle identifiziert werden, die nicht nur wirtschaftlich attraktiv erscheinen, sondern zugleich Beiträge zu Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit leisten.

> Rückblickend war weniger die Auswahl einzelner Use Cases entscheidend als die Verständigung der beteiligten Akteure. Unterschiedliche Perspektiven machten deutlich, dass dieselbe Idee je nach Rolle unterschiedlich bewertet wird. Der eigentliche Mehrwert entstand durch ein gemeinsames Verständnis darüber, welche Herausforderungen gemeinsam adressiert werden sollten und warum sich die Investition von Zeit und Ressourcen lohnt.

3.3 Anwendung des Werkzeugs

Rückblickend zeigte sich im Reallabor Antrieb 4.0, dass die Suche nach geeigneten Anwendungsfällen weniger eine technische als vielmehr eine strategische Aufgabe ist. Die eigentliche Herausforderung bestand selten darin, neue Ideen zu entwickeln. Schwieriger war die gemeinsame Verständigung darüber, welche Herausforderungen tatsächlich relevant sind und wo vorhandene Ressourcen den größten Nutzen stiften können. Besonders hilfreich erwies sich dabei die frühzeitige Einbindung unterschiedlicher Perspektiven. Betreiber, Komponentenhersteller, Maschinen- und Anlagenbauer bewerteten dieselben Ideen häufig sehr unterschiedlich. Erst durch die gemeinsame Diskussion entstand ein umfassenderes Verständnis möglicher Chancen und Risiken. Das Use Case Roadmapping unterstützte dabei nicht nur die Auswahl geeigneter Anwendungsfälle. Es schuf zugleich einen gemeinsamen Orientierungsrahmen für die weitere Zusammenarbeit.

3.4 Erkenntnisse aus der Anwendung

Die Anwendung des Use Case Roadmapping im Reallabor Antrieb 4.0 zeigte, dass die Priorisierung von Anwendungsfällen weit mehr ist als ein technischer Auswahlprozess. Bereits die Sammlung möglicher Use Cases machte sichtbar, wie unterschiedlich Unternehmen Herausforderungen, Potenziale und zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten bewerten. Besonders aufschlussreich war der Vergleich zwischen internen und externen Bewertungen. Während die beteiligten Projektpartner Anwendungsfälle häufig vor dem Hintergrund eigener Kompetenzen, Ressourcen und strategischer Ziele betrachteten, rückten externe Stakeholder stärker den erwarteten Nutzen und die praktische Anwendbarkeit in den Mittelpunkt. Gerade dort, wo sich diese Perspektiven unterschieden, entstanden wertvolle Diskussionen und neue Einsichten.

3.5 Was wir gelernt haben

Die Erfahrungen aus dem Reallabor zeigen zudem, dass Relevanz, Nutzen und Umsetzbarkeit keine objektiven Eigenschaften eines Anwendungsfalls sind. Sie werden von unterschiedlichen Akteuren unterschiedlich wahrgenommen und bewertet. Das Use Case Roadmapping unterstützte dabei, diese Unterschiede sichtbar zu machen und nachvollziehbar zu diskutieren. Rückblickend erwies sich das Werkzeug daher nicht nur als Unterstützung bei der Auswahl konkreter Anwendungsfälle. Ebenso wichtig war seine Funktion als gemeinsamer Verständigungs- und Entscheidungsprozess. Der eigentliche Mehrwert entstand nicht durch die Priorisierung selbst, sondern durch die gemeinsame Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Erwartungen, Nutzenvorstellungen und Entwicklungsrichtungen.

3.5.1 Reflexion und Weiterentwicklung

Für die Weiterentwicklung des Werkzeugs erscheint insbesondere die frühe Einbindung unterschiedlicher Perspektiven von Bedeutung. Die Erfahrungen aus dem Reallabor zeigen, dass viele Annahmen über Nutzen, Relevanz oder Umsetzbarkeit erst im Austausch zwischen den beteiligten Akteuren sichtbar werden. Je früher diese Perspektiven zusammengeführt werden, desto belastbarer werden die späteren Entscheidungen. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass die Qualität der Diskussion häufig stärker von der Beschreibung der Anwendungsfälle als von den eigentlichen Bewertungskriterien abhängt. Je konkreter Herausforderungen, Nutzenpotenziale und Rahmenbedingungen beschrieben werden, desto leichter fällt eine gemeinsame Einschätzung. Das Use Case Roadmapping sollte deshalb nicht als einmalige Bewertungsmethode verstanden werden. Sein größter Nutzen entfaltet sich dort, wo es als strukturierter Verständigungsprozess genutzt wird, um unterschiedliche Sichtweisen zusammenzuführen, Annahmen sichtbar zu machen und gemeinsame Entscheidungen nachvollziehbar zu begründen. Für zukünftige Anwendungen erscheint es sinnvoll, den Austausch mit potenziellen Nutzerinnen und Nutzern sowie weiteren Stakeholdern noch früher in den Prozess zu integrieren. Dadurch können Nutzenpotenziale, Anforderungen und mögliche Hemmnisse bereits in einer frühen Phase sichtbar gemacht und bei der Priorisierung berücksichtigt werden.

3.5.2 Einordnung und Transferpotenzial

Die im Reallabor Antrieb 4.0 gewonnenen Erfahrungen lassen sich auch auf andere Branchen und Innovationskontexte übertragen. Die Herausforderung, aus einer Vielzahl technologischer Möglichkeiten diejenigen Anwendungsfälle auszuwählen, die unter den jeweiligen Rahmenbedingungen den größten Nutzen versprechen, stellt sich nicht nur in der Antriebstechnik. Das Use Case Roadmapping eignet sich insbesondere für Situationen, in denen unterschiedliche Akteure, Interessen und Perspektiven zusammengeführt werden müssen. Dies betrifft beispielsweise Datenrauminitiativen, Manufacturing-X-Anwendungen, Digital-Product-Passport-Projekte oder die Entwicklung datengetriebener Services in industriellen Wertschöpfungsnetzwerken. Sein größter Beitrag liegt dabei weniger in der Bewertung einzelner Ideen als in der Schaffung eines strukturierten Entscheidungsprozesses. Gerade in frühen Innovationsphasen kann das Werkzeug helfen, Prioritäten transparent zu machen, Ressourcen gezielter einzusetzen und ein gemeinsames Verständnis über zukünftige Entwicklungsrichtungen zu schaffen.

4. Werkzeug 2 – Business Model Building Blocks

Vom Anwendungsfall zum Wertangebot

Neue datenbasierte Services entstehen nicht allein durch technologische Innovationen. Ebenso entscheidend ist die Frage, wie daraus tragfähige Formen der Wertschöpfung entstehen können. Unternehmen müssen entscheiden, welche Rolle sie einnehmen möchten, welchen Nutzen sie erzeugen, wie Wertschöpfung organisiert wird und wie sich daraus ein wirtschaftlich tragfähiges Angebot entwickeln lässt. Das Werkzeug Business Model Building Blocks[3] unterstützt dabei, diese Fragen systematisch zu bearbeiten.[4]

4.1 Warum dieses Werkzeug? Eine Einleitung.

Die Identifikation eines vielversprechenden Anwendungsfalls ist häufig nur der erste Schritt. Ebenso wichtig ist die Frage, wie daraus ein tragfähiges Wertangebot entstehen kann. Das Werkzeug Business Model Building Blocks unterstützt Unternehmen dabei, Rollen, Wertangebote, Formen der Wertschöpfung und Erlösmechaniken systematisch zu reflektieren und unterschiedliche Geschäftsmodelloptionen zu entwickeln.

4.1.1 Hintergrund und Kurzbeschreibung

Die Entwicklung datengetriebener Wertschöpfung beginnt selten mit der Frage nach der Technologie. Häufiger stellt sich zunächst die Frage, welche Rolle ein Unternehmen in einem zukünftigen Wertschöpfungszusammenhang einnehmen möchte und welchen Beitrag es dort leisten kann. Wer soll welchen Nutzen erhalten? Wer übernimmt welche Aufgaben? Wer stellt Daten, Wissen oder technische Fähigkeiten bereit und wer profitiert davon? Und wie entsteht daraus ein tragfähiges Angebot? Das Werkzeug Business Model Building Blocks unterstützt Unternehmen dabei, mögliche Ausgestaltungen datengetriebener Geschäftsmodelle strukturiert zu reflektieren. Es dient nicht der Vorgabe fertiger Geschäftsmodelle, sondern als Auswahl- und Orientierungshilfe, um Rollen, Wertangebote, Wertschöpfungsformen und Erlösmechaniken systematisch zu durchdenken.

4.1.2 Erfahrung aus dem Reallabor

Im Projekt Antrieb 4.0 zeigte sichfrüh, dass die Identifikation eines vielversprechenden Anwendungsfalls lediglich der erste Schritt ist. Die eigentliche Herausforderung beginnt häufig erst danach. Denn selbst wenn ein möglicher Nutzen sichtbar wird, bleiben zahlreiche Fragen offen: Wer stellt die erforderlichen Daten bereit? Wer entwickelt und betreibt den Service? Wer übernimmt Verantwortung für Qualität und Verfügbarkeit? Wer trägt Kosten und Risiken? Und wie kann aus technischem Mehrwert ein wirtschaftlich tragfähiges Angebot entstehen? Die Diskussionen im Reallabor machten deutlich, dass datengetriebene Wertschöpfung selten von einzelnen Akteuren allein gestaltet wird. Vielmehr entsteht sie im Zusammenspiel unterschiedlicher Rollen, Interessen und Beiträge entlang eines gemeinsamen Wertschöpfungszusammenhangs.

> Daten schaffen noch kein Geschäftsmodell. Wert entsteht erst dort, wo unterschiedliche Akteure einen gemeinsamen Nutzen erkennen.

[3] Die Business Model Building Blocks basieren auf etablierten Ansätzen der Geschäftsmodellentwicklung, insbesondere der WERWAS-WIE-WERT-Logik des St. Galler Business Model Navigators (vgl. Gassmann, Frankenberger & Csik, 2021) und dem Business Model Canvas (Osterwalder & Pigneur, 2010). Für Datenräume und datengetriebene Wertschöpfung wurden sie projektspezifisch angepasst.

[4] Eine ausführliche Diskussion der identifizierten Mehrwertservices, Geschäftsmodellvarianten und Erlösmodelle findet sich im Whitepaper *„Antrieb für datengetriebene Wertschöpfung – Geschäftsmodelle, Mehrwertservices und Handlungsempfehlungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0“*.

4.2 Das Business Model Building Blocks Konzept

Das Werkzeug basiert auf vier Perspektiven, die gemeinsam zentrale Elemente eines Geschäftsmodells beschreiben:

- WER beschreibt die eigene Position sowie relevante Partner- und Kundenrollen im betrachteten Datenökosystem.
- WAS beschreibt das Wertangebot und den entstehenden Nutzen.
- WIE beschreibt, wie das Nutzenversprechen erzeugt und organisiert wird.
- WERT beschreibt Erlösmodelle, Preisbildungsmöglichkeiten und Kostenstrukturen.

