

Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Verbundprojekt:

IntWertL – Intelligente Wertschöpfungsnetz- werke für Leichtbaufahrzeuge gerin- ger Stückzahl

Allgemeiner Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:	Förderkennzeichen 19S22003
Vorhabenbeschreibung: Verbundprojekt: IntWertL – Intelligente Wertschöpfungsnetzwerke für Leichtbau- fahrzeuge geringer Stückzahl;	
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2022 bis 28.02.2026	
Berichtszeitraum: 01.09.2022 bis 28.02.2026	

I. Dokumenteneigenschaften

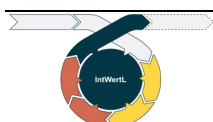
Autoren			
#	Vorname	Nachname	E-Mail-Adresse
	Ina	Leitner	ina.leitner@capgemini.com
	Isabell	Wellman	wellmann@bwcon.de
	John	Geiger	John-David.Geiger@gft.com
	Michael	Utz	Utz@primeparts.de
	Oliver	Deißer	oliver.deisser@dlr.de
	Sergej	Kaiser	Skaiser@3rs.de
	Svenja	Hauck	svenja.hauck@kit.edu
	Thomas	Schüle	schuele@bwcon.de
	Vladimir	Jelschow	vladimir.jelschow@ipa.fraunhofer.de

Geprüft

Datum	Vorname	Nachname
20.05.2026	Oliver	Deißer

Freigabe

Datum	Vorname	Nachname
24.05.2026	Isabell	Wellmann
16.06.2026	Jürgen	Jähnert
29.06.2026	Isabell	Wellmann



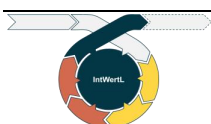
II. Kurzfassung

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt IntWertL verfolgte das Ziel, ein digitales, dezentrales Ökosystem für die Entwicklung und Produktion von Leichtbaufahrzeugen geringer Stückzahl zu konzipieren und prototypisch umzusetzen. Ausgangspunkt bildeten drei zentrale Leitgedanken: die Förderung nachhaltiger urbaner Mobilität durch kundenindividuelle Leichtfahrzeuge, die Etablierung neuer Ansätze für die Entwicklung und Produktion von Kleinserien sowie die aktive Gestaltung des strukturellen Wandels der Automobilzuliefererindustrie. Vor diesem Hintergrund zielte das Projekt insbesondere darauf ab, eine durchgängige digitale Plattform für Engineering- und Produktionsprozesse zu entwickeln, diese anhand konkreter Fahrzeugkonzepte zu validieren und perspektivisch die Grundlage für neue Wertschöpfungsstrukturen und Geschäftsmodelle im industriellen Mittelstand zu schaffen.

Die in den frühen Projektphasen durchgeführten Arbeitspakete legten die konzeptionellen und methodischen Grundlagen für die Entwicklung dieses Plattformansatzes. Im Zentrum standen dabei die systematische Analyse der Anforderungen aus Sicht der beteiligten Akteure, die Entwicklung eines durchgängigen Prozessverständnisses entlang der Produktentstehung sowie die Ableitung einer modularen, skalierbaren Architektur für die angestrebte Plattform. Insbesondere die detaillierte Ausarbeitung der Engineering- und Produktionsprozesse sowie deren Überführung in strukturierte Daten- und Prozessmodelle bildeten eine wesentliche Voraussetzung für die spätere digitale Abbildung. Parallel dazu wurden die Grundlagen für die Entwicklung von Leichtbaufahrzeugkonzepten erarbeitet, die als Use Cases zur Validierung des Plattformansatzes dienen sollten. Diese Arbeiten trugen maßgeblich dazu bei, ein konsistentes Zielbild eines integrierten, unternehmensübergreifenden Entwicklungs- und Produktionsnetzwerks zu etablieren und die technologischen Zielsetzungen des Projekts zu konkretisieren.

Aufbauend auf diesen Grundlagen erfolgte in den nachgelagerten Arbeitspaketen die schrittweise Entwicklung zentraler Plattformmodule. Hierzu zählten insbesondere Funktionalitäten für das Anforderungs- und Konfigurationsmanagement, die strukturierte Projektanlage, die Abbildung von Engineering-Prozessen sowie die Unterstützung von Beschaffungs- und Produktionsabläufen. Ein besonderer Fokus lag auf der Sicherstellung durchgängiger Datenketten und der Verknüpfung der einzelnen Prozessschritte zu einem End-to-End-Prozess. In diesem Zusammenhang wurden auch erste Integrationsansätze in übergeordnete Datenökosysteme entwickelt. Hervorzuheben ist dabei die Berücksichtigung des Catena-X-Datenraums, der im Projektverlauf als relevanter Referenzrahmen für Dateninteroperabilität identifiziert und konzeptionell in die Plattformarchitektur integriert wurde. Diese Entwicklung geht über den ursprünglichen Projektumfang hinaus und stellt einen wesentlichen Beitrag zur Anschlussfähigkeit an aktuelle industriepolitische Initiativen dar.

Die Umsetzung der Plattform erfolgte prototypisch und erreichte den Stand von funktionsfähigen Demonstratoren für ausgewählte Kernfunktionalitäten. Damit konnte das technologische Ziel der Implementierung eines Plattformprototyps grundsätzlich erreicht werden, wenngleich die Plattform nicht als vollständig ausgereiftes Produkt für den direkten kommerziellen Einsatz vorliegt. Insbesondere wurden zentrale Module wie die Webregistrierung, die Basis- und Produktionsplattform und die Unterauftragssteuerung, realisiert und in ihrer Funktionsweise nachgewiesen, während andere Komponenten wie der Konfigurator konzeptionell ausgearbeitet wurden. Die angestrebte durchgängige Abbildung aller Prozessschritte konnte in wesentlichen Teilen demonstriert werden, verbleibt jedoch in einzelnen Bereichen auf einem konzeptionellen oder prototypischen Niveau. Entsprechend wurde eine Erhöhung des technologischen Reifegrades (TRL) erreicht.



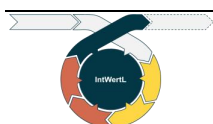
Die Validierung des Plattformansatzes erfolgte entlang von drei Use Cases aus dem Bereich kommunaler und gewerblicher Fahrzeuganwendungen. Diese Use Cases dienten dazu, die entwickelten Konzepte und Funktionen anhand konkreter Produktentstehungsprozesse zu erproben und die Zusammenarbeit innerhalb eines verteilten Netzwerks von Entwicklungspartnern und Produktionsdienstleistern zu simulieren. Aufgrund des erreichten Entwicklungsstands der Plattform konnten die Use Cases jedoch nur teilweise innerhalb der Plattformumgebung umgesetzt werden. Dennoch lieferten sie wesentliche Erkenntnisse zur Ausgestaltung von Schnittstellen, Prozessen und Rollenmodellen sowie zur praktischen Umsetzbarkeit dezentraler Entwicklungs- und Produktionsnetzwerke. Die technologische Zielsetzung einer vollständigen Validierung konnte somit teilweise erreicht werden, während insbesondere die konzeptionellen Grundlagen und die praktische Erprobung einzelner Prozessschritte erfolgreich realisiert wurden.

Ein weiterer Schwerpunkt des Projekts lag auf der Konzeption von Mechanismen zur Integration weiterer Industriepartner. Hierzu wurden strukturierte Onboarding-Prozesse, Rollen- und Rechtemodelle sowie Ansätze für das Partnermanagement entwickelt. Diese wurden im Rahmen von Workshops, Veranstaltungen und Experteninterviews mit potenziellen Anwendern und Stakeholdern validiert. Eine operative Umsetzung und Skalierung der Partnerintegration innerhalb der Projektlaufzeit erfolgten jedoch nicht. Die entsprechenden Zielsetzungen wurden somit auf konzeptioneller Ebene erreicht und hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit überprüft, bilden damit die Grundlage für eine zukünftige Weiterentwicklung im Rahmen einer möglichen Versteigerung der Plattform.

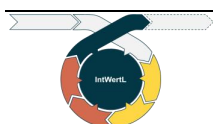
Neben den technologischen Zielsetzungen adressierte das Projekt in erheblichem Umfang nicht-technologische Ziele. Durch die Entwicklung eines offenen, dezentralen Plattformkonzepts wurden neue Ansätze für Geschäfts- und Betreibermodelle erarbeitet, die insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen den Zugang zu komplexen Entwicklungs- und Produktionsnetzwerken erleichtern sollen. Diese Modelle wurden konzeptionell ausgearbeitet und durch Rückkopplung mit möglichen Anwendern validiert. Die Ergebnisse zeigen das Potenzial auf, die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen zu stärken und neue Formen der Kleinserienmobilität zu ermöglichen.

Im Hinblick auf die gesellschaftspolitischen Zielsetzungen leistete das Projekt insbesondere Beiträge zur Stärkung der digitalen Interoperabilität und zur konzeptionellen Souveränität kleiner und mittlerer Unternehmen innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken. Durch die Orientierung an offenen Datenstrukturen und die Anbindung an bestehende Initiativen wurde ein Rahmen geschaffen, der die gleichberechtigte Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure unterstützt. Ergänzend dazu wurde mit den entwickelten Leichtbaufahrzeugkonzepten und den durchgeführten ökologischen Bewertungen ein Beitrag zur Förderung nachhaltiger Mobilität geleistet. Die im Projekt entwickelten Life-Cycle-Assessment-Ansätze ermöglichen eine fundierte Bewertung ökologischer Wirkungen und zeigen die Potenziale von Leichtbaukonzepten zur Reduktion von Umweltwirkungen auf.

Die Erreichung der Projektziele wurde über definierte Meilensteine, eine kontinuierliche Überwachung des Projektfortschritts sowie die enge Einbindung der Projektpartner sichergestellt. Wesentliche Zwischenergebnisse, wie die Demonstration eines funktionsfähigen Plattformprototyps, die konzeptionelle Ausgestaltung von Engineering- und Produktionsnetzwerken sowie die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, konnten im Projektverlauf erreicht werden. Aufbauend darauf wurde ein Gesamtkonzept für die Plattform entwickelt, das als Grundlage für eine zukünftige Weiterführung und wirtschaftliche Verwertung dient.

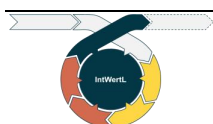


In der Gesamtbetrachtung hat das Projekt IntWertL die wesentlichen Grundlagen für eine digitale, dezentrale Plattform zur Unterstützung von Engineering- und Produktionsprozessen in der Kleinserienmobilität geschaffen. Während zentrale technologische Bausteine prototypisch realisiert und wesentliche Konzepte erfolgreich validiert wurden, verbleiben einzelne Aspekte, insbesondere die vollständige Integration aller Funktionen, die operative Skalierung sowie die Markteinführung, als Aufgaben für eine nachgelagerte Weiterentwicklung. Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse stellen damit einen substanziellen Beitrag zur Digitalisierung und Transformation der automobilen Wertschöpfung dar und bilden eine tragfähige Basis für die weitere Entwicklung zu einem betriebswirtschaftlich nachhaltigen Plattformökosystem.

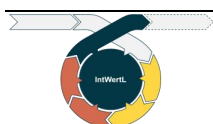


Inhaltsverzeichnis

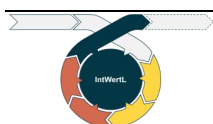
I. Dokumenteneigenschaften	II
II. Kurzfassung	III
III. Abkürzungen	IX
IV. Abbildungsverzeichnis	XI
V. Tabellenverzeichnis	XI
1. Einleitung	1
2. AP1100 Prozess- & Anforderungsanalyse in der Plattformentwicklung (3RS)	4
2.1. UAP1110 Nutzer- und Prozessanalyse	4
2.2. UAP1120 Funktionale Anforderungen Engineering-Plattform.....	6
2.3. UAP1130 Funktionale Anforderungen an die Produktionsplattform.....	7
2.4. UAP1140 Technische Spezifikation der Plattformarchitektur und Schnittstellendefinition.	8
2.5. UAP1150 Datensouveränität und -sicherheit	9
3. AP2100 Implementierung eines funktionierenden Plattformprototypen (GFT).....	10
3.1. UAP2110 Szenario	10
3.2. UAP2120 Engineering-Plattform fachlich.....	11
3.3. UAP2130 Produktionsplattform fachlich.....	12
3.4. UAP2140 Offene Basisplattform technisch	13
3.5. UAP2150 Vorbereitung Andockmöglichkeiten an Plattform	14
3.6. UAP2160 Validierungsphase für den Prototypen	14
4. AP2200 Weiterentwicklung Funktionalität Plattform (3RS).....	16
4.1. UAP2210 Erweiterung Funktionalität und Funktionsumfang der Plattform.....	16
4.2. UAP2220 Autonome Entscheidung mittels KI-Module	16
4.3. UAP2230 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess und Serviceoptimierung	19
5. AP3100 Identifikation von Geschäftsmodell-Potenzialen der Plattform (IPA)	21
5.1. UAP3110 Marktanalyse- Engineering-Plattformen	21
5.2. UAP3120 Marktanalyse- Produktionsplattformen.....	21
5.3. UAP3130 Konzeption eines plattformbasierten Geschäftsmodells	22
5.4. UAP3140 Validierung und Weiterentwicklung des MVP-Geschäftsmodells.....	22
6. AP3200 Geschäftsmodelle und Veränderungsmanagement (bwcon)	23
6.1. UAP3210 Geschäftsmodellentwicklung	23
6.2. UAP3220 Veränderungsmanagement.....	24
7. AP4100 Prozessmodellierung, -management & -automatisierung (Capgemini)	26



7.1.	UAP4110 Analyse der notwendigen Prozesse und Dienstleistungen	26
7.2.	UAP4120 Konzepte der Architektur der Assistenten	28
7.1.	UAP4130 Entwicklung der Module	30
8.	AP5100 Partneranbindung und Onboarding (bwcon).....	32
8.1.	UAP5110 Technische Anforderungen an die Datenverwaltung und -Schnittstellen durch Plattformskalierung.....	32
8.2.	UAP5120 Definition und Umsetzung von Randbedingungen für das Betreibermodell	33
8.3.	UAP5130 Erarbeitung notwendiger vertraglicher Vereinbarungen.....	34
8.4.	UAP5140 Konzept Datenschutz.....	35
8.5.	UAP5150 Evaluation & Konzept zur IT-Sicherheit.....	36
8.6.	UAP5160 Integration IT-Sicherheit.....	37
8.7.	UAP5170 Definition Onboardingprozess.....	38
9.	AP5200 Erprobung und Validierung des dezentralen Engineering-Netzwerk (DLR)	39
9.1.	UAP5210 Prozessspezifikation und -definition im Rahmen der Plattformeinbindung des Engineering-Netzwerk s.....	39
9.2.	UAP5220 Spezifikation von Inputs, Schnittstellen und Outputs im Rahmen des Prozesses 40	
9.3.	UAP5230 Entwicklung und Optimierung von Entwicklungstools und -prozessen	42
9.4.	UAP5240 Anwendung des Engineering-Netzwerk s anhand der Use-Cases/ Bauteile-Komponenten.....	44
10.	AP5300 Erprobung und Validierung dezentrales Produktions- und Beschaffungsnetzwerk (Schübel).....	46
10.1.	UAP5310 Definition Erprobungsparameter und -kriterien	46
10.2.	UAP5320 Erprobung der Plattform anhand vorgenommener Definitionen und Spezifikationen sowie einer genauen Validierungsvorschrift	47
10.3.	UAP5330 Bereitstellung der Ergebnisse für andere Arbeitspakete als laufender und iterativer Prozess der Optimierung der Plattform	49
10.4.	Planspiel 2 - Modularer Aufbau eines kommunalen Entsorgungsfahrzeugs	50
11.	AP6100 Markteinführung & Roll-Out der Entwicklungs- und Produktionsplattform (Capgemini).....	52
11.1.	UAP6110 Benutzervalidierung	52
11.2.	UAP6120 Marktanalysen/ -studien	53
11.3.	UAP6130 Validierung der Plattform unter Einsatzbedingungen.....	55
11.4.	UAP6140 Entwicklung der Funktionen.....	56
12.	AP6200 Plattformbetrieb verstetigen und Onboarding weiterer Partner (bwcon)	58
12.1.	UAP6210 Erarbeitung und Durchführung stakeholderspezifischer Marketingkonzepte....	58
12.2.	UAP6220 Funktionale Plattformpflichtung und Supportprozesse	59
12.3.	UAP6230 Verstetigung und Optimierung der strategischen Ausrichtung	59

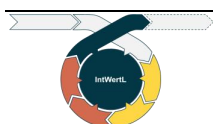


13. AP6300 Validierung Gesamtkonzept (DLR).....	61
13.1. UAP6310 Workshops und Anforderungsdefinition für kundenindividuelle Fahrzeuge	61
13.2. UAP6320 Definition der Inputparameter und Bereitstellung	61
13.3. UAP6330 Nutzung der Plattform, des Engineering- und des Produktionsnetzwerks	62
13.4. UAP6340 Realisierung Use-Case optimaler Fahrzeugkomponenten und -strukturen.....	62
13.5. UAP6350 Evaluation des Gesamtprozesses	63
14. AP7100 Projektmanagement und Dissemination (bwcon)	65
14.1. UAP7110 Gesamtprojektmanagement	65
14.2. UAP7120 Geschäftsmodellentwicklung/ Unterstützung AP3100 und AP3200.....	67
14.3. UAP7130 Veränderungsmanagement/ Unterstützung AP3200 und AP6200	67
14.4. UAP7140 Vermarktungsunterstützung Kundenmarkt AP6100 und AP6200	68
14.5. UAP7150 Dissemination	68
15. AP8100 Ökologische Bewertung des Plattformkonzepts und Integration von Life Cycle Assessment (KIT)	69
15.1. UAP8110: Anforderungen an die Ökobilanzierung	69
15.2. UAP8120: Ökologischer Nutzen der Engineering- und Produktionsplattform	70
15.3. UAP8130: Konzeptionierung einer Ergänzung der Module um LCA-Ansätze	70
15.4. Wissenschaftliche Einbettung und begleitende Veröffentlichungen.....	72
16. Projektmonitoring/ Fazit	73



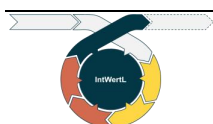
III. Abkürzungen

AI	Artificial Intelligence / Künstliche Intelligenz
API	Application Programming Interface
CAD	Computer-Aided Design
ERP	Enterprise Resource Planning
KI	Künstliche Intelligenz
LLM	Large Language Model
NLP	Natural Language Processing
RAG	Retrieval-Augmented Generation
REST	Representational State Transfer
TRL	Technology Readiness Level
W	Wunsch



Abkürzungen der Projektpartner, Unterauftragnehmer sowie Lizenzgeber in alphabetischer Reihenfolge

3RS	3RS-Software GmbH & Co. KG
AtTrack	AtTrack GmbH
bwcon	bwcon research gGmbH
bl design	bl design GmbH
Capgemini	Capgemini Engineering Deutschland S.A.S. & Co. KG
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Institut für Fahrzeugkonzepte
Fiber Engineering	Fiber Engineering GmbH
GFT	GFT Integrated Systems GmbH
Instawerk	Instawerk GmbH
Inyo	INYO Mobility GmbH
IPA	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
Kenbun	KENBUN IT AG
KIT	Karlsruher Institut für Technologie – Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen
Knebel	Knebel Nutzfahrzeuge GmbH
König Metall	König Metall GmbH & Co. KG
Lauer & Weiss	Lauer & Weiss GmbH
Motion Ray	Motion Ray GmbH
QS-engineering	QS-engineering GmbH
Rosswag	Rosswag GmbH
Schübel	Schübel GmbH
Weber Fibertech	Weber Fibertech GmbH



IV. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Prozesse des Engineering-Anbieters	6
Abbildung 2-2: Kommunikationswege des Engineers.....	6
Abbildung 3-1: Szenario-Modell-Prozess, der als Vorlage zur Implementierung des Prototyps diene	11
Abbildung 7-1: S-Layer Synthesemodell V3	29
Abbildung 7-2: Individual Vehicle Development Anwendungsfälle	30
Abbildung 8-1: beispielhaftes Lieferantenmanagement.....	34
Abbildung 13-1: li.: Cargobox des TE700 auf der Hannover-Messe am Stand des BMW; re.: Bürgermeister R. Scherer (re.) im Gespräch mit M. Utz (li.) vor Prototyp eines kommunalen Sammelfahrzeugs	63
Abbildung 14-1: Meetingstruktur.....	66

V. Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Nutzerrollen der Plattform	5
Tabelle 2-2: Prozesse und Definition	5
Tabelle 4-1: Zusammenfassung der Ergebnisse AP2200	20
Tabelle 13-1: Entwicklung des geplanten TRL der Schlüsseltechnologien über die Projektlaufzeit.....	64
Tabelle 16-1: Soll/Ist Abgleich Laufzeiten Plan der APs	73
Tabelle 16-2: Übersicht Deliverables	77

1. Einleitung

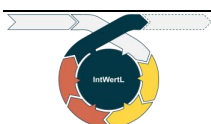
Digitalisierung und Deregulierung ermöglichen dezentrale, plattformbasierte Wertschöpfungssysteme, in denen Unternehmen durch flexible Kooperationen neue Produkte und Dienstleistungen entwickeln können. Im Vergleich zur konventionellen Entwicklung, können diese ohne hohe Investitionen in eigene Produktionskapazitäten zu tätigen. Dies eröffnet kleinen Unternehmen die Möglichkeit, als Kleinserien-OEM aufzutreten und kundenindividuelle, ressourceneffiziente Fahrzeuge anzubieten, während bisher ungenutzte Marktsegmente erschlossen werden.

Das Forschungsprojekt „Intelligente Wertschöpfungsnetzwerke für Leichtbaufahrzeuge geringer Stückzahl“ (IntWertL) zielt darauf ab, bis zum Ende der Förderperiode eine unabhängige, intelligente Entwicklungs- und Produktionsplattform zu etablieren, die kleinen und mittelständischen Unternehmen ermöglicht, kollaborativ und kostengünstig kundenindividuelle Fahrzeuge in kleinen Stückzahlen zu produzieren, ohne hohe Investitionen in Infrastruktur oder Technologie tätigen zu müssen. Gleichzeitig soll die Plattform durch Skalierung des Netzwerks, Verbesserung des Produktentstehungsprozesses und Erweiterung auf weitere Branchen die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen stärken und den Umsatzanteil aus Plattformgeschäften erhöhen.

Das Projekt soll eine ressourceneffiziente und kundenindividuelle urbane Mobilität durch neue, leichte Fahrzeugkonzepte und digitale Plattformen entwickeln, die bestehende Angebote integrieren und in der Praxis erprobt werden. Es stärkt kleine und mittelständische Unternehmen durch kollektive Entwicklung und Produktion, ermöglicht flexible Lieferketten und fördert die Marktreife von innovativen Mobilitätslösungen unter Berücksichtigung rechtlicher und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen. Die plattformbasierte Wertschöpfung wird an drei Beispielen eines Gesamtfahrzeugentwurfs demonstriert, wobei frühzeitige Einbindung der Kundenanforderungen aus der Praxis neue Geschäftsmodelle für die Plattform, das Engineering- und Produktionsnetzwerk initiiert. Zudem wird durch gezieltes Onboarding interessierter Unternehmen, unterstützt von der Landesagentur Leichtbau, bwcon und e-mobil BW, der Mehrwert der Plattform gesteigert und ein wertschöpfendes Ökosystem aufgebaut.

Die klassischen OEMs zeigen kaum Interesse an Fahrzeugplattformen für kleine bis mittlere Stückzahlen, was eine Marktlücke für alternative Mobilitätskonzepte schafft, da die Entwicklung solcher Fahrzeuge für sie oft nicht lukrativ erscheint. Das Beispiel Streetscooter zeigt, dass kundenindividuelle Kleinserien auch realisierbar sind, doch die Abhängigkeit von einem einzelnen Partner und die Unsicherheit hinsichtlich langfristiger Geschäftsmodelle erschweren die Nachhaltigkeit. Der vorgestellte Plattformansatz zielt darauf ab, diese Abhängigkeit zu reduzieren, indem er bestehende Zulieferer in einem kooperativen Netzwerk zu OEMs für kundenspezifische Fahrzeuge befähigt und gleichzeitig die Kernkompetenzen der Unternehmen bewahrt. Gerade in Kommunen und Gewerbebetrieben besteht ein hoher Bedarf an elektrischen, individualisierbaren Fahrzeugen für den letzten Kilometer, was die Notwendigkeit einer nachhaltigen und flexiblen Mobilitätslösung unterstreicht.

Das traditionelle Wertschöpfungssystem im Automobilsektor ist hierarchisch strukturiert und von einem zentralen OEM dominiert, der Entwicklungs- und Produktionsprozesse top-down steuert, wodurch kleine und mittelständische Unternehmen nur begrenzt in die frühen Phasen des Produktentwicklungsprozesses integriert sind. Dies führt zu einer ungleichen Verteilung von Wertschöpfung und Innovation, da die Unternehmen kaum Zugang zu kritischen Nutzungsrechten oder Differenzierungstechnologien erhalten. Im Zuge der digitalen



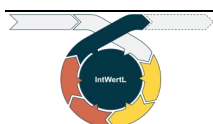
Transformation und des Übergangs technologischer S-Kurven wird ein neues, dezentrales, gleichberechtigtes Wertschöpfungssystem gefordert, bei dem alle Partner auf einer gemeinsamen Plattform agieren und so neue Geschäftsmodelle mit höherer Effizienz und Transparenz etablieren können. Digitale Plattformen zeigen bereits durch die Automatisierung von Prozessen und die Vermeidung von Wartezeiten, die bis zu 95 % der Durchlaufzeit ausmachen können, das Potenzial, Kosten drastisch zu senken und die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.