Diese vier Perspektiven ermöglichen eine strukturierte Betrachtung möglicher Geschäftsmodelle in föderierten Datenökosystemen. Sie helfen dabei, unterschiedliche Ausgestaltungsmöglichkeiten sichtbar zu machen und alternative Konfigurationen systematisch zu reflektieren.

Meta-Dimension		Dimension	Attribute					
WER	Eigene Position	Datenraum-Teilnehmer (Nutzer & Betreiber)	Core-Serviceanbieter	Föderator (nur Governance)	Datenkonsument	Datenanbieter	Service Konsumenten im Datenökosystem	Business-Serviceanbieter
	Partner	Service-Konsumenten außerhalb des Daten-Ökosystems	Ja			Nein		
		Datenraum-Teilnehmer (Nutzer & Betreiber)	Core-Serviceanbieter	Föderator (nur Governance)	Datenkonsument	Datenanbieter	Service Konsumenten im Datenökosystem	Business-Serviceanbieter
WAS (Wertangebot)		Leistungsangebot für Datenraumteilnehmer	Werthaltige Erweiterungen (Data Space-as-a-Service-Funktionen)		Technische Data Space Grundfunktionen	Governance Data Space Grundfunktionen		Kein Leistungsangebot für Datenraumnutzer
		Leistungsangebot für Business Service & Datenkonsumenten	Bereitstellung komplexer, kollaborativer Angebote		Bereitstellung von smarten PSS	Bereitstellung von Business Services		Kein Leistungsangebot für Business Service & Datenkonsumenten
		Monetäre Mehrwerte	Kosteneinsparung		Zusätzlicher Umsatz		Kein monetärer Mehrwert	
		Nicht-monetärer Mehrwert	Ökologische Vorteile		Soziale Vorteile	Anderer nicht-monetärer Mehrwert		Kein nicht-monetärer Mehrwert
WIE (Wertschöpfung)		Datenwertschöpfung	Datenerfassung	Datenintegration & -verarbeitung	Datenanalyse	Datenvisualisierung	Entwicklung von Anwendungen	
		Wertschöpfungsstruktur	Kollaborative Entwicklung der Teilnehmenden			Kollaborative Angebotserstellung für Kunden		
WERT (Ertragsmechanik)		Erlösmodelle	Performance-based (unregelmäßig)	Tauschgeschäft	Verkauf (Einmalig)	Usage-based (regelmäßig)	Usage-based (unregelmäßig)	Free/ Incentives	Hybrides Erlösmodell
		Preisbildungsmöglichkeiten	Indirekte Einnahmen	Feste Preisbildung	Kostenbasierte Preisbildung	Einnahmenbasierte Preisbildung	Dynamische Preisbildung	Value-Based-Pricing	
		Kostenstruktur	Kosten für Betrieb desfDÖS		Kosten für Teilnahme an fDÖS		Staatliche Förderung	

Abbildung 9: Business Model Building Blocks – Überblick über die vier Gestaltungsdimensionen

Die einzelnen Bausteine dienen dabei weniger als starres Schema denn als strukturierende Denk- und Diskussionshilfe. Unternehmen können unterschiedliche Kombinationen durchspielen, alternative Rollen einnehmen und mögliche Wertschöpfungskonstellationen systematisch reflektieren. Die vier Gestaltungsdimensionen verdeutlichen, dass Geschäftsmodelle nicht allein aus einem Nutzenversprechen bestehen. Erst das Zusammenspiel von Rollen, Leistungen, Wertschöpfungslogik und wirtschaftlicher Tragfähigkeit ermöglicht die Entwicklung belastbarer Geschäftsmodelloptionen.

> Die Frage lautet nicht: „Welches Geschäftsmodell ist das richtige?“ Die Frage lautet: „Welche Rolle wollen wir im zukünftigen Wertschöpfungsnetzwerk einnehmen?“

4.3 Die vier Perspektiven eines Geschäftsmodells

Die vier Perspektiven WER, WAS, WIE und WERT ermöglichen eine strukturierte Betrachtung datengetriebener Geschäftsmodelle. Sie helfen dabei, Rollen, Nutzenversprechen, Wertschöpfungsstrukturen und wirtschaftliche Tragfähigkeit systematisch zu analysieren.

4.3.1 WER – Rollen und Positionen im Datenökosystem

In der Meta-Dimension „Wer“ gilt es, die „Eigene Position“ und die Position der „Partner“ anhand von Rollen im betrachteten Datenökosystem festzuhalten. Diese Reflexion ermöglicht Rückschlüsse auf die eigene Verhandlungsposition und daraus resultierende mögliche Lösungswege. Im Mittelpunkt steht die Frage, welche Rolle ein Unternehmen innerhalb eines Datenökosystems einnimmt und mit welchen weiteren Akteuren es zusammenarbeitet. Ebenso relevant ist die Frage, ob potenzielle Kunden oder Partner selbst Teil des Datenökosystems sind oder außerhalb davon stehen.

Die Erfahrungen aus dem Reallabor zeigen, dass dieselbe Lösung je nach Rolle unterschiedlich bewertet wird. Die explizite Betrachtung der beteiligten Akteure schafft daher eine wichtige Grundlage für die Entwicklung tragfähiger Geschäftsmodelle.

Mögliche Rollen im Datenökosystem

Datenraum-Teilnehmer, also Nutzer und Betreiber, fassen die Rollen in einem Datenraum zusammen. Zur Definition der eigenen Rolle im betrachteten Datenraum stehen insbesondere folgende Rollen zur Auswahl.

Rollen im Datenökosystem

Die Übersicht zeigt die wichtigsten Rollen innerhalb eines Datenökosystems und ihren Beitrag zur gemeinsamen Wertschöpfung.

Core-Serviceanbieter	Stellt die technischen Kerndienste des Datenraums bereit
Datenanbieter	Stellt Daten für andere Teilnehmer bereit
Business-Serviceanbieter	Entwickelt datenbasierte Services
Föderator	Organisiert und betreibt den Datenraum
Datenkonsument	Nutzt Daten für eigene Zwecke
Service-Konsument	Nutzt angebotene Business-Services

Abbildung 10: Rollen im Datenökosystem

Die Übersicht macht sichtbar, dass datengetriebene Wertschöpfung auf dem Zusammenwirken unterschiedlicher Akteure basiert. Die einzelnen Rollen unterscheiden sich dabei nicht nur hinsichtlich ihrer Aufgaben, sondern auch hinsichtlich ihrer Erwartungen und potenziellen Beiträge. Die Auswahl einer Rolle ist nicht nur eine Beschreibung der eigenen Position. Sie beeinflusst unmittelbar mögliche Erlösmodelle, Verantwortlichkeiten und Kooperationsformen.

Auswahloptionen für Partner und Kunden

Service-Konsumenten außerhalb des Datenökosystems sind potenzielle Partner oder Kunden, die passiv von der Wertschöpfung des betrachteten Datenraums profitieren. Dabei kann dokumentiert werden, ob potenzielle Partner beziehungsweise Kunden Teilnehmer des betrachteten Datenökosystems sind oder nicht. Kunden- und Partnerrollen im betrachteten Datenraum können ebenfalls als Datenraum-Teilnehmer beschrieben werden. Zur Auswahl stehen hierbei Core-Serviceanbieter, Föderatoren, Datenkonsumenten, Datenanbieter, Business-Serviceanbieter sowie Service-Konsumenten im Datenökosystem.

Leitfragen zur Anwendung

- Welche Rolle nehmen wir selbst im Datenökosystem ein?
- Welche Partner benötigen wir, um das Angebot umzusetzen?
- Wer profitiert von dem entstehenden Nutzen?
- Welche Akteure tragen Daten, Wissen oder Ressourcen bei?
- Welche Interessen verfolgen die beteiligten Akteure?

4.3.2 WAS – Das Nutzenversprechen

Die zweite Perspektive beschäftigt sich mit dem eigentlichen Wertangebot. In der Meta-Dimension „Was“ gilt es zu definieren, welches Nutzenversprechen ein Angebot für ein bestimmtes Kundensegment bietet.

Dabei geht es um die Frage, welchen konkreten Nutzen ein Angebot für seine Nutzerinnen und Nutzer erzeugt. Dieser Nutzen kann unterschiedliche Formen annehmen. Er kann in Form technischer oder organisatorischer Grundfunktionen eines Datenraums entstehen, als datenbasierter Service bereitgestellt werden oder Bestandteil komplexerer kollaborativer Angebote sein. Gleichzeitig können unterschiedliche Arten von Mehrwert entstehen. Neben monetären Vorteilen wie Kosteneinsparungen oder zusätzlichen Umsätzen spielen häufig auch ökologische, soziale oder organisatorische Nutzenpotenziale eine wichtige Rolle.

Die Erfahrungen aus dem Reallabor zeigen, dass Nutzen keine objektive Eigenschaft eines Angebots ist. Was für den einen Akteur einen erheblichen Mehrwert darstellt, kann für andere Beteiligte mit zusätzlichem Aufwand oder neuen Anforderungen verbunden sein. Ein wiederkehrendes Ergebnis der Diskussionen war, dass derselbe Service für unterschiedliche Akteure einen unterschiedlichen Nutzen erzeugen kann. Während Betreiber beispielsweise Ausfallzeiten reduzieren möchten, können Komponentenhersteller von zusätzlichen Informationen über Produktnutzung und Lebenszyklen profitieren.

Foundation Services

Foundation Services bilden die infrastrukturelle Grundlage für weiterführende Anwendungen und Dienste. Sie schaffen die Voraussetzungen dafür, dass Informationen über Organisationsgrenzen hinweg nutzbar gemacht werden können.

Technische Grundfunktionen	Discovery Service, Connectoren, Authentifizierung
Governance Funktionen	Vertragsmanagement, Rollen- und Rechteverwaltung
Data-Space-as-a-Service	Betrieb von Katalogen, Backups, Abrechnung

Abbildung 11: Foundation Services und datenraumbezogene Leistungen

Nutzerorientierte Angebote

Die folgenden Angebotsformen zeigen beispielhaft, wie datenbasierte Leistungen in konkrete Kundennutzen übersetzt werden können.

Smarte PSS	Equipment-as-a-Service
Business Services	Predictive Maintenance
Kollaborative Angebote	Mehrparteien-Services

Abbildung 12: Nutzerorientierte Angebote

Nutzerorientierte Angebote übersetzen technische Möglichkeiten in konkrete Mehrwerte für unterschiedliche Zielgruppen. Sie machen sichtbar, wie aus Daten und Informationen anwendungsnahe Leistungen entstehen können. Die dargestellten Kategorien verdeutlichen, dass Wertangebote in Datenökosystemen sehr unterschiedliche Formen annehmen können. Sie reichen von technischen und organisatorischen Grundlagenleistungen bis hin zu datenbasierten Services und komplexen kollaborativen Angeboten. Welche Form eines Wertangebots sinnvoll erscheint, hängt dabei von der jeweiligen Rolle im Ökosystem, den verfügbaren Kompetenzen sowie dem angestrebten Nutzen ab. Neben der Art des Wertangebots sollte auch betrachtet werden, welche Mehrwerte daraus entstehen. Im Werkzeug wird zwischen monetären und nicht-monetären Mehrwerten unterschieden. Monetäre Mehrwerte können beispielsweise in Form von Kosteneinsparungen oder zusätzlichen Umsätzen entstehen. Nicht-monetäre Mehrwerte umfassen ökologische Vorteile, soziale Effekte oder andere qualitative Nutzenpotenziale.