Die Automobilindustrie steht vor einem tiefgreifenden Wandel, der neue Differenzierungstechnologien, kollaborative Wertschöpfungssysteme und digitale Geschäftsmodelle erfordert, wobei kleine und mittelständische Unternehmen in der Entwicklung elektrifizierter Klein- und Leichtfahrzeuge eine zentrale Rolle spielen. Traditionelle OEMs bedienen den Markt für kleine Stückzahlen oft nicht kostendeckend, was ein lukratives Segment für innovative, plattformbasierte Lösungen offenlässt, in dem Endkunden wie Kommunen bereits früh in den Entwicklungsprozess einbezogen werden. Das Projekt adressiert kritische Prozessschritte wie Konfiguration, Integration und Dokumentation von Fahrzeugen über eine dezentrale, netzwerk-basierte Plattform, die durch eine übergreifende E2E-Prozess- und Datenkette gesteuert wird. Dadurch sollen gleichberechtigte Partner zusammenarbeiten, um kundenindividuelle, ressourceneffiziente Fahrzeuge in kleinen Stückzahlen wettbewerbsfähig zu entwickeln und zu produzieren.

Das Projekt bewertet seinen Erfolg durch technologische und nicht-technologische Indikatoren, wobei drei primäre Zielerreichungsindikatoren definiert sind: die Implementierung eines funktionsfähigen Plattformprototyps, die Validierung von Entwicklungs- und Produktionsnetzwerken anhand von Fahrzeugkonzepten sowie die Integration weiterer Industriepartner über ein strukturiertes Onboarding. Der technologische Erfolg wird anhand des Technologiereifegrad (TRL) gemessen, wobei die Schlüsseltechnologien von TRL 3 bis 6 auf TRL 5 bis 7 gesteigert werden sollen, um eine funktionierende, dezentrale Plattform für Engineering- und Produktionsprozesse zu etablieren. Nicht-technologische Ziele umfassen die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen, die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und die Förderung von Kleinserienmobilität, gemessen an Marktanteilen, Umsatzsteigerungen und der Anzahl neuer OEMs aus dem Mittelstand. Die gesellschaftspolitischen Ziele legen den Fokus auf die Stärkung der digitalen Interoperabilität, die Souveränität kleiner Unternehmen gegenüber OEMs und die Förderung nachhaltiger Mobilität, wobei die Zielerreichung durch die Anzahl angeschlossener Unternehmen, Umsatzanteile über die Plattform und die Schaffung neuer Unternehmen gemessen wird.

Die Gesamtkonzeption des Projekts basiert auf drei lizenzierten Use-Cases von Fahrzeugherstellern und Kommunen, die als Erstversionen dienen, um die Plattform zu entwickeln, zu validieren und die Entwicklung von modularisierten Fahrzeugkonzepten über verschiedene Projektphasen zu ermöglichen. Die Use-Cases bilden die Grundlage für die Entwicklung von Engineering- und Produktionsdienstleistungen und werden in der dritten Phase weiterentwickelt, um den gesamten Ende-zu-Ende-Prozess zu testen und die Plattform für eine Markteinführung vorzubereiten. Die Zielerreichung wird durch Meilensteine, kontinuierliche Überwachung und die Integration von Stakeholdern sichergestellt, wobei das langfristige Ziel darin besteht, ein nachhaltiges, betriebswirtschaftlich tragbares Verwertungsmodell für die Plattform nach Projektende zu etablieren.

Das Projekt fußt auf drei zentralen Leitgedanken: der Nachhaltigkeit urbaner Mobilität durch kundenindividuelle Leichtfahrzeuge, der Entwicklung und Produktion von Kleinserien im neuen Fahrzeugdesign sowie den damit verbundenen Wandlungsbedarfen in der Automobilindustrie.



Aktuelle Entwicklungen wie Urbanisierung, Klimaschutz und Ressourcenschonung zeigen, dass städtische Mobilität neu gedacht werden muss, da bestehende Fahrzeuge oft überdimensioniert sind und einen hohen Ressourcenverbrauch verursachen, kleine, auf spezifische Bedarfe optimierte Fahrzeuge könnten erhebliche Energieeinsparungen bringen. Neue Fahrzeugkonzepte wie der ILO 13 nutzen das Prinzip des funktionellen Leichtbaus, um Material- und Energieverbrauch zu reduzieren, erfordern jedoch innovative, kostengünstige Konfigurations-, Engineering- und Produktionssysteme für kleine Stückzahlen. Die Automobilindustrie befindet sich aktuell in einer tiefgreifenden Transformation, bei der traditionelle Geschäftsmodelle durch elektrifizierte, vernetzte, autonome und geteilte Mobilität ersetzt werden, was neue, innovationsfördernde Netzwerkmodelle erfordert. Der technologische Wandel führt zu einem Übergang von mechanischen Hardwareprodukten zu datenbasierten Mobilitätsdienstleistungen, wobei kleine und mittelständische Unternehmen durch fehlende Orientierung der OEMs benachteiligt sind.

Die Digitalisierung der Produktentwicklung ist bereits weit fortgeschritten, jedoch dominieren teure, proprietäre Systeme, während offene Plattformen wie Open Source Ecology oder GrabCAD neue Möglichkeiten eröffnen. Die Plattformökonomie bietet die Chance, Engineering- und Produktionsprozesse zu dezentralisieren und durch kollaborative, „Engineer-to-Order“-Modelle kostengünstige Lösungen für Kleinserien zu schaffen. Dezentrale Produktionsnetzwerke mit lokaler Fertigung erhöhen die Resilienz und verkürzen Lieferzeiten, wobei Ansätze wie die verteilten Micro-Factories von Arrival Ltd. zeigen, wie flexible und nachhaltige Produktion in Endkundennähe möglich ist. Business-Ökosysteme mit digitalen Plattformen als Orchestrator ermöglichen die Koordination komplexer Partnerschaften und fördern die Entwicklung innovativer Lösungen durch gemeinsames Know-how. Die Prozessmodellierung und Automatisierung im Ende-zu-Ende-Prozess ermöglicht Transparenz, Fehlervermeidung und Automatisierung, wobei die Integration von KI, cloudbasierten Lösungen und Smart Contracts die Effizienz steigert. Die Durchgängigkeit der Prozesse erfordert einheitliche Semantik und Datenmodelle, die durch Technologien wie Blockchain und Projekte wie GAIA-X und Catena-X unterstützt werden, um eine medienbruchfreie, interoperable und sichere digitale Wertschöpfungskette zu schaffen.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die einzelnen Arbeitspakete im Projekt und deren Ergebnissen zusammengefasst. Die Arbeitspaket Leitung (AP-Leitung) hatte dabei der erstgenannte Projektpartner, die übrigen Beteiligten werden in der Klammer unter der Überschrift zusammengefasst.

2. AP1100 Prozess- & Anforderungsanalyse in der Plattformentwicklung (3RS)

(AtTrack, bl design, Capgemini, DLR, GFT, Instawerk, IPA, KIT, Kenbun, Knebel, Motion-Ray, Schübel)

Im Rahmen mehrerer Workshops wurde gemeinsam mit den Teilnehmenden des Arbeitspakets ein Konzept für eine digitale Produktionsplattform erarbeitet und hinsichtlich seiner Anwendbarkeit im industriellen Umfeld (IntWertL) geprüft. InstaWerk, GFT, 3RS und KIT brachten dabei Ihre Erfahrungen als Plattformbetreiber sowie Kenntnisse über bestehende Marktmodelle ein und strukturierte die diskutierten Gestaltungsoptionen systematisch und prozessual. Ziel war es, ein umsetzbares, skalierbares und nutzenorientiertes Plattformkonzept zu definieren.

Als zentrale Auswahlkriterien für die Konzeption der EcoVity-Plattform wurden gemeinsam festgelegt:

- eine überschaubare Komplexität in der Umsetzung,
- die Skalierbarkeit über den bestehenden Teilnehmerkreis hinaus,
- ein klarer Kundennutzen im Produktionsumfeld (Kosten, Qualität, Zeit),
- sowie eine faire, nachhaltige und kostenorientierte Auftragsvergabe.

Bönsch et al. (2023)¹ dokumentiert, wie die Anforderungen strukturiert und multi-modal (User Stories, Interviews, etc.) aufgenommen und aufbereitet wurden, um ein grundlegendes gemeinsames Verständnis zu erzeugen. Die Vielzahl möglicher Ausgestaltungsoptionen wurde zu thematischen Gruppen aggregiert und im jeweiligen UAP diskutiert. Auf dieser Basis wurde ein gesamthafter Prozessablauf für die Produktionsplattform abgeleitet.

2.1. UAP1110 Nutzer- und Prozessanalyse

Zur Nutzer- und Prozessanalyse wurden folgende Ergebnisse durch die Partner zusammengetragen:

- Definition der Nutzerrollen der Plattform (siehe Tabelle 2-1)
- Definition der zu behandelnden Prozesse (siehe Tabelle 2-2)
- Modellierung zweier Kommunikationswege für Ingenieure (siehe Abbildung 2-1 und Abbildung 2-2)

¹ Bönsch, J., Hauck, S., Elstermann, M., Ovtcharova, J. (2023). An Approach to Create a Common Frame of Reference for Digital Platform Design in SME Value Networks. In: Elstermann, M., Dittmar, A., Lederer, M. (eds) Subject-Oriented Business Process Management. Models for Designing Digital Transformations. S-BPM ONE 2023. Communications in Computer and Information Science, vol 1867. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40213-5_5

Tabelle 2-1: Nutzerrollen der Plattform

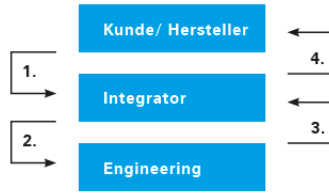
Rollen	Definition
Kunde	Anwender. Nicht notwendigerweise ein Plattformteilnehmer. (z. B. Kommunen, KMU, etc.)
OEM	Original Equipment Manufacturer – Markenverantwortung. Eine juristische Person, ggf. Zusammenschluss mehrerer Organisationen (z. B. Personengesellschaft).
Plattformteilnehmer	Juristische Person nach Registration auf der Plattform. (z. B. Einzelunternehmen, Personengesellschaften, etc.)
Serviceanbieter	Plattformteilnehmer die Lösungsanbieter auf der Plattform sind.
Integrator	Auftragsteilnehmer. Informationsprozess und Organisation der Auftragsteilnehmer. Kommunikation zur Kundenseite.
Auftragsteilnehmer	In der Netzwerkkonfiguration ausgewählte Plattformteilnehmer.

Tabelle 2-2: Prozesse und Definition

Prozesse	Definition
Registrierungsprozess	Akzeptieren der Modalen Hülle. Erfüllung von Standards -> Teilnehmer auf der Plattform.
Anfrageprozess / Auftragsprozess	Zustandekommen der Anfrage / des Auftrags auf der Plattform.
Anforderungsmanagementprozess	Unterprozess des Auftragsprozesses. Abstimmung der Kundenanforderungen mit den möglichen Services.
Netzwerkkonfigurationsprozess	Auswahl der Auftragsteilnehmer unter Berücksichtigung der abgestimmten Anforderungen aus den Plattformteilnehmern.
Auftragsmanagementprozesse	Anstoßen und Orchestrieren der weiteren Prozesse eines Auftrages.
Controlling- / Monitoringprozesse:	Nachverfolgung der Auftragsabwicklung (Status, Visualisierung, Kosten, Zeit, etc.).
• Engineeringprozesse	Erbringung von Engineeringleistungen (Entwicklung, Konstruktion, Simulation, etc.).
• Produktionsprozesse	Erbringung von Produktionsleistungen (Fertigen, Montieren, etc.).
• Unterstützungsprozesse	Nicht unmittelbar wertschöpfende Services, die nur in Verbindung mit Engineering- oder Produktionsprozessen Mehrwert bieten (z. B. Vertrieb, After-Sales, Zulassung, Qualitätsmanagement, etc.).

A. Integrator steuert den Prozess komplett

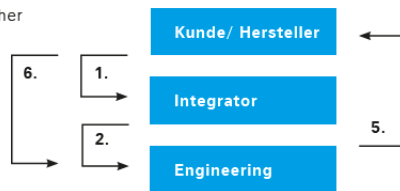
1. Der Kunde oder ein Hersteller (Plattformteilnehmer) fragt ein Tailoring Produkt (Entwicklung) an.
2. Der Integrator leitet die Anfrage ans Engineering weiter.



3. Das Engineering übermittelt an den Integrator ein Angebot.
4. Der Integrator übermittelt an dem Kunden das Angebot des Engineers.

B. Engineer stellt Kontakt zu Kunden her

6. Der Kunde geht direkt ins Entwicklungsgespräch mit dem Engineering



5. Wegen der Komplexität der Anfrage wird zwischen Engineer und Kunde ein direkter Kontakt aufgebaut.

C. Kunde stellt Kontakt zu Engineering direkt her

7. Der Kunde stellt direkt eine Anfrage an einen bestimmten Engineering Dienstleister

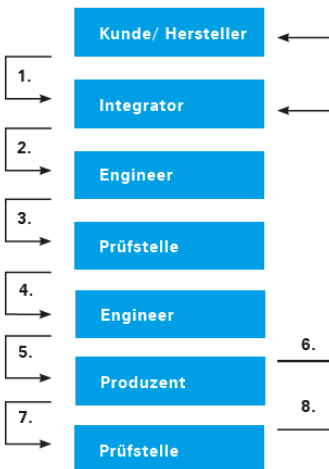


6. Der Engineer antwortet direkt.

Abbildung 2-1: Prozesse des Engineering-Anbieters

D. Aufbau-Hersteller stellt direkt Kontakt zu Engineering her

1. Der Kunde (Hersteller) fragt den Integrator für ein Engineering-Produkt an, Lastenheft ist erstellt.
2. Der Integrator beauftragt den Engineer und gibt das Lastenheft weiter
3. Der Engineer konstruiert das Teil und lässt die Konstruktion prüfen
4. Die Prüfstelle gibt die Konstruktion frei.
5. Der Engineer gibt Bauteil beim Produzenten in Auftrag.
7. Der Produzent lässt das fertige Teil prüfen.



Kommunikation von Rückfragen vom Engineering zum Aufbau-Hersteller direkt? Der Integrator wird nur über die Ergebnisse informiert?

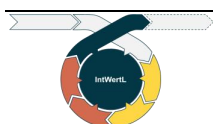
6. Der Produzent schickt das fertige Teil zum Aufbauhersteller. Der Produzent informiert den Integrator.
8. Die Prüfstelle schickt das fertige Teil um Aufbauhersteller. Die Prüfstelle informiert den Integrator.

Abbildung 2-2: Kommunikationswege des Engineers

2.2. UAP1120 Funktionale Anforderungen Engineering-Plattform

Aus den APs ergeben sich folgende zentrale funktionale und organisatorische Anforderungen, die den Kernnutzen der Engineering Plattform definieren:

- **Marktplatzfunktion**
Die Engineering Plattform muss als digitaler Marktplatz ausgestaltet sein, auf dem Integratoren Engineering-Anfragen einstellen und Plattformteilnehmer diese annehmen oder Leistungen aktiv anbieten können.



- **Strukturierte Anforderungsbeschreibung**
Integratoren müssen ihre Kundenwünsche sowie die technischen, organisatorischen und zeitlichen Anforderungen klar und standardisiert beschreiben können. Dies bildet die Grundlage für ein effizientes Matching.
- **Selbstbeschreibungsfunktionalität der Plattformteilnehmer**
Plattformteilnehmer sollen ihre Kompetenzen, Dienstleistungen, technischen Möglichkeiten und Kapazitäten eigenständig pflegen und präsentieren können.
- **Kompetenz- und Anforderungsmatching**
Ein zentrales Ergebnis ist die Notwendigkeit eines systematischen Matchings zwischen den Anforderungen der Integratoren und den Fähigkeiten der Plattformteilnehmer. Ziel ist es, geeignete Partner automatisiert oder teilautomatisiert zu identifizieren.
- **Filter- und Priorisierungsmechanismen**
Das Matching soll durch Filter (z. B. regionale Nähe, Spezialisierung, Kapazität) ergänzt werden, um die Auswahl weiter zu präzisieren.
- **Zuweisung und Vergabe von Aufträgen**
Integratoren vergeben Aufträge über die Plattform an geeignete Partner. Die Plattform unterstützt dabei die strukturierte Zuweisung.
- **Annahme- und Ablehnungsmechanismen**
Plattformteilnehmer können Aufträge annehmen oder ablehnen. Bei Ablehnung erfolgt eine erneute Zuweisung an alternative geeignete Partner.
- **Zeit- und Kostenabschätzung**
Bereits nach Definition der Anforderungen soll eine erste indikative Zeit- und Kostenabschätzung bereitgestellt werden, um Transparenz und Planbarkeit zu erhöhen.
- **Projektstatus-Tracking**
Der Fortschritt laufender Projekte wird iterativ aktualisiert und für alle relevanten Akteure transparent dargestellt.

Diese Anforderungen bilden zusammen die funktionale Grundlage der Engineering Plattform und definieren deren Mehrwert gegenüber klassischen, bilateralen Engineering-Beziehungen.

2.3. UAP1130 Funktionale Anforderungen an die Produktionsplattform

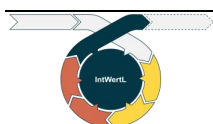
Das Konzept der Produktionsplattform lässt sich in vier zentrale Teile gliedern.

- Datenbereitstellung

Zunächst werden alle produktionsrelevanten Daten aus bestehenden Systemen zentral auf der Plattform zusammengeführt. Dazu zählen u. a. Informationen aus ERP-Systemen, Engineering-Plattformen, der Fertigungssteuerung, Qualitätssicherung, und Logistik. Für das Projekt wird angenommen, dass die Entwicklungsphase abgeschlossen ist und Daten wie Verfahrensdefinitionen, Stücklisten, CAD-Daten, technische Zeichnungen, Arbeitspläne sowie weitere Begleitdokumente verfügbar sind. Ergänzend kann eine Vorauswahl geeigneter Fertiger hinterlegt werden. Ziel ist eine konsistente Datenbasis zur Beschleunigung fundierter Entscheidungen.

- Fertigerzuweisung

Im zweiten Schritt erfolgt die Auswahl geeigneter Fertiger auf Basis benötigter Verfahren, Maschinen und Kapazitäten. Die Fertiger hinterlegen ihre technischen Möglichkeiten und Verfügbarkeiten auf der Plattform, wodurch eine gezielte Zuweisung unterstützt wird. Grundsätzlich werden ein Push- und ein Pull-Prinzip unterschieden. Während beim Push-Prinzip der Auftraggeber gezielt Fertiger auswählt, basiert das Pull-Prinzip auf einer inversen Auktion. Für den



MVP wurde eine Push-Variante beschlossen, bei der Aufträge direkt zugewiesen und bei Ablehnung automatisch alternative Vergaben ausgelöst werden. Eine verfahrensbezogene Fertiger Datenbank begrenzt dabei die Auswahl.

- Automatisierte Bauteilkalkulation

Anschließend erfolgt eine automatisierte Kostenkalkulation der Bauteile. Auf Grundlage der hinterlegten Daten werden die Kosten verschiedener Fertigungsverfahren, etwa additive Fertigung oder CNC-Bearbeitung, berechnet. Die technische Integration erfolgt über entsprechende Schnittstellen.

- Auftragsmanagement

Der vierte Schritt umfasst das zentrale Auftragsmanagement mit Funktionen zur Auftragszuweisung, Terminüberwachung und Statusverfolgung. Fertiger können Aufträge annehmen oder ablehnen, wobei Ablehnungen automatisch alternative Zuweisungen auslösen.

Durch die Umsetzung dieser vier Teilschritte wird eine effizientere Produktionssteuerung mit reduzierten Kosten und Durchlaufzeiten ermöglicht. Die Plattform fungiert als zentrale Instanz zur Integration von Daten und Prozessen und bietet Skalierungspotenzial insbesondere durch verbesserte Vorschlagsmechanismen bei der Fertigerzuweisung sowie die Bewertung alternativer Fertigungsverfahren.

2.4. UAP1140 Technische Spezifikation der Plattformarchitektur und Schnittstellendefinition

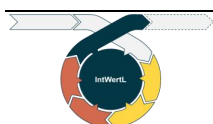
Es lassen sich plattform- und projektspezifische Rollen auf der Plattform unterscheiden. Projekt-spezifische Rollen beziehen sich ausschließlich auf Projekte, d.h. ein Benutzer, der in einem Projekt als Integrator fungiert, kann in einem anderen Projekt die Rolle des Auftragnehmers einnehmen. Eine plattformspezifische Rolle ist von Projekten unabhängig.

Die plattformspezifischen Rollen sind in Tabelle 2-1: Nutzerrollen der Plattform aufgelistet.

- **Administrator:** verwaltet Stammdaten wie Kompetenzen, Auftragnehmer und sonstige projektrelevante Stammdaten
- **Organisationsadministrator:** Dieser kann die Stammdaten seiner eigenen Organisation anpassen.
- Projektspezifische Rollen:
 - **Integrator:** verwaltet und erstellt Projekte, Objekte & Aktivitäten und fügt Auftragnehmer zu Projekten hinzu
 - **Auftragnehmer:** erhält Einsicht in die ihm zugeordneten Projekte, Objekte & Aktivitäten, kann Angebote hochladen & Aufträge akzeptieren oder ablehnen
Ergänzende Erklärung: Bei Auftragnehmern handelt es sich vor allem um fertige und entwickelnde Firmen.

Die Plattform stellt Schnittstellen zu Services zu Verfügung. Im Folgenden sind Services beschrieben, welche zukünftig angebunden werden sollen. Folgende Services werden auf der Plattform angebunden:

- KI-Service (Kenbun): Aufgabe: Analyse von Angeboten von Auftragsteilnehmern (PDF-Dokumente)
- Automatisierung, Filtern wichtiger Informationen aus Angeboten, händische Eingaben sind dann obsolet.



- Status Quo: OpenAPI Spezifikation liegt vor, erste Input-Datensätze der Konsortialpartner wurden online geteilt.
- ERP-Service (3RS) zu Stücklistenerstellung, Rechnungsstellung, Erstellung von Kundenaufträgen.
- Service für Kostenschätzung
- Registrierungs-Service
- 3D-Viewer und Workflowmodellierungstool

2.5. UAP1150 Datensouveränität und -sicherheit

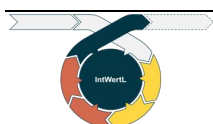
2.5.1. Ausgangslage und Zielsetzung

Die Plattform verknüpft sämtliche Phasen der Produktentstehung – von Konzeption und Design über Validierung und Produktion bis zur Abnahme – und stellt sicher, dass relevante Informationen phasenübergreifend verfügbar sind. Diese Informationen werden kontinuierlich angereichert oder situationsabhängig neu aggregiert. Da hierbei teilweise schützenswerte oder sensible Daten verarbeitet werden, ist ein erhöhtes Maß an Informationssicherheit erforderlich. Hierfür wurde ein konzeptionelles Sicherheitsmodell für den Umgang mit Informationen innerhalb der Plattform ausgearbeitet. Es skizziert technische und organisatorische Maßnahmen zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus, berücksichtigt potenzielle technologische Schwachstellen und unterscheidet dabei zwischen Entwicklungs- und Betriebsphase der Plattform.

2.5.2. Begriffsabgrenzung im Kontext der IT-Sicherheit

Im Bereich der IT-Sicherheit wird zwischen Datenschutz, Informationssicherheit und Cybersicherheit unterschieden. Der Datenschutz regelt gemäß Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) und Bundesdatenschutzgesetz den rechtmäßigen Umgang mit personenbezogenen Daten. Dazu zählen alle Informationen, die sich auf eine identifizierte oder identifizierbare natürliche Person beziehen. Besonders schützenswert sind sensible Daten, etwa zu Gesundheit, politischer Überzeugung oder ethnischer Herkunft. Die DSGVO definiert zudem Auskunfts- und Löschrechte betroffener Personen sowie entsprechende Pflichten von Datenverarbeitern. Die Informationssicherheit umfasst alle Maßnahmen zum Schutz der Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit von Informationen, unabhängig von deren Form. Zur strukturierten Umsetzung dieser Schutzziele werden Informationssicherheitsmanagementsysteme (ISMS) eingesetzt, insbesondere nach der international etablierten Norm ISO/IEC 27001. In Deutschland konkretisiert der BSI IT-Grundschutz diese Norm durch praxisnahe Maßnahmenkataloge und gilt als ISO-konform.

Die Cybersicherheit fokussiert sich auf den Schutz elektronisch verarbeiteter Informationen und IT-Systeme vor digitalen Bedrohungen. Dazu zählen unter anderem Malware, Ransomware, DDoS-Angriffe oder Angriffe auf vernetzte Systeme. Der Schwerpunkt liegt auf operativen IT-Maßnahmen wie Monitoring, Patch-Management, Incident-Handling und Netzwerksicherheit. Aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung besteht eine enge Verbindung zur Informationssicherheit. Alle diese Aspekte werden im zugehörigen IT-Sicherheitskonzept von IntWertL aufgegriffen.



3. AP2100 Implementierung eines funktionierenden Plattformprototypen (GFT)

(3RS, bl design, Capgemini, Instawerk, IPA, Kenbun, KIT, Knebel, Lauer & Weiss, Motion-Ray, Schübel)

Das AP2100 konzentrierte sich auf die Entwicklung eines ersten durchgängigen und funktionsfähigen Demonstrators. Dabei wurde die Plattformidee anhand eines realen Anwendungsbeispiels konkretisiert. Zu diesem Zweck wurden grundlegende Funktionalitäten in Form erster Services in eine technisch voll funktionsfähige IT-Plattform integriert.