Leitfragen zur Anwendung

- Welches Problem wird gelöst?
- Welcher konkrete Nutzen entsteht?
- Für wen entsteht dieser Nutzen?
- Entsteht ein monetärer, ökologischer, sozialer oder organisatorischer Mehrwert?
- Welche Akteure profitieren unmittelbar, welche mittelbar?

4.3.3 WIE – Wertschöpfung organisieren

In der Meta-Dimension „Wie“ gilt es zu definieren, wie das Nutzenversprechen erzeugt und organisiert wird. Dabei geht es sowohl um technische Fragen der Datenverarbeitung als auch um die Organisation der Wertschöpfungsbeziehung zwischen beteiligten Akteuren. Die möglichen Ausprägungen reichen von der Datenerfassung über Datenintegration und Datenanalyse bis hin zur Datenverwertung und zur Entwicklung datenbasierter Anwendungen. Ergänzend wird betrachtet, ob Wertschöpfung individuell oder kollaborativ erfolgt und welche Akteure an der Leistungserbringung beteiligt sind. Im Projekt Antrieb 4.0 wurde deutlich, dass viele datenbasierte Angebote erst durch die Kombination unterschiedlicher Kompetenzen möglich werden. Die Fähigkeit zur Zusammenarbeit erwies sich dabei häufig als ebenso wichtig wie die technische Lösung selbst.

Wo entsteht die Wertschöpfung?

Die Dimension Datenwertschöpfung stellt fest, an welcher Stelle der Datenwertschöpfungskette der Nutzen gestiftet wird.

Stationen der Datenwertschöpfung

Daten entfalten ihren wirtschaftlichen Wert schrittweise. Die folgende Übersicht zeigt die wesentlichen Stationen von der Datenerfassung bis zur praktischen Anwendung.

01 **Datenerfassung**	Erhebung und Bereitstellung relevanter Daten durch Sensorik sowie Kommunikations- und Automatisierungstechnik.
02 **Datenintegration**	Zusammenführung und Aufbereitung von Daten aus unterschiedlichen Quellen.
03 **Datenanalyse**	Auswertung von Daten zur Erkennung von Mustern, Abweichungen und Entwicklungen.
04 **Datenverwertung**	Überführung der gewonnenen Erkenntnisse in konkrete Entscheidungen oder Maßnahmen.
05 **Anwendung**	Entwicklung und Bereitstellung datenbasierter Anwendungen und Services.

Abbildung 13: Stationen der Datenwertschöpfung

Die Darstellung verdeutlicht, dass wirtschaftlicher Nutzen selten durch Daten allein entsteht. Erst durch Verarbeitung, Interpretation und Integration in betriebliche Prozesse entwickeln Daten einen konkreten Wertbeitrag. Die einzelnen Stufen der Datenwertschöpfung bauen aufeinander auf. Datenerfassung bildet die Grundlage für die spätere Nutzung von Informationen. Durch Datenintegration werden unterschiedliche Datenquellen zusammengeführt und nutzbar gemacht. Die Datenanalyse erzeugt daraus Erkenntnisse, Prognosen oder Handlungsempfehlungen. In der Datenverwertung werden diese Erkenntnisse in konkrete Entscheidungen oder Maßnahmen überführt. Die Entwicklung von Anwendungen schließlich macht die erzeugten Mehrwerte für Nutzerinnen und Nutzer unmittelbar nutzbar. Im Reallabor zeigte sich, dass Wertschöpfung an sehr unterschiedlichen Stellen dieser Kette entstehen kann. Nicht jedes Geschäftsmodell benötigt alle Stufen gleichermaßen. Manche Angebote konzentrieren sich auf die Bereitstellung hochwertiger Daten, andere auf Analyseleistungen oder auf die Entwicklung konkreter Anwendungen.

Leitfragen zur Anwendung

- Welche Daten werden benötigt?
- An welcher Stelle der Datenwertschöpfungskette entsteht der Nutzen?
- Welche Kompetenzen bringen wir selbst ein?
- Wo benötigen wir Unterstützung oder Partnerschaften?
- Welche technischen und organisatorischen Voraussetzungen müssen geschaffen werden?

Auswahloptionen zur Wertschöpfungsstruktur

Die Wertschöpfungsstruktur kann insbesondere danach unterschieden werden, ob eine kollaborative Entwicklung der Teilnehmenden oder eine kollaborative Angebotserstellung für Kunden im Vordergrund steht.

> Datengetriebene Wertschöpfung entsteht selten allein. Die meisten Geschäftsmodelle entstehen im Zusammenspiel mehrerer Partner, Kompetenzen und Beiträge.

4.3.4 WERT – Erlöse und wirtschaftliche Tragfähigkeit

Die Meta-Dimension „Wert“ betrachtet die wirtschaftliche Seite eines Geschäftsmodells. Hier stehen Fragen der Erlösmechanik, Preisgestaltung und Kostenstruktur im Mittelpunkt. Mögliche Erlösmodelle reichen von klassischen Einmalverkäufen über nutzungsabhängige Modelle bis hin zu performancebasierten Ansätzen. Ergänzend werden unterschiedliche Formen der Preisbildung sowie relevante Kostenstrukturen betrachtet. Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 zeigen, dass technische Machbarkeit allein keine hinreichende Grundlage für erfolgreiche Geschäftsmodelle darstellt. Entscheidend ist letztlich, ob ein nachvollziehbarer Mehrwert entsteht und ob sich dieser dauerhaft in tragfähige wirtschaftliche Beziehungen übersetzen lässt. Die Diskussionen im Projekt machten deutlich, dass die Frage nach dem wirtschaftlichen Nutzen selten eindeutig beantwortet werden kann. Häufig entstehen Mehrwerte an unterschiedlichen Stellen eines Wertschöpfungsnetzwerks, während die dafür notwendigen Aufwände von anderen Akteuren getragen werden müssen. Die Entwicklung tragfähiger Geschäftsmodelle erfordert daher nicht nur die Identifikation von Mehrwerten, sondern auch eine Verständigung darüber, wie diese zwischen den Beteiligten verteilt werden können.

Erlösmodelle

Die folgenden Erlösmodelle beschreiben typische Mechanismen zur Monetarisierung datenbasierter Leistungen. In der Praxis werden häufig mehrere Modelle kombiniert.

Verkauf	Einmaliger Verkauf eines Produkts oder einer Dienstleistung.
Usage-based	Abrechnung entsprechend der tatsächlichen Nutzung.
Performance-based	Vergütung anhand definierter Leistungskennzahlen.
Free & Incentives	Kostenloses Angebot mit indirekter Monetarisierung.
Hybrid	Kombination mehrerer Erlösmechaniken.

Abbildung 14: Erlösmodelle und Mechanismen der Monetarisierung

Die Übersicht zeigt unterschiedliche Möglichkeiten der Monetarisierung datenbasierter Leistungen. Welche Variante geeignet erscheint, hängt dabei maßgeblich vom jeweiligen Nutzenversprechen sowie den beteiligten Akteuren ab. Die dargestellten Erlösmodelle beschreiben unterschiedliche Möglichkeiten, wirtschaftlichen Nutzen aus datenbasierten Angeboten zu generieren. Während klassische Verkaufsmodelle auf einmaligen Transaktionen beruhen, orientieren sich nutzungsabhängige Modelle an der tatsächlichen Inanspruchnahme eines Angebots. Performance-basierte Ansätze knüpfen Erlöse unmittelbar an erreichte Ergebnisse oder Leistungskennzahlen. Darüber hinaus können Erlöse indirekt entstehen, beispielsweise durch Zusatzgeschäfte, Datenverwertung oder ergänzende Dienstleistungen. In der Praxis zeigte sich, dass sich viele datengetriebene Geschäftsmodelle nicht eindeutig einer einzelnen Erlöslogik zuordnen lassen. Häufig entstehen hybride Modelle, die mehrere Ansätze miteinander kombinieren.

Auswahloptionen zur Preisbildung und Kostenstruktur

Preisbildungsmöglichkeiten umfassen indirekte Einnahmen, feste Preisbildung, kostenbasierte Preisbildung, einnahmenbasierte Preisbildung, dynamische Preisbildung und Value-Based-Pricing. Die Kostenstruktur kann insbesondere Kosten für den Betrieb des föderierten Datenökosystems (fDÖS), Kosten für die Teilnahme am fDÖS sowie staatliche Förderung berücksichtigen.

Leitfragen zur Anwendung

- Wer bezahlt für das Angebot?
- Wodurch entsteht wirtschaftlicher Nutzen?
- Welche Kosten entstehen?
- Wie können Mehrwerte zwischen den Beteiligten verteilt werden?
- Welche Erlösmodelle erscheinen langfristig tragfähig?

Im Projekt zeigte sich, dass die Diskussion über neue Geschäftsmodelle weniger an technischen Fragen als an unterschiedlichen Vorstellungen von Wertschöpfung scheiterte. Während Betreiber vor allem Verfügbarkeit und Planungssicherheit priorisierten, interessierten sich Komponentenhersteller stärker für den Produkteinsatz und Maschinen- und Anlagenbauer für neue Serviceangebote und langfristige Kundenbeziehungen. Die gemeinsame Entwicklung von Geschäftsmodellvarianten machte diese unterschiedlichen Perspektiven sichtbar und förderte ein gemeinsames Verständnis.

4.4 Anwendung des Werkzeugs

Zur Veranschaulichung wurde das Werkzeug im Projekt exemplarisch auf den End-of-Life (EOL) Assistance Service angewendet. Der Service unterstützt die Bereitstellung von Informationen über Komponenten, deren Lebenszyklus sich dem Ende nähert. Ziel ist es, Betreiber, Maschinen- und Anlagenbauer sowie weitere Beteiligte frühzeitig bei Planung, Wartung und Modernisierung zu unterstützen.