Im UAP1140 wurde zunächst eine technische Architektur der Plattform und der Services entworfen und implementiert. Darauf aufbauend wurden in AP2100 erste Systeme und Services angebunden, darunter Lösungen zur Ressourceneinsatzplanung sowie zur automatisierten Preisextraktion aus Dokumenten.

Das AP gliederte sich insgesamt in sechs UAPs, die im Folgenden detailliert beschrieben werden. Ergebnis des APs ist ein erster funktionsfähiger Prototyp der Engineering- und Produktionsplattform (MVP), der im weiteren Projektverlauf – insbesondere in den APs 5100 und 5200 zur Erprobung – eingesetzt wurde. Die Weiterentwicklung und Verstetigung des MVP erfolgte anschließend kontinuierlich in den APs 2200 und 4100.

3.1. UAP2110 Szenario

Im UAP2110 wurde das Szenarioprozessmodell entwickelt, um die essenziellen Plattformabläufe zu veranschaulichen. Es diente zunächst als Blaupause zur Gestaltung des MVPs und später zur Validierung der Funktionalitäten. Der Schwerpunkt lag dabei auf dem Auftragsmanagement innerhalb eines Projektes und der Koordination der Auftragsteilnehmer. Das Modell wurde speziell konzipiert, um das Anwendererlebnis der Plattform anhand weniger Engineering- und Produktionsprozesse zu demonstrieren.

Als Modellierungsansatz wurde ein linearer Start-Ziel-Prozess gewählt, der konsequent einen klaren Anfang und ein klares Ende aufweist, ohne Verzweigungen oder Abweichungen. Dieser Prozess wurde durch das KIT subjektorientiert in der Modellierungssprache PASS modelliert (Siehe Abb. 3-1). Das Hauptaugenmerk lag auf der EcoVity-Basisplattform und ihren Kernfunktionalitäten, wobei durch eine begrenzte Anzahl von Engineering- und Produktionsprozessen ein Großteil des Anwendererlebnisses der Plattform veranschaulicht werden sollte.

Als physischer Betrachtungsgegenstand diente die *Konsole*, ein Bauteil, das als Verbindungselement zwischen dem Fahrzeuglängsträger und dem Nutzfahrzeugaufbauquerträger fungiert. Der Prozess umfasste die Projektinitiierung durch den Integrator (Knebel), die Konstruktion durch DLR, die Simulation durch Lauer & Weiss, eine Optimierungsschleife, die Produktion durch Rosswag (3D-Druck) sowie die Qualitätskontrolle durch QS-engineering.

Zusätzlich wurden im Rahmen dieses UAPs User Journeys für verschiedene Personas entwickelt, darunter Kunden, Hersteller, Engineering-Dienstleister und Städte/Kommunen. Diese User Journeys beschreiben detailliert die Interaktionsprozesse und Bedürfnisse der verschiedenen Nutzergruppen auf der Plattform. Für Städte und Kommunen wurden spezifische Prozesse entwickelt, die die unterschiedlichen Ausschreibungsverfahren kleiner und großer Städte berücksichtigen.

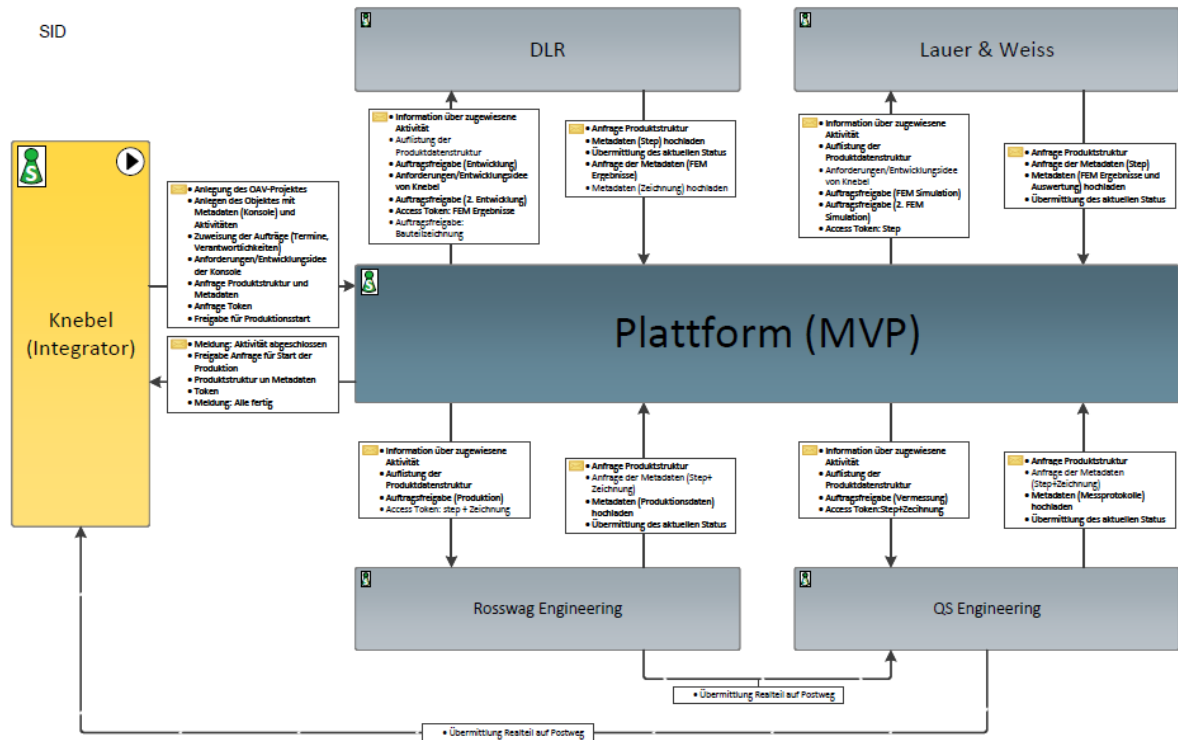


Abbildung 3-1: Szenario-Modell-Prozess, der als Vorlage zur Implementierung des Prototyps diente

Im Bereich des User Interface Designs wurden umfassende Konzepte entwickelt, die das Look-and-Feel der Plattform definieren. Dies umfasst die Gestaltung von Onboarding-Prozessen für verschiedene Nutzergruppen, die Entwicklung von Konfiguratoren für 3D-Konfigurationen sowie die Definition von Prozessen für die Angebotserstellung. Die UI-Konzepte wurden für verschiedene Anwenderrollen wie Abteilungsleiter von Städten, Hersteller und Kunden spezifisch ausgearbeitet.

Das Ergebnis des UAP2110 umfasst die Beschreibung der Assistenzfunktionen zur Bedienung und Prozessunterstützung, ein Grobkonzept der erforderlichen Schnittstellen, die Beschreibung von Datenmodellen, das Konzept der Anmutung und Anwendung einschließlich Style Guide sowie das unten dargestellte Szenario.

3.2. UAP2120 Engineering-Plattform fachlich

Im UAP2120 wurden die Möglichkeiten der Effizienzsteigerungen und Kostenreduzierungen auf die Wertschöpfungskette durch die Engineering-Plattform anhand eines MVP untersucht und zusammengefasst. Dabei mussten verschiedene Anforderungen der Phasen des Entwicklungslebenszyklus erfasst und relevante Informationen aus den beteiligten Systemen als digitale Zwillinge abgebildet werden.

Die Engineering-Plattform versteht sich als neutraler Marktplatz, auf dem Angebot und Nachfrage zusammengebracht werden. Auf Basis eines ermittelten Bedarfs durch Konfiguration, Auswahl an Komponenten und Spezifikationen erfolgt die Anbietersuche über das Portal. Die individuelle Entwicklung und Anpassung werden ebenfalls hier verortet.

Zu den Hauptfunktionalitäten der Engineering-Plattform gehören:

- Marktplatzfunktionalität, auf der Integratoren Anfragen aufgeben können
- Selbstbeschreibungsfunktionalität, durch die Plattformteilnehmer ihre Kompetenzen und Dienstleistungen beschreiben können
- Matching der Anforderungen und Fähigkeiten zur Zuordnung passender Plattformteilnehmer
- Zuweisung der Aufträge an Partner
- Annahme/Ablehnung von Aufträgen durch Plattformteilnehmer
- Zeit- und Kostenschätzung für den Integrator
- Projektstatusupdates

Es wurde eine Abfrageschnittstelle für produktionsrelevante Spezifikationen definiert, die u.a. für die Kostenschätzung verwendet wird. Die CAD-Modelle werden im STEP242 Format gespeichert. Zudem wurde eine Abfrageschnittstelle für CAD-Daten für die Implementierung in der Engineering-Plattform definiert, die auf dem Konzept dezentraler Datenhaltung basiert.

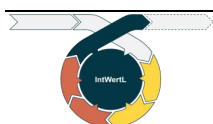
Im Rahmen des MVP wurde eine funktionsfähige und erweiterbare Plattform entwickelt, die erste Use Cases unterstützt. Die Plattform unterstützt die Anfrage von Plattformteilnehmern nach dem Push-Prinzip sowie die Verwaltung von Angeboten und Aufträgen.

3.3. UAP2130 Produktionsplattform fachlich

Das UAP2130 untersuchte die Möglichkeiten der Effizienzsteigerungen und Kostenreduzierungen auf die Wertschöpfungskette durch die Produktionsplattform anhand eines MVP. Durch die Übernahme von Produktionsdaten aus einem kooperativen Umfeld sollte die Digitalisierung der Produktionsprozesse entlang der Wertschöpfungskette unterstützt werden.

Im Rahmen des Arbeitspakets wurden hierfür insbesondere zwei zentrale Funktionsbausteine erarbeitet: die automatisierte Fertigungskostenabschätzung (Instant Quoting) sowie die automatische Zuweisung von Bauteilanfragen auf geeignete Fertigungsressourcen. Beide Bausteine leisten einen direkten Beitrag zur wirtschaftlichen und organisatorischen Unterstützung plattformbasierter Produktionsprozesse.

Für die Instant-Kostenkalkulation wurden Lösungen für vier relevante Fertigungsverfahren im Bereich der Fahrzeugentwicklung und Fertigung in mittleren und kleinen Stückzahlen entwickelt bzw. in die Plattform eingebunden. Hierzu zählen die Kalkulation für die additive Metallfertigung, die additive Kunststofffertigung sowie die Blechbearbeitung; ergänzend wurde die bereits vorhandene Kalkulationslogik für Dreh- und Fräsbauteile an die Plattform angebunden. Für das Direkte Metall-Lasersintern (DMLS) wurde auf Basis von mehr als 38.000 Preisen aus rund 1.300 CAD-Modellen eine datenbasierte Kostenfunktion entwickelt. Dabei wurden kostenrelevante Einflussgrößen statistisch analysiert und mithilfe eines Machine-Learning-Modells abgebildet. Das Modell erreichte nach Ausreißerbereinigung eine Prognosegüte von 2,7 %. Berücksichtigt wurden unter anderem Geometrie, Bauteilgröße, Werkstoff, Stückzahl, Schichtdicke, Volumeneffizienz sowie Nachbearbeitung. Die Kostenfunktion wurde über eine Schnittstelle bereitgestellt und kann für STEP-Modelle mit zugehörigen Konfigurationsdaten genutzt werden. Damit wurden Kostenfaktoren für die Produktionsplattform mit Optimierungspotenzial identifiziert und zugleich funktionsfähige und erweiterbare Plattformfunktionen für erste Use Cases geschaffen. Ergänzend wurde ein Kostenvergleich von 500 Komponenten in den Stückzahlen 1, 5 und 25 zwischen additiver und spanender Fertigung durchgeführt. Die Ergebnisse liefern belastbare Erkenntnisse für die Konzeptoptimierung der Plattform.



Für die Auftragszuweisung wurde ein modularer Entscheidungsalgorithmus entwickelt, der Fertigungstechnologie, Werkstoff, Stückzahl, Zertifizierungsanforderungen, Sourcing-Region, Bauteilabmessungen, Maschinenverfügbarkeit und freie Kapazitäten berücksichtigt. Auf dieser Grundlage werden eine Shortlist und ein Ranking geeigneter Fertiger erzeugt. Das Ranking basiert auf den Kriterien Leistung, Fairness und Nachhaltigkeit. Die Rückgabe an die Basisplattform ermöglicht sowohl Pull- als auch Push-Vergaben. Damit wurden ein Vergabevorschlag nach jeweiligem Fertigerprofil, Assistenzfunktionen, ein Prozessmodell zur Entscheidungsfindung sowie Beiträge zur Definition und Anpassung von Datenmodell und Schnittstellen erarbeitet.

3.4. UAP2140 Offene Basisplattform technisch

Im UAP2140 wurden die technischen Grundlagen für den MVP geschaffen und die erforderlichen Zugriffsmechanismen implementiert. GFT entwickelte hierfür zentrale Services der Basisplattform. Diese folgt einer modularen Microservices Architektur, in der die einzelnen Komponenten flexibel zusammenarbeiten und sich unabhängig voneinander weiterentwickeln lassen. Ein spezieller Vermittlungsdienst sorgt dafür, dass Anfragen aus der Benutzeroberfläche an die jeweils passenden Backend-Komponenten weitergeleitet werden. Für die interne Kommunikation zwischen den Diensten kommt ein Nachrichtenvermittler zum Einsatz, während ein zentrales Konfigurationssystem die Verwaltung und Verteilung von Einstellungen für die verschiedenen Microservices übernimmt.

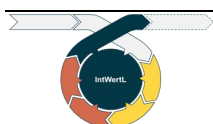
Zur Speicherung von strukturierten Daten wird ein relationales Datenbanksystem verwendet, ergänzt durch eine Such- und Analysekomponente, die insbesondere für Log- und Telemetriedaten zuständig ist. Damit die einzelnen Dienste einander zuverlässig finden und adressieren können, existiert zudem ein Serviceverzeichnis. Für den gesamten Bereich der Identitäts- und Zugriffsverwaltung ist ein dedizierter Authentifizierungs- und Autorisierungsdienst integriert, der Nutzerkonten, Rollen, Berechtigungen sowie zentrale Ein- und Auslogmechanismen bereitstellt.

Auf dieser Plattform basieren mehrere webbasierte Anwendungen, die unterschiedliche Aufgabenbereiche abdecken. Dazu gehören ein Administrationsclient zur Pflege von Stammdaten, eine Oberfläche zur Verwaltung von Unternehmensprofilen und Fähigkeiten, ein Werkzeug zur Anlage und Steuerung von Projekten sowie ein Client zur Erstellung projektbezogener Auswertungen und Berichte.

Die Zugriffsverwaltung unterstützt dabei grundlegende Funktionen wie die Anmeldung über Benutzername und Passwort, eine umfassende Nutzer- und Rollenverwaltung, differenzierte Berechtigungsstrukturen sowie komfortable Verfahren für Single-Sign-On und zentralen Logout.

Die Plattform strukturiert Projekte in Objekte und Aktivitäten, wobei Aktivitäten Objekten zugeordnet werden können. Es können Projekt-, Objekt- & Aktivität-Metadaten gespeichert werden. Auftragnehmer können Aufträgen zugeteilt werden. Die Plattform unterstützt das Hoch- und Herunterladen von Angeboten sowie die Informierung von Integratoren und Auftragnehmern über Neuigkeiten im Projekt.

Ein generisches und ereignisgestütztes Datenmodell wurde erstellt, welches durch die bidirektionale Anbindung die Beeinflussung von Systembeteiligten ermöglicht. Für den Einsatz der Eclipse Dataspace Components (EDC) wurden erste Evaluierungen vorgenommen. Dabei wurden lauffähige EDC-Instanzen in isolierter Umgebung aufgesetzt und getestet, jedoch noch



ohne Integration in bestehende Softwaresysteme oder angebundene Datenhaltung. Diese frühen Tests, durch verschiedene Projektpartner, dienten ausschließlich der grundlegenden Funktionsprüfung.

Die Plattform unterstützt verschiedene Nutzerrollen: Plattformspezifische Rollen (Administrator, Organisationsadministrator) sowie projektspezifische Rollen (Integrator, Auftragnehmer). Das Onboarding von Nutzern erfolgt über einen Registrierungsprozess, der im AP4100 beschrieben wurde.

3.5. UAP2150 Vorbereitung Andockmöglichkeiten an Plattform

Im UAP2150 wurden die Vorbereitungen für die Andockmöglichkeiten verschiedener Module an die Plattform getroffen. Die Spezifikation der MVP-Architektur wurden festgelegt, u.a. auch durch die Analyse der Schnittstellen zwischen verschiedenen MVP-Bestandteilen.

Die 3RS Software GmbH entwickelte Services zur Anbindung an die Plattform. Dazu zählen ein ERP-Service für Stücklistenenerstellung, Rechnungsstellung und die Verwaltung von Kundenaufträgen sowie ein Registrierungsservice. Die Integration zwischen ERP-System und Basisplattform erfolgt über REST-Schnittstellen. Für die Kostenkalkulation wurde durch InstaWerk eine in-situ Kostenkalkulation für verschiedene Fertigungsverfahren geplant, umgesetzt und implementiert. Die Kalkulationsergebnisse werden über eine REST-Schnittstelle bereitgestellt. Es wurde eine Spezifikation von Auswahlmöglichkeiten und Spezifikationsoptionen für die jeweiligen Fertigungsverfahren erstellt.

Durch Kenbun wurde eine KI-Modellarchitektur für die identifizierten Anwendungsfälle erstellt. Das KI-Training, die Validierung und Feedbackschleife zur iterativen Verbesserung der Verfahren wurden durchgeführt. Der KI-Service dient der Analyse von Angeboten von Auftragsnehmern (PDF-Dokumente) und ermöglicht die Automatisierung sowie das Filtern wichtiger Informationen aus Angeboten, wodurch händische Eingaben obsolet werden.

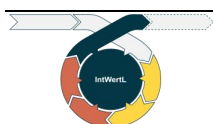
Motion Ray bereitete einen 3D-Viewer zur Visualisierung von Bauteilen vor. Hierbei wurde die Schnittstelle erfolgreich erprobt und der Modell-3D-Viewer ließ sich erfolgreich auf der Plattform integrieren. Zur besseren Kommunikation und der Verständigung ermöglicht der 3D-Viewer allen Anwendern die problemlose Visualisierung von Bauteilen und Baugruppen.

Das Ergebnis des UAP2150 umfasst die Bereitstellung exemplarischer Schnittstellen, Adapter und Vorbereitung für die Integration von Modulen.

3.6. UAP2160 Validierungsphase für den Prototypen

Im UAP2160 wurden das erste Testing und die qualitative Validierung der in AP1100 definierten Anforderungen durchgeführt. Als Grundlage diente ein Validierungsplan, der die Anforderungen an Basis-, Engineering- und Produktionsplattform aus den Deliverables der Arbeitspakete 1100, 2100 und 5100 bündelt.

Die Nutzer erhielten für die Validierung eine Plattformdokumentation und individuelle Zugänge. Anschließend prüften sie qualitativ, ob die Plattform die festgelegten Anforderungen erfüllt. Feedback konnte über eine GitLab-Vorlage Tickets an die Entwicklungsteams gemeldet werden.



Als „Validiert“ eingestufte Funktionalitäten:

- Anfragen durch Integratoren
- Angabe von Kompetenzen/Dienstleistungen
- Annahme von Anfragen
- Darstellung von Kundenwünschen
- Auftragszuweisung
- Zeit- und Kostenschätzung
- Zusammenstellung geeigneter Lieferketten
- Planung von Tätigkeitsabläufen
- Projektstrukturierung (Objekte & Aktivitäten)
- Task Management
- Benachrichtigungen
- Stammdatenverwaltung
- Status Reporting

Als „Unvollständig“ eingestufte Funktionalitäten:

- Automatisches Matching (derzeit nur manuell)
- Annahme/Ablehnung von Aufträgen
- Projektstatusupdates
- Unterstützung erster Use Cases
- Datenbereitstellung
- Fertigerzuweisung (derzeit nur manuell)
- Auftragsmanagement
- Visuelle Planung (z. B. Gantt Diagramme)

Die Ergebnisse der Validierung, zusammengefasst in der Veröffentlichung „Design Science Research approach to MVP Validation using PASS Diagrams“² der S-BPM One Konferenz 2025 des KIT und der GFT, lieferten, zusammen mit den generalisierten Erkenntnissen aus der MVP-Implementierung, einen wichtigen Input für das AP2200, dessen Hauptaufgabe die Weiterentwicklung des MVPs ist.

² El Bobbou, Sleiman, et al. "Design Science Research Approach to Minimal Viable Product Validation Using PASS Diagrams." *International Conference on Subject-Oriented Business Process Management*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2025

4. AP2200 Weiterentwicklung Funktionalität Plattform (3RS)

(bl design, GFT, Instawerk, IPA, Kenbun, KIT, Lauer & Weiss, Motion-Ray)

4.1. UAP2210 Erweiterung Funktionalität und Funktionsumfang der Plattform

Produktionsplattform & Matchmaking ist eine von GFT entwickelte Software, die speziell für Integratoren und Dienstleister konzipiert wurde. Sie unterstützt die effiziente Abwicklung von Dienstleistungsaufträgen im Bereich Fahrzeugentwicklung und -produktion.

Integratoren können über die Software Projekte anlegen und verwalten und Kundenanforderungen hinterlegen – etwa technische Informationen und Spezifikationen zu Baugruppen und Bauteilen. Anschließend identifiziert das System mithilfe eines Matchmaking-Mechanismus passende Anbieter und ermöglicht eine direkte Anfrage.

Im weiteren Verlauf bietet die Software alle klassischen Funktionen, die für eine professionelle Auftragsabwicklung erforderlich sind: vom Versand von Angeboten und Auftragsbestätigungen über die Bereitstellung von Preisinformationen bis hin zur Möglichkeit zum Austausch über eine integrierte Chatfunktion.

Die Software umfasst eine Reihe von Modulen, die die Zusammenarbeit von Integratoren und Dienstleistern unterstützen. Die folgende Beschreibung umfasst alles, was seither im Rahmen von UAP2210 weiterentwickelt wurde:

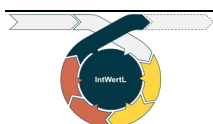
- Die Projektverwaltung wurde um ein Matchmaking-Modul mit verbessertem Auftragsmanagement und integriertem 3D-Viewer erweitert.
- Das Benachrichtigungssystem informiert Nutzer nun noch gezielter über relevante Änderungen und Neuigkeiten in ihren Aufträgen.
- Ein neues Modul für Dienstleister – „Anfragen & Bestellungen“ – unterstützt effizient die Verwaltung und Abwicklung von Aufträgen.
- Ein Diskussionsforum ermöglicht den direkten Austausch zwischen Integratoren und Dienstleistern in der Software.

4.2. UAP2220 Autonome Entscheidung mittels KI-Module

Im UAP2220 wurden bei Kenbun KI-Module entwickelt, die Entscheidungsprozesse im Produktdesign, in der Fertigung und bei Kostenschätzungen unterstützen. Ziel ist die autonome und datenbasierte Verknüpfung von Designanforderungen, Fertigungsverfahren und Kostenfaktoren, um Entwicklungs- und Produktionsentscheidungen zu beschleunigen. Es folgt eine Übersicht der entwickelten KI-Module:

4.2.1. Homologationsassistent (RAG-QA)

Der Homologationsassistent unterstützt Ingenieure bei der Recherche und Interpretation technischer Vorschriften (z. B. UNECE-Dokumente). Die Lösung basiert auf dem Ansatz des Retrieval-Augmented Generation Question Answering (RAG-QA) und kombiniert Information-Retrieval mit generativer Textverarbeitung.



Technische Eckpunkte:

- Nutzung eines vektorbasierten semantischen Index (FAISS-Backend³)
- Generative Textverarbeitung und Answerzeugung mithilfe eines vortrainierten deutschsprachigen Sprachmodells (LeoLM-Mistral⁴)
- Aufbau eines domänenspezifischen Knowledge Graphs zur semantischen Kontextualisierung
- Implementierung von Metriken zur Evaluation der Retrieval-Qualität (Recall@k, MRR, Precision@k)
- Bereitstellung über interne REST-API für Partner im Konsortium

Die prototypische Umsetzung erlaubt es, Fragen zu Regulierungen oder Normen in natürlicher Sprache zu stellen und maschinenlesbare Antworten mit Quellenverweisen zu erhalten. Im Rahmen von IntWertL wurde der Assistent im Konsortium vorgestellt und als abgeschlossen bewertet.

4.2.2. Regelbasierte Matching-Komponente

Zur schnellen und reproduzierbaren Informationsextraktion aus Texten wurde eine regelbasierte Matching-Komponente entwickelt. Sie adressiert Anwendungsfälle, in denen diese regelbasierten Ansätze gegenüber Deep-Learning-Modellen die zweckmäßigere, besser steuerbare und leichter nachvollziehbare Lösung darstellen.

Funktionaler Überblick:

- Hochkonfigurierbare Regeldefinition in YAML
- Beschreibung von Zielstrukturen (z. B. Formular- oder UI-Elemente wie Checkbox, Datumsfeld, Listenauswahl)
- Unterstützung unscharfer Textsuche (fuzzy matching, edit distance)
- Robuste Parser für Datums- und Zeitangaben
- Modularer Aufbau für Cloud- oder Edge-Ausführung
- Laufzeit-Rekonfiguration ohne Retraining möglich

Diese Komponente ermöglicht eine flexible, erklärbare und wartungsarme Integration in bestehende Systeme und kann sowohl als eigenständiges Tool als auch als Vorverarbeitungsmodul für KI-Pipelines eingesetzt werden.

4.2.3. Aufwandsschätzungsassistent

Im Rahmen von UAP2220 wurde ein Konzept zur KI-gestützten Aufwandsschätzung technischer Projekte erarbeitet. Dabei wird der gesamte Schätzprozess als interaktive Sequenz von Teilaufgaben verstanden – ein Ansatz, der sich an Chain-of-Thought-Prinzipien moderner LLMs orientiert.