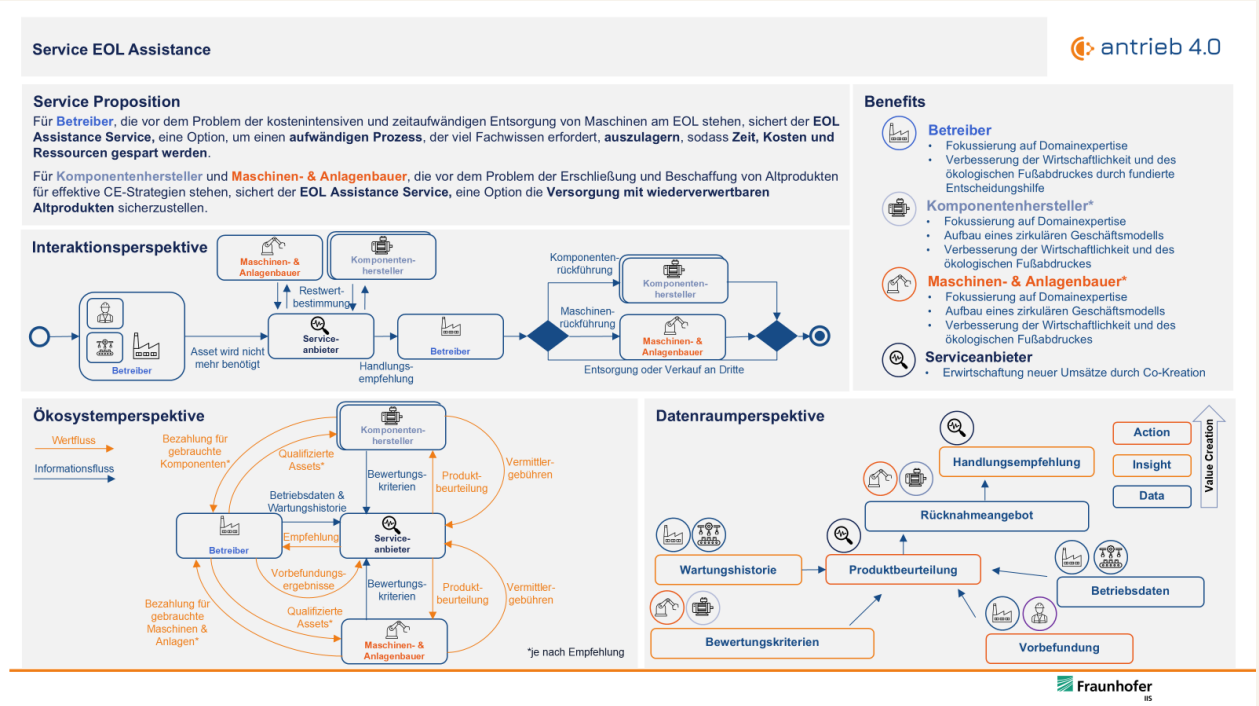

Abbildung 15: End-of-Life (EOL) Assistance Service als Beispielanwendung

Die Beispielanwendung verdeutlicht, wie unterschiedliche Informationen und Leistungen zu einem konkreten Mehrwertservice kombiniert werden können. Sie macht damit die abstrakten Gestaltungsdimensionen des Werkzeugs anhand eines praktischen Szenarios greifbar. Die Anwendung des Werkzeugs macht sichtbar, wie unterschiedliche Rollen, Nutzenversprechen, Wertschöpfungsstrukturen und Erlösmechaniken zu unterschiedlichen Geschäftsmodellvarianten führen können. Nicht die Technologie entscheidet darüber, sondern die Frage, welche Akteure welche Rollen übernehmen und wo Mehrwerte entstehen. Für den betrachteten Service wurden zwei exemplarische Konfigurationen entwickelt. Beide Varianten basieren auf demselben Anwendungsfall, unterscheiden sich jedoch hinsichtlich der beteiligten Akteure, der Wertangebote und der wirtschaftlichen Logik. Dadurch wird sichtbar, wie unterschiedliche Geschäftsmodellkonfigurationen aus einer gemeinsamen Ausgangsidee entstehen können.

Meta-Dimension		Dimension	Attribute					
WER	Eigene Position	Datenraum-Teilnehmer (Nutzer & Betreiber)	Core-Serviceanbieter	Föderator (nur Governance)	Datenkonsument	Datenanbieter	Service Konsumenten im Datenökosystem	Business-Serviceanbieter
	Partner	Service-Konsumenten außerhalb des Daten-Ökosystems	Ja			Nein		
		Datenraum-Teilnehmer (Nutzer & Betreiber)	Core-Serviceanbieter	Föderator (nur Governance)	Datenkonsument	Datenanbieter	Service Konsumenten im Datenökosystem	Business-Serviceanbieter
WAS (Wertangebot)		Leistungsangebot für Datenraumteilnehmer	Werthaltige Erweiterungen (Data Space-as-a-Service-Funktionen)	Technische Data Space Grundfunktionen		Governance Data Space Grundfunktionen	Kein Leistungsangebot für Datenraumnutzer	
		Leistungsangebot für Business Service & Datenkonsumenten	Bereitstellung komplexer, kollaborativer Angebote	Bereitstellung von smarten PSS		Bereitstellung von Business Services	Kein Leistungsangebot für Business Service & Datenkonsumenten	
		Monetäre Mehrwerte	Kosteneinsparung		Zusätzlicher Umsatz		Kein monetärer Mehrwert	
		Nicht-monetärer Mehrwert	Ökologische Vorteile	Soziale Vorteile		Anderer nicht-monetärer Mehrwert	Kein nicht-monetärer Mehrwert	
WIE (Wertschöpfung)		Datenwertschöpfung	Datenerfassung	Datenintegration & -verarbeitung	Datenanalyse		Datenvisualisierung	Entwicklung von Anwendungen
		Wertschöpfungsstruktur	Kollaborative Entwicklung der Teilnehmenden			Kollaborative Angebotserstellung für Kunden		
WERT (Ertragsmechanik)		Erlösmodelle	Performance-based (unregelmäßig)	Tauschgeschäft	Verkauf (Einmalig)	Usage-based (regelmäßig)	Usage-based (unregelmäßig)	Free / Incentives	Hybrides Erlösmodell
		Preisbildungsmöglichkeiten	Indirekte Einnahmen	Feste Preisbildung	Kostenbasierte Preisbildung	Einnahmenbasierte Preisbildung	Dynamische Preisbildung	Value-Based-Pricing
		Kostenstruktur	Kosten für Betrieb desfDÖS		Kosten für Teilnahme an fDÖS		Staatliche Förderung	

Abbildung 16: Geschäftsmodellvariante 1 – Betreiber als Kunde und Partner

Die dargestellte Variante fokussiert die Perspektive des Betreibers als zentralen Kunden und Partner. Dadurch wird sichtbar, wie unterschiedliche Rollen innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerks zu einem gemeinsamen Nutzenbeitrag zusammengeführt werden können.

Meta-Dimension		Dimension	Attribute					
WER	Eigene Position	Datenraum-Teilnehmer (Nutzer & Betreiber)	Core-Serviceanbieter	Föderator (nur Governance)	Datenkonsument	Datenanbieter	Service Konsumenten im Datenökosystem	Business-Serviceanbieter
	Partner	Service-Konsumenten außerhalb des Daten-Ökosystems	Ja			Nein		
		Datenraum-Teilnehmer (Nutzer & Betreiber)	Core-Serviceanbieter	Föderator (nur Governance)	Datenkonsument	Datenanbieter	Service Konsumenten im Datenökosystem	Business-Serviceanbieter
WAS (Wertangebot)		Leistungsangebot für Datenraumteilnehmer	Werthaltige Erweiterungen (Data Space-as-a-Service-Funktionen)	Technische Data Space Grundfunktionen		Governance Data Space Grundfunktionen	Kein Leistungsangebot für Datenraumnutzer	
		Leistungsangebot für Business Service & Datenkonsumenten	Bereitstellung komplexer, kollaborativer Angebote	Bereitstellung von smarten PSS		Bereitstellung von Business Services	Kein Leistungsangebot für Business Service & Datenkonsumenten	
		Monetäre Mehrwerte	Kosteneinsparung		Zusätzlicher Umsatz		Kein monetärer Mehrwert	
		Nicht-monetärer Mehrwert	Ökologische Vorteile	Soziale Vorteile		Anderer nicht-monetärer Mehrwert	Kein nicht-monetärer Mehrwert	
WIE (Wertschöpfung)		Datenwertschöpfung	Datenerfassung	Datenintegration & -verarbeitung	Datenanalyse		Datenvisualisierung	Entwicklung von Anwendungen
		Wertschöpfungsstruktur	Kollaborative Entwicklung der Teilnehmenden			Kollaborative Angebotserstellung für Kunden		
WERT (Ertragsmechanik)		Erlösmodelle	Performance-based (unregelmäßig)	Tauschgeschäft	Verkauf (Einmalig)	Usage-based (regelmäßig)	Usage-based (unregelmäßig)	Free/ Incentives	Hybrides Erlösmodell
		Preisbildungsmöglichkeiten	Indirekte Einnahmen	Feste Preisbildung	Kostenbasierte Preisbildung	Einnahmenbasierte Preisbildung	Dynamische Preisbildung	Value-Based-Pricing
		Kostenstruktur	Kosten für Betrieb desfDÖS		Kosten für Teilnahme an fDÖS		Staatliche Förderung	

Abbildung 17: Geschäftsmodellvariante 2 – Kooperatives Geschäftsmodell im Datenökosystem

Die Abbildung zeigt eine Geschäftsmodellvariante, in der Maschinen- und Anlagenbauer sowie Komponentenhersteller gemeinsam an der Entwicklung und Bereitstellung datenbasierter Leistungen beteiligt sind. Nutzen und Wertschöpfung entstehen dabei durch Kooperation im Datenökosystem. Die zweite Variante verschiebt den Fokus auf Maschinen- und Anlagenbauer sowie Komponentenhersteller. Der Vergleich beider Varianten verdeutlicht, dass derselbe Service unterschiedliche Geschäftsmodellkonfigurationen ermöglichen kann. Je nachdem, welche Akteure als zentrale Kunden, Partner oder Datenlieferanten betrachtet

werden, verändern sich Wertangebot, Wertschöpfungsstruktur und Erlösmechanik. Die Business Model Building Blocks unterstützen dabei, solche Alternativen sichtbar zu machen und mögliche Auswirkungen auf Nutzen, Zusammenarbeit und Erlöse frühzeitig zu diskutieren.

4.5 Erkenntnisse aus der Anwendung

Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 zeigen, dass datengetriebene Geschäftsmodelle selten aus einzelnen Technologien oder Leistungen entstehen. Entscheidend ist vielmehr das Zusammenspiel unterschiedlicher Akteure, die Daten, Kompetenzen und Wertschöpfungsbeiträge miteinander verbinden. Besonders herausfordernd erwies sich dabei die Klärung von Rollen, Verantwortlichkeiten und Mehrwerten. Unterschiedliche Akteure verfolgen unterschiedliche Interessen und bewerten denselben Anwendungsfall häufig aus verschiedenen Perspektiven. Die Business Model Building Blocks unterstützten dabei, diese Zusammenhänge sichtbar zu machen und alternative Geschäftsmodellkonfigurationen strukturiert zu diskutieren.

4.6 Was wir gelernt haben

Die Erfahrungen aus dem Reallabor legen nahe, dass Geschäftsmodelle in Datenökosystemen weniger geplant als gemeinsam entwickelt werden: Der eigentliche Mehrwert des Werkzeugs liegt deshalb nicht allein in der Beschreibung möglicher Geschäftsmodelle, sondern in der strukturierten Diskussion über Nutzen, Zusammenarbeit und Wertschöpfung.

> Im Reallabor zeigte sich, dass Geschäftsmodelle weniger erfunden als vielmehr ausgehandelt werden.

4.6.1 Reflexion und Weiterentwicklung

Rückblickend würden wir die Diskussion über Rollen, Verantwortlichkeiten und Mehrwerte noch früher beginnen. Viele technische Fragestellungen lassen sich vergleichsweise schnell bearbeiten. Die eigentliche Herausforderung besteht häufig darin, ein gemeinsames Verständnis darüber zu entwickeln, wer welchen Beitrag leistet und wie die entstehenden Mehrwerte verteilt werden können. Darüber hinaus würden wir mögliche Geschäftsmodellvarianten früher parallel entwickeln, um alternative Wege der Wertschöpfung bereits zu Beginn sichtbar zu machen.

4.6.2 Einordnung und Transferpotenzial

Die im Reallabor Antrieb 4.0 gewonnenen Erfahrungen lassen sich auf zahlreiche Kontexte datengetriebener Wertschöpfung übertragen. Dies gilt insbesondere für Datenrauminitiativen, Manufacturing-X-Anwendungen sowie die Entwicklung digitaler Services und Plattformangebote. Die Business Model Building Blocks unterstützen Unternehmen dabei, unterschiedliche Rollen, Wertangebote und Kooperationsformen systematisch zu analysieren. Ihr besonderer Nutzen liegt darin, alternative Geschäftsmodelloptionen frühzeitig sichtbar zu machen und deren Auswirkungen auf Wertschöpfung, Zusammenarbeit und Erlöspotenziale strukturiert zu reflektieren.

5. Werkzeug 3 – ECO³-Circular Business Pilot

Geschäftsideen ganzheitlich bewerten

Die Entwicklung neuer datengetriebener Produkte, Services und Geschäftsmodelle ist häufig mit Unsicherheit verbunden. Unternehmen müssen Entscheidungen treffen, bevor belastbare Markt- oder Nutzungserfahrungen vorliegen. Die zentrale Herausforderung besteht dabei selten darin, neue Ideen zu entwickeln. Schwieriger ist die Frage, welche Ideen weiterverfolgt werden sollten.

5.1 Warum dieses Werkzeug? Eine Einleitung.

Neue Geschäftsideen, Services und Geschäftsmodelle müssen häufig unter Unsicherheit bewertet werden. Wirtschaftliche Potenziale allein reichen dabei nicht aus. Ebenso relevant sind ökologische Wirkungen sowie die Umsetzbarkeit innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerks. Genau hierfür wurde der ECO³-Circular Business Pilot entwickelt. Aktuelle Entwicklungen wie der Digitale Produktpass (DPP) verdeutlichen zusätzlich, dass Transparenz über Produkte, Materialien und Lebenszyklen zunehmend zu einer Voraussetzung für zukünftige Wertschöpfung wird.

> Nicht jede wirtschaftlich attraktive Idee ist nachhaltig. Und nicht jede nachhaltige Idee ist wirtschaftlich tragfähig. Gute Entscheidungen entstehen dort, wo beide Perspektiven gemeinsam betrachtet werden.

5.1.1 Hintergrund und Kurzbeschreibung

Der ECO³-Circular Business Pilot unterstützt Unternehmen bei der Bewertung neuer Geschäftsideen, Services und Geschäftsmodelle. Im Unterschied zu klassischen Bewertungsansätzen betrachtet das Werkzeug nicht ausschließlich wirtschaftliche Kriterien. Es erweitert die Perspektive um ökologische und ökosystembezogene Fragestellungen und ermöglicht dadurch eine ganzheitlichere Betrachtung möglicher Entwicklungsoptionen. Der Name ECO³ verweist auf die drei zentralen Bewertungsdimensionen *ECOnomic*, *ECOlogical* und *ECOsystem*. Gemeinsam bilden sie den Bewertungsrahmen des Werkzeugs und ermöglichen eine integrierte Betrachtung wirtschaftlicher, ökologischer und organisatorischer Fragestellungen.[5]

5.1.2 Erfahrung aus dem Reallabor

Im Reallabor Antrieb 4.0 zeigte sich, dass unterschiedliche Akteure dieselbe Idee sehr unterschiedlich bewerten können. Ein Betreiber betrachtet beispielsweise die Auswirkungen auf Anlagenverfügbarkeit und Energieeffizienz. Für einen Komponentenhersteller können dagegen Fragen des zusätzlichen Entwicklungsaufwands oder des Schutzes eigener Daten im Vordergrund stehen. Maschinen- und Anlagenbauer wiederum bewerten häufig die Integration in bestehende Kundenlösungen. Die Bewertung möglicher Lösungen erwies sich deshalb als ebenso wichtig wie deren Entwicklung. Der ECO³-Circular Business Pilot unterstützt dabei, diese unterschiedlichen Perspektiven sichtbar zu machen und systematisch zu reflektieren.

[5] Weiterführende Erkenntnisse zu Digitalen Produktpässen, Interoperabilität und den wirtschaftlichen Auswirkungen regulatorischer Anforderungen finden sich in der Studie *„Interoperabilitäts- und Komplexitätskosten von Digital-Product-Passport-Systemen“*.

5.2 Die drei Perspektiven des ECO³-Circular Business Pilot

Die Bewertung erfolgt entlang von drei Dimensionen. Keine dieser Dimensionen ist grundsätzlich wichtiger als die anderen. Ihre Gewichtung hängt von den jeweiligen Unternehmenszielen sowie dem betrachteten Anwendungsfall ab.

ECO³-Circular Business Pilot

Die drei Perspektiven des ECO³-Ansatzes ermöglichen eine ganzheitliche Bewertung von Geschäftsmodellen entlang wirtschaftlicher, ökologischer und systemischer Kriterien.

ECOnomic	Welcher wirtschaftliche Nutzen entsteht? Lohnt sich die Idee wirtschaftlich?
ECOlogical	Welchen Beitrag leistet sie zu Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz?
ECOsystem	Lässt sich die Idee im Wertschöpfungsnetzwerk umsetzen? Welche Kooperationen sind nötig?

Abbildung 18: Die drei Bewertungsdimensionen des ECO³-Circular Business Pilot

Die drei Perspektiven verdeutlichen, dass die Bewertung von Geschäftsmodellideen nicht auf wirtschaftliche Aspekte reduziert werden sollte. Erst die gemeinsame Betrachtung ökonomischer, ökologischer und organisatorischer Faktoren ermöglicht eine ausgewogene Entscheidungsgrundlage.

> Die Bewertung einer Idee beginnt nicht am Ende eines Projekts. Sie sollte bereits dann beginnen, wenn erste Lösungsoptionen entstehen.

5.2.1 ECOnomic – Wirtschaftlichen Nutzen bewerten

Die wirtschaftliche Perspektive betrachtet die Frage, ob eine Idee langfristig wirtschaftlich tragfähig erscheint. Im Mittelpunkt stehen dabei Aspekte wie notwendige *Investitionen*, *laufende Kosten*, mögliche *Umsatzpotenziale*, die erwartete *Profitabilität*, die *Zeit bis zur Markteinführung (Time-to-Market)* sowie potenzielle *Wettbewerbsvorteile*. Welche Kriterien im Einzelfall berücksichtigt werden, hängt von der jeweiligen Unternehmensstrategie und dem betrachteten Anwendungsfall ab.

Leitfragen zur Anwendung

- Welche wirtschaftlichen Vorteile entstehen?
- Welche Investitionen sind erforderlich?
- Wie schnell kann ein Nutzen realisiert werden?
- Entstehen neue Umsatzpotenziale?
- Welche Wettbewerbsvorteile ergeben sich?

5.2.2 ECOlogical – Nachhaltigkeit sichtbar machen

Die ökologische Perspektive richtet den Blick auf die Auswirkungen einer Geschäftsidee über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg. Betrachtet werden beispielsweise der *Einsatz von Ressourcen*, die *Kreislauffähigkeit von Produkten, Emissionen*, *Energie- und Wasserverbrauch* sowie das entstehende *Abfallaufkommen*. Die zunehmende Verfügbarkeit von Produkt- und Lebenszyklusdaten eröffnet dabei neue Möglichkeiten, ökologische Wirkungen systematisch sichtbar zu machen und Kreislaufstrategien gezielt zu unterstützen.

Leitfragen zur Anwendung

- Welche wirtschaftlichen Vorteile entstehen?
- Welche Investitionen sind erforderlich?
- Wie schnell kann ein Nutzen realisiert werden?
- Entstehen neue Umsatzpotenziale?
- Welche Wettbewerbsvorteile ergeben sich?

5.2.3 ECOsystem – Zusammenarbeit bewerten

Die dritte Perspektive betrachtet die Umsetzbarkeit innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerks oder Datenökosystems. Im Mittelpunkt stehen Fragen der *strategischen Passfähigkeit*, *organisatorischer Voraussetzungen*, *erforderlicher Kooperationen* sowie möglicher *Auswirkungen auf bestehende Partnerschaften*. Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 zeigen, dass technisch sinnvolle Lösungen häufig nicht an der Technologie selbst scheitern, sondern an fehlender Abstimmung, unklaren Verantwortlichkeiten oder mangelnder *Akzeptanz innerhalb des Netzwerks*.

Leitfragen zur Anwendung

- Welche Partner werden benötigt?
- Ist die erforderliche Koordination und Abstimmung realistisch?
- Welche organisatorischen Voraussetzungen müssen erfüllt werden?
- Unterstützt die Idee die eigene Strategie?
- Welche Auswirkungen ergeben sich für bestehende Beziehungen?

5.3 Anwendung des Werkzeugs

Der ECO³-Circular Business Pilot ermöglicht die strukturierte Bewertung von Geschäftsideen, Services und Geschäftsmodellen entlang der drei Dimensionen ECOnomic, ECOlogical und ECOsystem. Im Unterschied zu rein qualitativen Diskussionen basiert die Bewertung auf einer systematischen Auswahl und Beurteilung relevanter Kriterien. Dadurch entsteht eine transparente Entscheidungsgrundlage, die wirtschaftliche, ökologische und organisatorische Perspektiven gleichermaßen berücksichtigt.