³ Johnson, J., Douze, M., & Jégou, H. (2017). *Billion-scale similarity search with GPUs*. arXiv:1702.08734. <https://arxiv.org/abs/1702.08734>; Dokumentation: <https://faiss.ai/>

⁴ Model Card: <https://huggingface.co/LeoLM/leo-mistral-hessianai-7b>

Schrittweise Struktur:

- Analyse der Anforderungen: Erkennung fehlender Informationen, Konsistenzprüfung.
- Annahmemanagement: Aufstellen und Verifizieren projektspezifischer Hypothesen.
- Technologie- und Ressourcenauswahl: Bewertung möglicher Verfahren, Materialien, Fertigungstechnologien.
- Arbeitspaketbildung und Risikoanalyse: Clustering von Aufgaben, Einschätzung von Komplexität und Unsicherheit.
- Aufwandsschätzung: Aggregation und Begründung der ermittelten Werte.

Der Assistent wurde prototypisch evaluiert und bildet die Grundlage für einen künftigen dialog-orientierten Expert-Advisor, der auf Ecovity-basierten Plattformen eingesetzt werden kann.

4.2.4. KI-Modellpaketformat

Für die strukturierte Bereitstellung, Versionierung und Nachverfolgbarkeit von KI-Modellen wurde ein Kenbun-Paketformat entwickelt. Dieses Format baut auf ONNX und ZIP-Containerstrukturen auf und ermöglicht eine durchgängige Integration in Entwicklungs- und Ausführungsumgebungen.

Zentrale Merkmale:

- Unterstützung mehrerer Modellkomponenten in einer Pipeline
- Einbettung von Metadaten (Version, Konfiguration, Pre-/Post-Processing)
- Optionale Verschlüsselung und Lizenzinformationen
- Kompatibilität mit Container-basierten Deployment-Systemen (Docker, Kubernetes)
- Verwendung als Standardformat für künftige Kenbun-KI-Services

Damit wird eine technische Grundlage geschaffen, um KI-Modelle im Rahmen der Ecovity-Plattform nachvollziehbar, austauschbar und auditierbar zu machen.

4.2.5. Generative KI für CAD

Im Rahmen von UAP2220 wurde untersucht, wie generative Methoden der KI für die Erstellung von 3D-CAD-Modellen eingesetzt werden können und wie sich der aktuelle Stand der Forschung darstellt. Betrachtet wurden dabei insbesondere lernbasierte Ansätze

- zur Generierung von CAD-Modellen aus Textbeschreibungen,
- zur Rekonstruktion von Geometrien aus Punktwolken, Bildern und ähnlichen Daten,
- und zum Reverse Engineering von Design-Historien bestehender Geometriemodelle.

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden in einem Survey-Paper mit dem Titel „Learning-based 3D CAD Model Generation in Mechanical Engineering: A Survey“⁵ zusammengefasst und bei der Fachzeitschrift Advanced Engineering Informatics eingereicht. Ergänzend dazu wurde ein Softwaredemonstrator entwickelt, der das Potenzial generativer KI für zukünftige CAD-gestützte Designprozesse exemplarisch veranschaulicht und mögliche Einsatzszenarien im Kontext der Ecovity-Plattform aufzeigt.

⁵ Baumeister, Fabian, et al. "Learning-based 3D CAD Model Generation in Mechanical Engineering: A Survey." Available at SSRN 5742425 (2025).

4.3. UAP2230 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess und Serviceoptimierung

Im Rahmen dieses APs und in Abstimmung mit AP5100, 6100, 6200 sowie 6300 wird der entwickelte Prototyp iterativ weiterentwickelt und optimiert. Zentrale Grundlage bilden die technischen Rahmenbedingungen sowie die fachlich definierten Use Cases.

- Weiterentwicklung und Feinabstimmung des UI-Konzepts unter Berücksichtigung der technischen Machbarkeit und der identifizierten Anwendungsszenarien (Konzeptverfeinerung)
- Durchführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen zur Sicherstellung der funktionalen und fachlichen Anforderungen
- Überarbeitung und Anpassung der Softwarekomponenten auf Basis der Ergebnisse aus Validierung und Tests
- Erarbeitung geeigneter Evaluationsfragen und Bewertungskriterien zur systematischen Beurteilung des Prototyps
- Strukturierte Dokumentation der Evaluationsergebnisse
- Erweiterte Tests und Qualitätssicherung des weiterentwickelten Prototyps
- Definition und Spezifikation eines MBSE-Moduls zur strukturierten Abbildung relevanter Systemaspekte
- Festlegung und Beschreibung von Features der Baugruppen mit Fokus auf fertigungs-spezifische Anforderungen

In der nachfolgenden

Tabelle 4-1 werden die Ergebnisse des gesamten Arbeitspakets 2200 übersichtlich zusammengefasst.

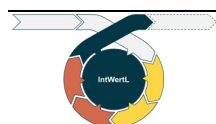


Tabelle 4-1: Zusammenfassung der Ergebnisse AP2200

	Funktionalität	Benutzer- freundlichkeit	Integrationsfä- higkeit	Sicherheit u Da- tenschutz
Registrierung	2-Faktor-Authentifizierung (2FA)	Die Registrierung klar strukturiert, die 2FA erfordert jedoch einen zusätzlichen Schritt	Die Registrierung kann leicht in bestehende Systeme eingebunden werden	Die 2FA erhöht den Schutz vor unbefugtem Zugriff erheblich
Rollen	Integrator, Kunden	Die klare Rollenzuteilung sorgt für eine einfache Bedienbarkeit für beide Nutzergruppen	Rollen lassen sich flexibel integrieren	Die Rollentrennung erhöht die Sicherheit, da nur notwendige Zugriffsrechte vergeben werden
Kundenauftragsverwaltung mit KIT	Anfragen erstellen Stammdaten verwalten	Die Verwaltung ist übersichtlich, erfordert jedoch Grundwissen zur Nutzung	KIT kann gut in bestehende ERP- und CRM-Systeme integriert werden	Kunden- und Stammdaten müssen gemäß DSGVO geschützt verarbeitet werden
Schnittstelle Erstellung	JSON oder CSV-Format	JSON und CSV sind gängige Standards und daher leicht zu handhaben	Beide Formate bieten eine sehr hohe Kompatibilität mit unterschiedlichen Systemen	Die Schnittstellen sollen verschlüsselt übertragen werden, um Datensicherheit zu gewährleisten
Plattform Verbindungen	GFT, KIT	Die Bedienung mehrerer Plattformen erfordert etwas Einarbeitung, ist jedoch praktikabel	Die Plattformen sind auf Interoperabilität ausgelegt und lassen sich gut verbinden	Zugriffskontrollen und Rechtekonzepte sind erforderlich, um Sicherheit über Plattformgrenzen hinweg zu gewährleisten
Unterauftragssteuerung	Angebotsaufforderungen, Auftragsbestätigungen, Fertigungsaufträge Lieferscheine und Rechnungen	Die Abläufe sind nachvollziehbar, können aber durch ihre Vielzahl komplex wirken	Die Prozesse lassen sich nahtlos in Produktions- und Lieferketten einbinden	Der Umgang mit Auftrags- und Rechnungsdaten erfordert hohen Schutz sensibler Geschäftsdaten

5. AP3100 Identifikation von Geschäftsmodell-Potenzialen der Plattform (IPA)

(bwcon, Capgemini, Instawerk, Lauer & Weiss, QS-engineering, Schübel)

Das Arbeitspaket AP3100 verfolgte das übergeordnete Ziel, Geschäftsmodell-Potenziale für ein plattformbasiertes Ökosystem im Bereich der individualisierten Leichtbaufahrzeuge zu identifizieren und strukturiert aufzubereiten. Im Mittelpunkt stand die zentrale Frage, wer innerhalb eines neuartigen Wertschöpfungsnetzwerks welche Leistung erbringt, welchen Nutzen daraus zieht und auf welcher Grundlage Erlöse generiert werden können. Hierzu wurden in vier aufeinander aufbauenden Unterarbeitspaketen zunächst bestehende Engineering- und Produktionsplattformen am Markt analysiert, daraus ein ganzheitliches Plattform-Geschäftsmodell konzipiert und dieses abschließend durch Expertenbefragungen und Industrievalidierungen empirisch abgesichert. Die Ergebnisse bilden die inhaltliche Grundlage für die weiterführenden Arbeitspakete AP3200 und AP6100.

5.1. UAP3110 Marktanalyse- Engineering-Plattformen

Der durchgeführte Analyseprozess befasste sich intensiv mit der Marktanalyse von Engineering-Plattformen. Ziel war die Untersuchung der Orchestrierung von Angebot und Nachfrage sowie des industriellen Datenmanagements. Hierfür wurden zwölf Basisplattformen und die zehn relevantesten Engineering-Plattformen anhand von Kriterien wie Kernleistung, Zielgruppen und Alleinstellungsmerkmalen detailliert analysiert. Zudem wurden die Customer Journey, Einnahmequellen und das zugrunde liegende Business-Ökosystem bewertet. Ergänzend zur Marktrecherche führte das IPA eine Literaturrecherche zu Funktionalitäten von Product-Life-cycle-Management-Systemen (PLM) durch. Die resultierenden Funktionen wurden systematisch dokumentiert und in einem Workshop priorisiert. Die Anforderungen wurden dabei in Kategorien unterteilt: kurzfristig umzusetzende MVP-relevante Funktionen (bis Mitte 2023), gesamtprojektrelevante Inhalte und langfristige Visionen. Ein besonderes Augenmerk lag auf einer Make-or-Buy-Beurteilung zur Entscheidung über Eigenentwicklung oder Schnittstellenintegration. Untersuchte Bereiche umfassten unter anderem Projektstrukturplanung, Aufgabenmanagement, Kostenplanung sowie Änderungs- und Konfigurationsmanagement. Die aufbereiteten Ergebnisse wurden als bewertete Funktionsmatrix und detaillierte Beschreibung an die Arbeitspakete AP1100 und AP2100 zur Implementierung übergeben.

5.2. UAP3120 Marktanalyse- Produktionsplattformen

Im UAP3120 wurde eine detaillierte Marktanalyse von Produktionsplattformen mit Fokus auf industrieller Vernetzung und Datenmanagement durchgeführt. Die Recherche konzentrierte sich auf 53 Unternehmen der Komponentenfertigung, die insbesondere Services zur Sofortkalkulation (Instant Quoting) anbieten. Dabei wurden technologische Lösungen und Leistungsangebote in Bereichen wie Fertigungsverfahren, Legierungen, Qualitätsmanagement und Logistik analysiert. Um die Vielfalt der Geschäftsmodelle abzubilden, wurde eine Taxonomie mit 25 Dimensionen und 68 Ausprägungen entwickelt, wobei über 1.000 Datenpunkte erfasst wurden. Diese Erkenntnisse flossen in Workshops ein, in denen Projektpartner das Geschäftsmodell der EcoVity-Produktionsplattform diskutierten und auf Basis der recherchierten Kriterien weiterentwickelten. Die Ergebnisse wurden im Business Model Canvas visualisiert, mit Schwerpunkten auf Vertrauenswürdigkeit, KMU-Fokus und Leichtbau-Spezialisierung. Als finales Deliverable wurden eine PowerPoint-Datei mit den bewerteten Dimensionen sowie eine

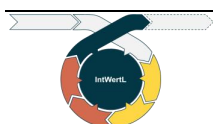
Dokumentation der Funktionalitäten an AP1100 und AP2100 übergeben. Diese Daten dienen als essenzieller Input für die Implementierung und die Geschäftsmodellentwicklung.

5.3. UAP3130 Konzeption eines plattformbasierten Geschäftsmodells

Der durchgeführte Prozess konzentrierte sich auf die detaillierte Konzeption des plattformbasierten Geschäftsmodells für die zu entwickelnde Lösung. Ziel war es, ein tragfähiges Betreibermodell sowie spezifische Wertversprechen für die verschiedenen Stakeholder zu erarbeiten. Hierzu wurden zahlreiche Workshops und Interviews mit den Konsortialpartnern durchgeführt, um wesentliche Fragestellungen zu Rechtsform, Risikomanagement, Einnahmequellen und Gewinnverteilung zu klären. Ein zentrales Ergebnis dieser Phase war die Erarbeitung individueller Geschäftsmodellkonzepte für jeden Partner innerhalb des Ökosystems. Dabei wurden die bestehenden Engineering- und Produktionsdienstleistungen analysiert und in neue Erlösmodelle überführt, etwa in der Rolle als Dienstleistungsanbieter oder als Systemlieferant für den Betrieb der Plattform. Die Konzeption unterschied hierbei klar zwischen den Zielgruppen Integrator (mittelständische Fahrzeughersteller), Dienstleistungsanbieter und Endkunden, für die jeweils spezifische Profile und Mehrwerte definiert wurden. Parallel dazu erfolgte eine tiefgehende Analyse der Zielgruppe „mittelständischer Fahrzeugbau“ durch acht Experteninterviews. Diese dienten dazu, Herausforderungen im Produktentstehungsprozess zu identifizieren und daraus Anforderungen an die Plattform abzuleiten, wie etwa die Unterstützung bei der Homologation oder ein softwarebasiertes Matchmaking. Die Ergebnisse wurden im Business Model Canvas konsolidiert. Wesentliche Pfeiler des Modells sind ein mehrstufiges Registrierungs- und Authentifizierungsverfahren zur Sicherung der Netzwerkqualität sowie ein „Software-as-a-Service“-Erlösmodell, das sich aus festen Mitgliedsbeiträgen und nutzungsabhängigen Gebühren zusammensetzt.