Grundprinzip des ECO³-Circular Business Pilot

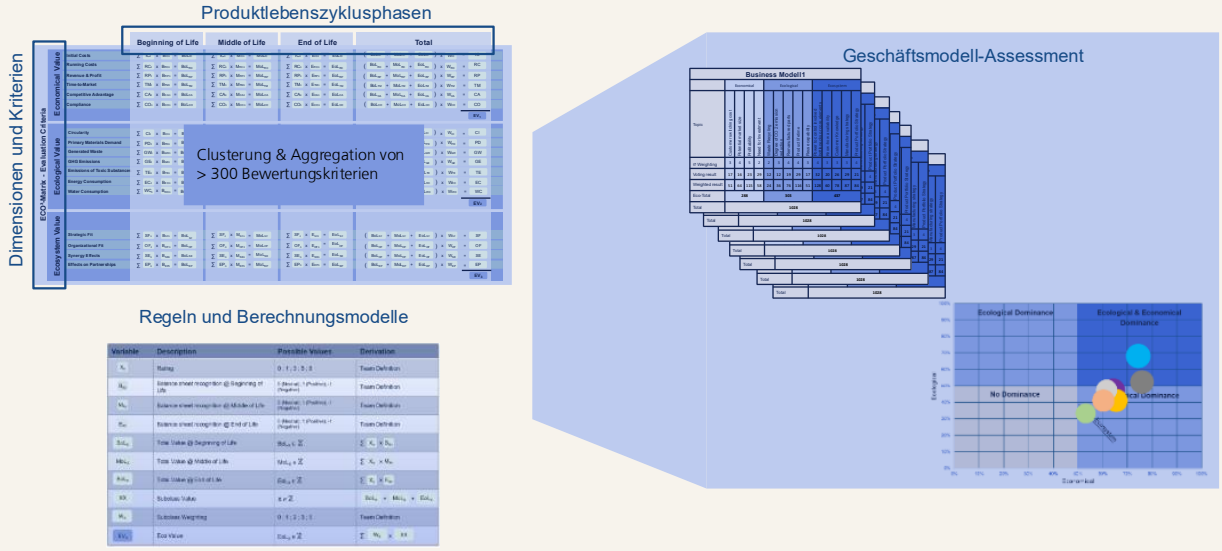

Abbildung 19: Grundprinzip des ECO³-Circular Business Pilot

Die Bewertung erfolgt auf Basis ausgewählter Kriterien der drei Dimensionen ECOnomic, ECOlogical und ECOsystem und kann bei Bedarf entlang des Produktlebenszyklus differenziert werden.

Grundlage der Bewertung ist ein strukturierter Kriterienkatalog, der die drei Bewertungsdimensionen umfasst und die Vielfalt möglicher Einflussfaktoren systematisch ordnet. Der Katalog wurde aus bestehenden Ansätzen zur Geschäftsmodell- und Produkt-Service-System-Bewertung weiterentwickelt und gezielt um Nachhaltigkeits- und Ökosystemaspekte ergänzt. Zur inhaltlichen Strukturierung ist der Kriterienkatalog in insgesamt 17 Cluster gegliedert. Davon entfallen sechs Cluster auf die ökonomische Dimension, sieben Cluster auf die ökologische Dimension und vier Cluster auf die Ökosystem-Dimension. Nicht jedes Kriterium ist für jede Geschäftsidee gleichermaßen relevant. Deshalb erfolgt zunächst eine Auswahl derjenigen Kriterien, die die erwarteten Wirkmechanismen, Nutzenpotenziale und Umsetzungsanforderungen einer konkreten Idee am besten beschreiben. Auf diese Weise kann die Bewertung flexibel an unterschiedliche Unternehmensstrategien, Geschäftsmodelle und Reifegrade angepasst werden. Die Bewertung kann grundsätzlich für Produkte, Services oder vollständige Geschäftsmodelle durchgeführt werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Phasen des Produktlebenszyklus zu berücksichtigen. Je nach Fragestellung können Kriterien getrennt für die Phasen Beginning of Life, Middle of Life und End of Life betrachtet werden.

Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn wirtschaftliche oder ökologische Wirkungen über den Lebenszyklus hinweg deutlich variieren. In frühen Entwicklungsphasen oder bei begrenzter Datenverfügbarkeit kann die Bewertung jedoch auch auf einer aggregierten Ebene erfolgen. Nach der Auswahl der relevanten Kriterien erfolgt die eigentliche Bewertung. Hierfür wird eine ordinale Skala mit den Werten 0, 1, 3, 5 und 8

verwendet. Die Skala orientiert sich an der Fibonacci-Folge und ist bewusst nicht äquidistant aufgebaut. Während lineare Skalen Unterschiede zwischen den Bewertungsstufen als gleich groß behandeln, ermöglicht die gewählte Skalierung eine stärkere Differenzierung im oberen Leistungsbereich. Dadurch werden besonders hohe Beiträge einer Geschäftsidee deutlicher sichtbar. Für die Interpretation der Skalenwerte bietet sich folgende Skalierung an. Die Bewertung ergänzend wird jedes Kriterium gewichtet. Die Gewichtung berücksichtigt, dass einzelne Kriterien abhängig von Unternehmensstrategie, Marktumfeld oder Anwendungsfall unterschiedlich relevant sein können und sich – wie in der unteren Tabelle, rechte Spalte abgebildet – differenziert gewichten lassen. Die Gewichtung beschreibt somit nicht die Stärke eines Effekts, sondern die Bedeutung eines Kriteriums für die konkrete Entscheidungssituation.

Tabelle 1: Bewertungsskala und Gewichtungsstufen des ECO³-Circular Business Pilot

Die Skalenwerte können wie folgt interpretiert werden:	Zur Gewichtung der Kriterien kann eine dreistufige Skala verwendet werden:
0 = kein Beitrag zur betrachteten Zielgröße	1 = ergänzende Relevanz
1 = geringer Beitrag	2 = mittlere Relevanz
3 = mittlerer Beitrag	3 = hohe Relevanz
5 = hoher Beitrag	
8 = sehr hoher Beitrag	

Die Bewertung erfolgt auf einer ordinalen Skala von 0 bis 8. Ergänzend werden die Kriterien entsprechend ihrer Relevanz mit den Gewichtungsstufen 1 bis 3 gewichtet.

Bewertungslogik des ECO³-Circular Business Pilot

Variable	Description	Possible Values	Derivation
X_n	KPI Rating	0 ; 1 ; 3 ; 5 ; 8	Team Definition
W_n	KPI weighting	1 = low relevance; 2 = medium relevance; 3 = high relevance	Team Definition
V_n	Weighted KPI Value	0 … 24	X_n x W_n
n_d	Number of selected KPIs within dimension d	$n_d \in \mathbb{N}$	KPI selection
Max_d	Maximum possible dimension score	V_n x n_d	X_{max} x W_{max} x n_d
EV_{econ}	Economic Value	$EV_1 \in [0, 100]$	$\frac{\Sigma V_{econ}}{Max_{econ}} \cdot 100$
EV_{ecol}	Ecological Value	$EV_2 \in [0, 100]$	$\frac{\Sigma V_{ecol}}{Max_{econ}} \cdot 100$
EV_{ecos}	Ecosystem Value	$EV_3 \in [0, 100]$	$\frac{\Sigma V_{ecos}}{Max_{econ}} \cdot 100$

Abbildung 20: Bewertungslogik des ECO³-Circular Business Pilot

Aus Bewertung, Gewichtung und ausgewählten KPIs werden normierte Dimensionswerte für ECOnomic, ECOlogical und ECOsystem gebildet.

Die Abbildung stellt die einzelnen Schritte der Methode dar. Sie zeigt die Auswahl relevanter KPIs, deren Bewertung und Gewichtung sowie die Berechnung normierter Dimensionswerte. Gleichzeitig verdeutlicht sie die Verbindung zwischen Einzelbewertungen und der späteren Portfolio-Darstellung. Aus Bewertung und Gewichtung wird anschließend für jedes Kriterium ein gewichteter KPI-Wert gebildet. Die gewichteten KPI-Werte einer Dimension werden aufsummiert und ergeben den jeweiligen Dimensionswert für ECOnomic, ECOlogical beziehungsweise ECOsystem. Da die Anzahl der betrachteten Kriterien je nach Anwendungsfall variieren kann, werden die Ergebnisse anschließend normiert. Die Normierung erfolgt gegenüber dem theoretisch maximal erreichbaren Dimensionswert. Dieser ergibt sich aus der Anzahl der berücksichtigten Kriterien multipliziert mit dem maximalen Bewertungswert von 8 und der maximalen Gewichtung von 3. Durch die Normierung entstehen vergleichbare Dimensionswerte, die eine Gegenüberstellung unterschiedlicher Geschäftsideen ermöglichen. Die Ergebnisse können anschließend grafisch dargestellt werden. Beispielsweise kann die wirtschaftliche Dimension auf der X-Achse und die ökologische Dimension auf der Y-Achse abgetragen werden, während die Ecosystem-Dimension über die Größe eines Kreises visualisiert wird. Dadurch entsteht eine kompakte Darstellung, die sowohl Stärken einzelner Lösungsansätze als auch potenzielle Zielkonflikte sichtbar macht.

5.3.1 Beispielhafte Anwendung im Reallabor Antrieb 4.0

Zur exemplarischen Anwendung des ECO³-Circular Business Pilot wurden im Projekt Antrieb 4.0 zwei datengetriebene Mehrwertservices betrachtet: der Wartungsassistent sowie die energieeffiziente Antriebskonfiguration.



Abbildung 21: KPI-Bewertung und Gewichtung des Wartungsassistenten

Ausgewählte KPIs der drei Bewertungsdimensionen und ihre Bewertung im Beispielservice Wartungsassistent.

Die Abbildung zeigt die für den Service ausgewählten Kriterien sowie deren Bewertung und Gewichtung. Sichtbar wird insbesondere die hohe Bedeutung von Wissensmanagement, Dokumentation und Partnerintegration innerhalb der Ecosystem-Dimension. Die Bewertung des Wartungsassistenten zeigt, dass dieser seine größten Potenziale insbesondere in der Ecosystem-Dimension entfaltet. Ursache hierfür sind vor allem die hohe Bedeutung von Wissensverfügbarkeit, strukturierter Dokumentation, Partnerintegration und standardisierten Informationsflüssen. Der Service unterstützt die Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure entlang des Lebenszyklus und kann dazu beitragen, vorhandenes Wissen besser verfügbar und nutzbar zu machen. Die wirtschaftliche Dimension fällt positiv, jedoch moderat aus. Die ökologische Wirkung ist vergleichsweise geringer ausgeprägt, da ökologische Effekte vor allem indirekt über verbesserte Wartungsprozesse, reduzierte Ausfallzeiten und eine längere Nutzungsdauer entstehen.

KPI-Bewertung und Gewichtung der energieeffizienten Antriebskonfiguration

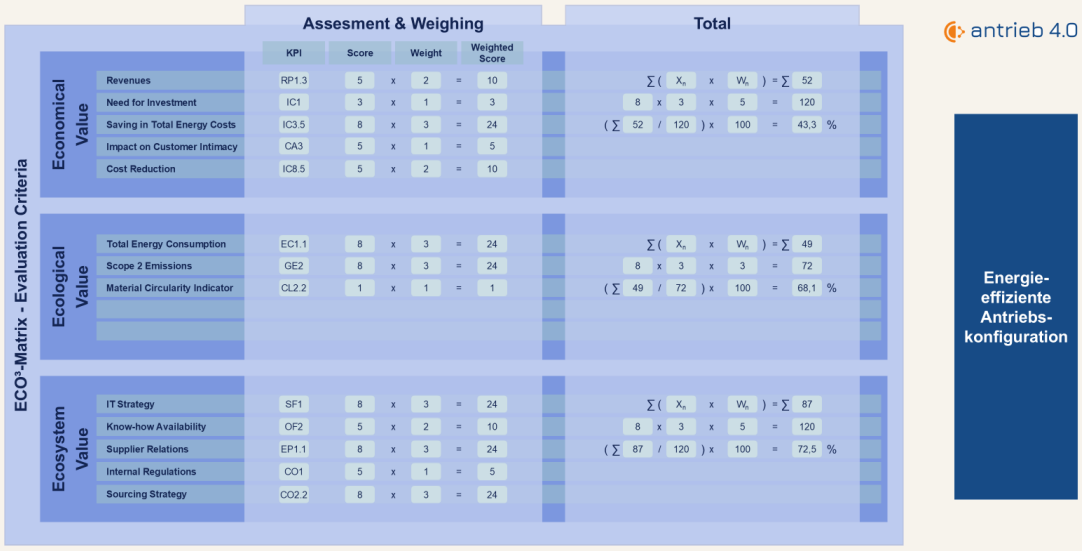

Abbildung 22: KPI-Bewertung und Gewichtung der energieeffizienten Antriebskonfiguration

Ausgewählte KPIs der drei Bewertungsdimensionen und ihre Bewertung im Beispielservice energieeffiziente Antriebskonfiguration.

Die Darstellung verdeutlicht die besonders hohe Ausprägung ökologischer Kriterien. Gleichzeitig wird sichtbar, dass die Umsetzung auf Interoperabilität, Datenverfügbarkeit und Kooperation unterschiedlicher Akteure angewiesen ist.

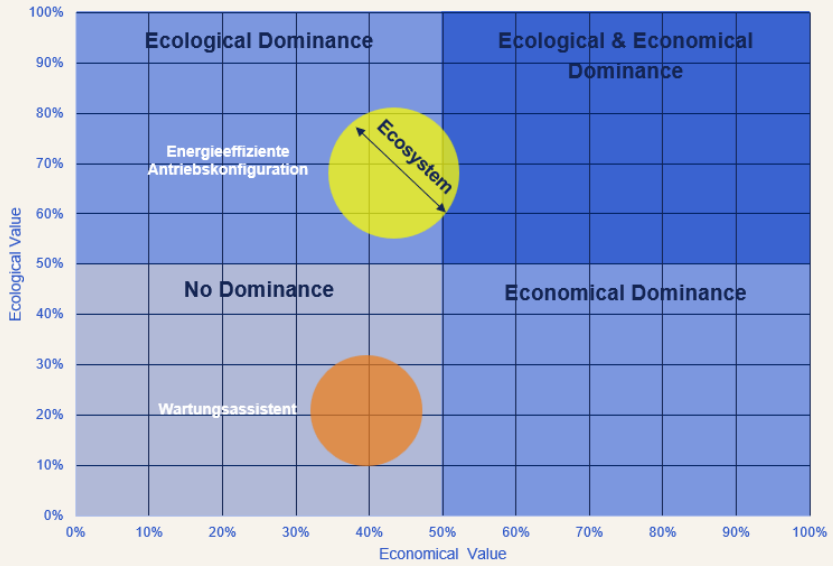

Abbildung 23: Vergleichende Portfolio-Darstellung der bewerteten Mehrwertservices

Normierte Ergebnisse der beiden Beispielservices in den Dimensionen ECOnomic, ECOlogical und ECOsystem.

Die X-Achse repräsentiert die wirtschaftliche Dimension, die Y-Achse die ökologische Dimension. Die Größe der Kreise visualisiert den Beitrag zur Ecosystem-Dimension. Dadurch lassen sich unterschiedliche Stärken und Schwerpunkte der betrachteten Services unmittelbar erkennen. Der Vergleich der beiden Anwendungsfälle verdeutlicht den Nutzen des ECO³-Circular Business Pilot. Während der Wartungsassistent insbesondere organisatorische und kollaborative Potenziale adressiert, stehen bei der energieeffizienten

Antriebskonfiguration die ökologischen Wirkungen im Vordergrund. Die Methode macht damit sichtbar, dass unterschiedliche Geschäftsideen sehr unterschiedliche Stärken besitzen können. Anstatt lediglich eine Rangfolge zu erzeugen, unterstützt der ECO³-Circular Business Pilot dabei, die spezifischen Profile einzelner Lösungsansätze transparent darzustellen und fundierte strategische Entscheidungen zu ermöglichen. Entscheidungen werden dadurch nicht nur nachvollziehbarer, sondern auch stärker an den tatsächlichen Zielsetzungen eines Unternehmens oder eines Wertschöpfungsnetzwerks ausgerichtet.

5.4 Erkenntnisse aus der Anwendung

Die Anwendung des ECO³-Circular Business Pilot im Projekt Antrieb 4.0 zeigt, dass die Bewertung möglicher Geschäftsideen und Services nicht erst nachgelagert erfolgen sollte. Bereits in frühen Entwicklungsphasen ermöglicht eine strukturierte Bewertung den systematischen Vergleich von Handlungsoptionen und unterstützt fundierte Entscheidungen. Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 zeigen, dass der ECO³-Circular Business Pilot insbesondere dabei unterstützt:

- Chancen und Potenziale frühzeitig sichtbar machen
- Zielkonflikte transparent erkennen
- Unterschiedliche Perspektiven systematisch berücksichtigen
- Entscheidungen nachvollziehbar begründen
- Ressourcen gezielt auf vielversprechende Optionen fokussieren
- Strategische Prioritäten transparent machen

Die Beispielanwendung verdeutlicht zudem, dass unterschiedliche Lösungsansätze verschiedene Wirkungsprofile aufweisen. Während der Wartungsassistent vor allem organisatorische und kollaborative Potenziale im Ökosystem adressiert, erzielt die energieeffiziente Antriebskonfiguration ihre größten Effekte bei Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit. Beide Lösungen bieten somit einen erkennbaren Mehrwert, jedoch aus unterschiedlichen Perspektiven. Der besondere Nutzen des ECO³-Circular Business Pilot liegt daher weniger in einer einfachen Rangfolge als in der transparenten Darstellung von Stärken, Schwächen und Entwicklungspotenzialen. Die Methode unterstützt Unternehmen dabei, Entscheidungen nachvollziehbar zu begründen und unterschiedliche Sichtweisen innerhalb von Teams, Organisationen und Wertschöpfungsnetzwerken zusammenzuführen.

> Technische Machbarkeit entscheidet darüber, ob etwas möglich ist. Wirtschaftliche, ökologische und organisatorische Faktoren entscheiden darüber, ob es sinnvoll und dauerhaft erfolgreich umgesetzt werden kann.

5.5 Was wir gelernt haben

Die Erfahrungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0 zeigen, dass die Entwicklung neuer datengetriebener Produkte, Services und Geschäftsmodelle weit mehr als technische Innovationsfähigkeit erfordert. Erfolgreiche Lösungen entstehen dort, wo wirtschaftlicher Nutzen, ökologische Wirkung und organisatorische Umsetzbarkeit gemeinsam betrachtet werden. In vielen Projekten werden Entscheidungen noch immer überwiegend anhand technischer oder wirtschaftlicher Kriterien getroffen. Die Anwendung des ECO³-Circular Business Pilot verdeutlicht jedoch, dass für langfristig tragfähige Lösungen zusätzliche Perspektiven erforderlich sind. Besonders Nachhaltigkeitsanforderungen, regulatorische Entwicklungen und die zunehmende Bedeutung digitaler Wertschöpfungsnetzwerke machen eine ganzheitliche Bewertung notwendig.

Eine zentrale Erkenntnis ist, dass die Qualität einer Entscheidung nicht zwangsläufig von der Menge verfügbarer Informationen abhängt. Entscheidend ist vielmehr, relevante Bewertungskriterien systematisch sichtbar zu machen und in einen gemeinsamen Entscheidungsprozess zu integrieren. Der strukturierte Bewertungsansatz unterstützt dabei, implizite Annahmen offenzulegen und unterschiedliche Interessen transparent zu diskutieren. Der ECO³-Circular Business Pilot schafft eine nachvollziehbare Grundlage, um Alternativen zu vergleichen, Prioritäten festzulegen und Entwicklungsrichtungen zu identifizieren. Gerade in frühen Innovationsphasen kann dies helfen, Ressourcen gezielter einzusetzen und vielversprechende Optionen schneller zu erkennen.

5.5.1 Reflexion und Weiterentwicklung

Die Erfahrungen aus dem Reallabor zeigen, dass Bewertungsinstrumente ihren größten Nutzen entfalten, wenn sie nicht erst am Ende eines Entwicklungsprozesses eingesetzt werden. Viele Fragestellungen zu Nutzen, Umsetzbarkeit, Verantwortlichkeiten oder erwarteten Wirkungen entstehen bereits während der Ideenfindung und Konzeptentwicklung. Für die Weiterentwicklung des ECO³-Circular Business Pilot erscheint insbesondere die stärkere Integration in bestehende Innovations- und Geschäftsmodellentwicklungsprozesse sinnvoll. Die Bewertung sollte weniger als abschließende Kontrolle verstanden werden, sondern vielmehr als kontinuierliche Unterstützung gemeinsamer Entscheidungsprozesse.

Darüber hinaus eröffnet die zunehmende Verfügbarkeit von Produkt-, Betriebs- und Lebenszyklusdaten neue Möglichkeiten für eine datenbasierte Bewertung. Zukünftige Anwendungen könnten stärker automatisierte Bewertungsverfahren nutzen und die Ableitung relevanter Kennzahlen erleichtern. Gleichzeitig gewinnen regulatorische Anforderungen, beispielsweise im Umfeld des Digitalen Produktpasses, an Bedeutung. Dadurch steigt die Relevanz von Methoden, die wirtschaftliche, ökologische und organisatorische Wirkungen gemeinsam sichtbar machen.

5.5.2 Einordnung und Transferpotenzial

Die Herausforderungen bei der Bewertung datengetriebener und nachhaltigkeitsorientierter Geschäftsmodelle treten in vielen Branchen und Wertschöpfungsnetzwerken auf. Der ECO³-Circular Business Pilot bietet hierfür einen flexibel anpassbaren Bewertungsrahmen, der wirtschaftliche, ökologische und organisatorische Perspektiven integriert. Die Methode eignet sich sowohl für einzelne Produkt- und Serviceideen als auch für die Bewertung von Geschäftsmodellen, Innovationsvorhaben oder Portfolios. Gerade in zunehmend vernetzten und datengetriebenen Wertschöpfungssystemen unterstützt sie fundierte und nachvollziehbare Innovationsentscheidungen.

6. Vom Nutzen zur Umsetzung – Erfahrungsbericht

Digitale Technologien, Datenräume, Künstliche Intelligenz und neue regulatorische Anforderungen verändern die Rahmenbedingungen industrieller Wertschöpfung mit hoher Dynamik. Für Unternehmen stellt sich deshalb zunehmend nicht mehr die Frage, ob diese Entwicklungen relevant werden, sondern wie sie für die eigene Wettbewerbsfähigkeit genutzt und in konkrete Anwendungen übersetzt werden können. Technologien, Standards und digitale Infrastrukturen eröffnen neue Möglichkeiten, Informationen über Unternehmens- und Organisationsgrenzen hinweg nutzbar zu machen. Gleichzeitig zeigt die Praxis, dass technische Verfügbarkeit allein noch keine neuen Geschäftsmodelle, Services oder Wertschöpfungsbeziehungen hervorbringt. Entscheidend ist, ob aus technischen Möglichkeiten ein nachvollziehbarer Mehrwert für Unternehmen, Kunden und Partner entstehen kann. Genau dieser Frage widmete sich das Reallabor Antrieb 4.0.

6.1 Ausgangspunkt des Reallabors

Das Reallabor Antrieb 4.0 wurde von Beginn an mit dem Anspruch konzipiert, technische, wirtschaftliche und organisatorische Fragestellungen gemeinsam zu betrachten. Im Mittelpunkt stand nicht nur die Frage, ob interoperable Lösungen technisch realisierbar sind, sondern ebenso, welchen konkreten Mehrwert sie für die beteiligten Unternehmen schaffen können. Die industrielle Antriebstechnik bildet ein komplexes Wertschöpfungsnetzwerk aus Komponentenherstellern, Maschinen- und Anlagenbauern, Serviceanbietern, Betreibern und Instandhaltern. Neue Formen datengetriebener Wertschöpfung entstehen in einem solchen Umfeld selten isoliert innerhalb einzelner Unternehmen. Sie entwickeln sich dort, wo unterschiedliche Akteure ihre Kompetenzen, Erfahrungen und Informationen miteinander verbinden und daraus neue Leistungen oder Wertangebote entstehen. Deshalb wurden im Projekt technische Architekturen, Datenmodelle, Verwaltungsschalen und Datenraumtechnologien nicht nur konzeptionell betrachtet, sondern unter realen Bedingungen entwickelt, implementiert und erprobt.

6.1.1 Was wir gelernt haben

Im Projektverlauf wurde deutlich, dass die Identifikation relevanter Mehrwerte häufig anspruchsvoller ist als die technische Umsetzung selbst. Technologische Möglichkeiten lassen sich beschreiben, entwickeln und demonstrieren. Schwieriger ist die gemeinsame Verständigung darüber, welcher Nutzen für unterschiedliche Akteure entsteht und welche Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung geschaffen werden müssen. Die Suche nach dem Nutzen erwies sich deshalb nicht als nachgelagerter Schritt, sondern als zentraler Bestandteil des Innovationsprozesses. Erfolgreiche datengetriebene Wertschöpfung beginnt nicht mit Technologie, sondern mit der Verständigung darüber, welches Problem gelöst werden soll, für wen ein Mehrwert entsteht und warum sich die gemeinsame Investition von Ressourcen lohnt.

6.1.2 Warum sind diese Werkzeuge entstanden

Die in dieser Toolbox vorgestellten Werkzeuge bieten Orientierung für Unternehmen, die Potenziale erkennen, Wertangebote entwickeln und Handlungsoptionen fundiert bewerten möchten. Sie greifen bestehende Konzepte auf, die im Projekt weiterentwickelt, angepasst und auf die Anforderungen datengetriebener Wertschöpfung zugeschnitten wurden. Ziel ist nicht, einen festen Transformationspfad oder allgemeingültige Lösungen vorzugeben. Vielmehr unterstützen die Werkzeuge dabei, zentrale Fragestellungen systematisch zu bearbeiten und Handlungsoptionen sichtbar zu machen. Das Use Case Roadmapping hilft, Potenziale und Anwendungsfälle zu identifizieren und zu priorisieren. Die Business Model Building Blocks strukturieren Wertangebote, Rollen und Wertschöpfungsbeziehungen. Der ECO³-Circular Business Pilot bewertet Optionen unter wirtschaftlichen, ökologischen und organisatorischen Gesichtspunkten. Gemeinsam bilden die drei Werkzeuge keinen starren Prozess, sondern einen Orientierungsrahmen für nachvollziehbare Entscheidungen.

6.2 Datenräume als Mittel zum Zweck

Eine weitere zentrale Erfahrung aus Antrieb 4.0 betrifft die Rolle von Datenräumen und digitalen Infrastrukturen. Im öffentlichen Diskurs werden Datenräume häufig als technologische Innovation beschrieben. Die Erfahrungen aus dem Reallabor zeigen jedoch, dass ihr eigentlicher Wert an anderer Stelle liegt. Datenräume sind kein Selbstzweck. Sie schaffen Transparenz über Produkte, Komponenten, Prozesse und Lebenszyklen. Erst diese Transparenz ermöglicht datengetriebene Services, neue Wertangebote und langfristig neue Formen der Wertschöpfung. Besonders deutlich wurde dies bei den im Projekt entwickelten und erprobten Anwendungsfällen. Energieeffizienz, Zustandsüberwachung, Asset Management oder vorausschauende Wartung beruhen nicht primär auf dem Austausch von Daten. Ihr Nutzen entsteht dadurch, dass Informationen dort verfügbar werden, wo sie bislang nicht oder nur mit erheblichem Aufwand genutzt werden konnten. Ähnliche Zusammenhänge zeigen sich bei regulatorischen Anforderungen wie dem Digitalen Produktpass, bei Manufacturing-X-Initiativen oder beim Einsatz industrieller KI. Auch hier entsteht der eigentliche Mehrwert nicht durch die technische Infrastruktur selbst, sondern durch die Möglichkeiten, Informationen sicher, souverän und kontextbezogen nutzbar zu machen.

6.3 Ausblick

Die Transformation industrieller Wertschöpfung ist kein Zustand, der erreicht und anschließend abgeschlossen werden kann. Sie ist ein fortlaufender Prozess des Lernens, Erprobens und Weiterentwickelns. Neue Technologien, veränderte Kundenanforderungen, regulatorische Entwicklungen und datengetriebene Geschäftsmodelle werden Unternehmen auch künftig vor neue Aufgaben stellen. Die in dieser Toolbox vorgestellten Werkzeuge verstehen sich deshalb nicht als Blaupause für alle Unternehmen und Situationen. Sie bieten vielmehr Orientierung für Unternehmen, die Potenziale erkennen, Wertangebote entwickeln und unterschiedliche Optionen fundiert bewerten möchten. Die Erfahrungen aus Antrieb 4.0 zeigen dabei, dass viele Wege mit denselben grundlegenden Fragen beginnen: Welcher Mehrwert soll entstehen? Für wen entsteht dieser Mehrwert? Und welche Beiträge müssen unterschiedliche Akteure leisten, damit daraus tragfähige Wertschöpfung entsteht? Die vorliegende Toolbox versteht sich als Einladung, diese Fragen systematisch zu bearbeiten und eigene Antworten darauf zu entwickeln. Oder pragmatischer formuliert: Die Technologien stehen bereit. Die Werkzeuge ebenfalls. Jetzt beginnt die eigentliche Aufgabe – herauszufinden, welche Möglichkeiten für das eigene Unternehmen sinnvoll sind und wie daraus konkrete Wertschöpfung entstehen kann.

Lernen bedeutet auch, Irrtümer sichtbar zu machen

Die Erfahrungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0 waren nicht ausschließlich Erfolgsgeschichten. Manche Ideen wurden verworfen. Andere erwiesen sich als technisch interessant, ohne unter den gegebenen Bedingungen wirtschaftlich tragfähig zu sein. Wieder andere scheiterten an fehlenden Ressourcen, ungeklärten Verantwortlichkeiten oder berechtigten Anforderungen an Sicherheit und Datensouveränität. Gerade diese Erfahrungen erwiesen sich jedoch als besonders wertvoll. Sie machten sichtbar, dass Nutzen nicht selbstverständlich entsteht, dass unterschiedliche Akteure unterschiedliche Interessen verfolgen und dass erfolgreiche Zusammenarbeit Zeit, Abstimmung und gegenseitiges Verständnis erfordert. Innovation bedeutet deshalb nicht nur, neue Lösungen zu entwickeln. Innovation bedeutet auch, Annahmen kritisch zu hinterfragen, Alternativen bewusst zu verwerfen und aus Fehleinschätzungen zu lernen. Vielleicht gehört genau dies zu den wichtigsten Erkenntnissen eines Reallabors: Nicht das Vermeiden von Irrtümern entscheidet über den Erfolg, sondern die Fähigkeit, aus ihnen gemeinsam zu lernen und daraus tragfähigere Entscheidungen abzuleiten.

Weiterführende Literatur

Antrieb 4.0 (2026a): *Antrieb für datengetriebene Wertschöpfung – Geschäftsmodelle, Mehrwertservices und Handlungsempfehlungen aus dem Reallabor Antrieb 4.0.*

Antrieb 4.0 (2026b): *Vom Maschinenraum in den Datenraum – Eine Machbarkeits- und Umsetzungsstudie zu Architektur und Implementierungen interoperabler Antriebssysteme in einem föderierten Datenökosystem.*

Bocken, N.M.P., Short, S.W., Rana, P. & Evans, S. (2014): *A Literature and Practice Review to Develop Sustainable Business Model Archetypes*. Journal of Cleaner Production, 65, S. 42–56.

Dietrich, Katrin; Schmidt, Lara; Bühler, Lydia; Hamper, Andreas; Geis, Christian; Najib, Imane (2025): *Smart Circular Economy in der Fluidtechnikbranche;* Frankfurt am Main: VDMA / Fluid 4.0.

Factory-X Consortium (2024): *Factory-X Whitepaper – Datenräume und digitale Wertschöpfungsnetzwerke für die Industrie*. Berlin: Factory-X Konsortium.

Gassmann, O., Frankenberger, K. & Csik, M. (2021): *Geschäftsmodelle entwickeln: 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator*. München: Hanser.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P. & Hultink, E.J. (2017): *The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm?* Journal of Cleaner Production, 143, S. 757–768.

Osterwalder, A. & Pigneur, Y. (2010): *Business Model Generation*. Hoboken, NJ: Wiley.

Phaal, R., Farrukh, C.J.P. & Probert, D.R. (2004): *Technology Roadmapping – A Planning Framework for Evolution and Revolution*. Technological Forecasting and Social Change, 71(1–2), S. 5–26.

von Elling, M.; Berchtenbreiter, V.; Braun, J.; Fehn, P.; Seifert, D.; Weber, B.; Weigold, M. (2026): *Interoperabilitäts- und Komplexitätskosten von Digital-Product-Passport-Systemen. Studie und Szenarioanalyse.* Technische Universität Darmstadt, Forschungsprojekt Antrieb 4.0. DOI: 10.26083/tuda-8054.

AutorInnen und Mitwirkende

Lara Klöhn, Fraunhofer IIS

Tomás López Mendez, Fraunhofer IIS

Dr. Falk Eckert, ZVEI

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