5.4. UAP3140 Validierung und Weiterentwicklung des MVP-Geschäftsmodells

Der durchgeführte Analyseprozess befasste sich mit der Marktvalidierung und der methodischen Absicherung des Geschäftsmodells von EcoVity. In einer qualitativen Untersuchung mit Industrieexperten wurde das Plattformkonzept entlang der Customer Journey bewertet, wobei sich das digitale Lastenheft und die frühzeitige Identifikation regulatorischer Anforderungen als zentrale Mehrwerte zur Reduktion von Koordinationsaufwänden erwiesen. Die Ergebnisse zeigten jedoch auch, dass ein zu hoher Individualisierungsgrad wirtschaftlich oft nicht tragfähig ist, weshalb der Fokus der Plattform auf einer kontrollierten, integratorzentrierten Ausgestaltung mit Fokus auf standardnahen Lösungen liegen sollte. Ein offener Marktplatzansatz wurde aufgrund der hohen Bedeutung langjähriger Vertrauensverhältnisse in der Industrie kritisch bewertet; stattdessen dient EcoVity primär der effizienten Verwaltung bestehender Partnernetzwerke. Um die langfristige Anpassungsfähigkeit der Plattform zu gewährleisten, wurde zudem ein iterativer Weiterentwicklungsprozess auf Basis des PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act) konzipiert. Dieser Prozess ermöglicht es der EcoVity Initialization GmbH und dem IntWertL e.V., das Geschäftsmodell durch ein strukturiertes KPI-System, welches Dimensionen wie Plattformnutzung, Wirtschaftlichkeit und Ökosystementwicklung umfasst, regelmäßig datenbasiert zu evaluieren. Durch die organisatorische Verankerung in einer hybriden Governance-Struktur werden operative Erkenntnisse systematisch in strategische Entscheidungen des Beirats überführt, um die Plattform proaktiv an Markt- und Technologieänderungen anzupassen.



6. AP3200 Geschäftsmodelle und Veränderungsmanagement (bwcon)

(IPA, Knebel, Lauer & Weiss, QS-engineering, Weber Fibertech)

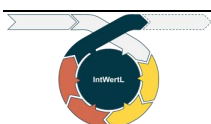
Das Arbeitspaket AP3200 verfolgte das Ziel, neue Geschäfts- und Wertschöpfungsmodelle für die sich wandelnde Automobilindustrie zu entwickeln und die Voraussetzungen für kollaborative, digitale Wertschöpfungsnetzwerke zu schaffen. Im Mittelpunkt stand die Weiterentwicklung der Ergebnisse aus AP3100 hin zu innovationsfördernden Netzwerk- und Plattformansätzen, die insbesondere kleine und mittlere Unternehmen stärker in zukünftige Wertschöpfungsprozesse einbinden sollen. Neben der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle für Plattformakteure und Wertschöpfungsnetzwerke sollte das AP auch die organisatorischen und kulturellen Veränderungen adressieren, die mit diesem Transformationsprozess verbunden sind. Hierfür sollten Hemmnisse, Treiber und Paradigmenwechsel in der Automobilproduktion analysiert sowie Transformationsansätze, Geschäftsmodelloptionen und Handlungsempfehlungen für Unternehmen erarbeitet werden.

6.1. UAP3210 Geschäftsmodellentwicklung

Der finalisierte Konzeptionsprozess für das plattformbasierte Geschäftsmodell von Ecovity stellt das fundamentale Ergebnis des Projekts IntWertL dar. Das primäre Ziel dieser Phase bestand in der Entwicklung eines digitalen Ökosystems, das speziell auf die Anforderungen kleiner und mittelständischer Unternehmen im Bereich der individuellen Fahrzeugentwicklung und Kleinserienfertigung zugeschnitten ist. Im Kern ermöglicht Ecovity die Vernetzung souveräner Akteure über einen gemeinsamen Datenraum, um komplexe Wertschöpfungsketten agil abzubilden und die Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstands durch digitale Zusammenarbeit zu stärken.

Die strategische Ausrichtung der Plattform folgt einem dreistufigen Evolutionspfad, der mittels Action Design Research entwickelt wurde, um Investitionsrisiken in einem kapitalbegrenzten Umfeld systematisch zu minimieren. In der ersten Phase, der Seed Phase in den Jahren eins bis zwei, agiert der Plattforminhaber als Product Service Platformizer. Hierbei sind die digitalen Services noch eng mit existierenden physischen Produkten verknüpft, wobei eine schlanke EcoVity Initialization GmbH durch einen Leuchtturmpartner gesteuert wird, um die Kontrolle über die Architektur zu behalten. Ab dem dritten Jahr folgt die Transformation zum Platform Ecosystem Orchestrator, bei dem durch eine individuelle Umsatzaufteilung zwischen den Partnern ein generatives Ökosystem als Erweiterung zu bestehenden Angeboten entsteht. In dieser Phase treten weitere Partner als Gesellschafter in ein dezentrales Joint Venture ein, um die Marktdurchdringung zu erhöhen. Die finale Entwicklungsstufe sieht ein Modell als Platform Market Guardian vor, das als vollständig offener Marktplatz fungiert und durch marktbasierende Governance die Neutralität der Plattformdaten sowie die Souveränität der Teilnehmer dauerhaft sicherstellt.

Für die organisatorische Umsetzung wurde eine duale Struktur definiert, die eine operative, investorenfähige GmbH für den wirtschaftlichen Plattformbetrieb von einem neutralen Verein für die übergeordnete Community-Bildung und Lobbyarbeit trennt. Diese Struktur ist das direkte Ergebnis der in UAP3140 durchgeführten Validierung: Die Expertenbefragungen zeigten, dass ein offener Marktplatzansatz aufgrund der hohen Bedeutung langjähriger Vertrauensverhältnisse in der Industrie nicht tragfähig ist und stattdessen eine kontrollierte, integrationszentrierte Governance erforderlich ist. Die gewählte hybride Organisationsform überführt diese



Erkenntnis in eine konkrete Rechts- und Betreiberstruktur. Die finanzielle Planung für die dreijährige Seed Phase sieht einen Gesamtkapitalbedarf von 2 Millionen Euro vor. Diese Summe deckt die zentralen Kostenblöcke für die Geschäftsführung, die technologische Entwicklung sowie den Bereich Vertrieb und Marketing ab. Die Finanzierung setzt sich dabei aus 50 Prozent Barmitteln, 30 Prozent personellen Eigenleistungen der Partner im Sinne von Sweat Equity sowie 20 Prozent Einbringung von geistigem Eigentum aus dem Forschungsprojekt zusammen.

Die Monetarisierung erfolgt durch eine Kombination aus monatlichen Grundgebühren in Höhe von etwa 250 Euro für das Basispaket sowie einer Transaktionsgebühr von 5 Prozent auf über die Plattform vermittelte Leistungen. Marktanalysen für den Bereich der Sonderfahrzeuge, wie etwa Abfallsammel- oder Rettungsfahrzeuge, belegen ein erhebliches Potenzial mit einem adressierbaren Gesamtmarkt von jährlich etwa 2,7 Milliarden Euro. Ein wirtschaftlicher Break Even wird im realistischen Szenario bereits im dritten Jahr der operativen Tätigkeit erwartet, wobei lediglich eine Marktdurchdringung von 7 bis 8 Prozent der Ziel KMU vorausgesetzt wird.

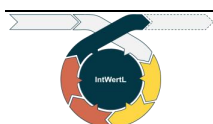
Die vertragliche Ausgestaltung im Ecovity Ökosystem ist so konzipiert, dass der Endkunde das Fahrzeug direkt beim Integrator bestellt, welcher als Hauptvertragspartner die volle Haftung übernimmt. Die Ecovity Plattform fungiert in diesem Verhältnis lediglich als vermittelndes Einfallstor und Onboarding Instanz, tritt jedoch nicht als Vertragspartner für den Fahrzeugkauf oder das Leasing auf. Zwischen dem Integrator und den Dienstleistungsanbietern werden separate Liefer- oder Rahmenverträge geschlossen, während die Nutzung der digitalen Dienste über Software as a Service Nutzungsverträge mit dem Plattformbetreiber geregelt wird.

Technisch basiert der Nutzwert für die Teilnehmer auf sechs funktional integrierten Kernmodulen, die den gesamten Produktentstehungsprozess digital abbilden. Das Webportal dient als zentrales Gateway für das Onboarding und die Kontoverwaltung. Das Modul zur Projektinitiierung unterstützt die Definition von Fahrzeugwünschen mittels intelligenter 3D Assistenten, was die Anforderungsanalyse erheblich verkürzt. Ein Konfigurator ermöglicht die visuelle Zusammenstellung von Bauteilen auf Basis regelbasierter digitaler Herstellerkataloge. Die Projektinitialisierung koordiniert den Informationsfluss zwischen den Partnern und bereitet die technische Umsetzung vor. Das Marktplatz Modul automatisiert das Finden passender Partner durch einen Kompatibilitätsindex, während das Projektmanagement Modul die operative Steuerung, Ressourcenplanung und Dokumentation bis zur endgültigen Projektabnahme sicherstellt.

Ecovity setzt konsequent auf industrielle Standards wie Catena-X sowie Gaia-X und nutzt den EDC-Konnektor, um Datensouveränität und Interoperabilität zu gewährleisten. Die Plattform übersetzt diese komplexen technologischen Anforderungen in einen praxisnahen und niedrigschwelligen Einstieg, der gezielt die größten Hürden für KMU, wie die interne Vorbereitung und die technische Anbindung, adressiert. Durch diese modulare Architektur und ein differenziertes Rollenmodell wird eine flexible Zusammenarbeit in volatilen Wertschöpfungsnetzwerken ermöglicht, die über traditionelle lineare Lieferketten hinausgeht.

6.2. UAP3220 Veränderungsmanagement

Das UAP3220 untersuchte intensiv die Fragestellung, wie die Weiterentwicklung von Wertschöpfungsmodellen durch einen begleitenden kulturellen Wandel in Organisationen unterstützt werden kann. Im Fokus stand dabei das Ziel, latente Abwehrmechanismen gegenüber neuen Denk- und Handlungsweisen abzubauen und neue Wertschöpfungsmechanismen als Zukunftsoption statt als Bedrohung des Bestandsgeschäfts zu verankern. Organisatorisch



startete das Paket mit einer zweimonatigen Verspätung und wurde aufgrund von Verzögerungen in vorgelagerten APs sowie zeitweise fehlenden Ressourcen durch Doppelrollen in den Bereichen Veränderungsmanagement und Projektmanagement erst zehn Monate nach dem regulären AP-Ende abgeschlossen. Grundlegend für die methodische Arbeit war die Definition, dass sich die Aufgaben in diesem Bereich stets auf weiche Faktoren wie Kultur, Werte und Mindset beziehen, während die harten Faktoren wie Regeln, Prozesse und Verträge in anderen Projektteilen adressiert wurden.

Im Rahmen des Deliverables 322A wurde die Projektvision in einem dreistufigen, iterativen Prozess entwickelt und fortlaufend angepasst. Zunächst wurden eine Visionsstory und ein Visionstext auf Basis der Kernziele von IntWertL erarbeitet, wobei die Perspektiven der Projektpartner frühzeitig in Workshops eingebunden wurden. Eine zweite Phase der Weiterentwicklung wurde durch geänderte Rahmenbedingungen wie die Entstehung der Marke EcoVity und den Einfluss von Catena-X erforderlich. Hierbei wurden drei Visionsleitsätze definiert und in Abstimmung mit der AP-Leitungsrunde sowie im Rahmen von Informationsveranstaltungen verfeinert. In der finalen Phase erfolgte die Anpassung an die konkreten Projektergebnisse, was in einem präzisen Text mündete, der die Kernelemente der Vision für die Abschlusspräsentation zusammenfasste.

Das Deliverable 322B befasste sich mit den Treibern, Hemmnissen und Eintrittsbarrieren für Plattformnutzer. Ein Schwerpunkt lag auf der Untersuchung von Abwehrmechanismen im Kontext von EcoVity und der Analyse kultureller Hindernisse für eine wertebasierte Zusammenarbeit in der Automobilindustrie. Durch Experteninterviews und qualitative Umfragen im Konsortium wurden zentrale Voraussetzungen für die Entstehung von Wertschöpfungsnetzwerken identifiziert. Um diese Hindernisse praktisch zu reduzieren, wurden konkrete Maßnahmen zu Themen wie den KMU-Bedürfnissen, Entscheidungsprozessen und der Roadmap-Entwicklung umgesetzt. Besonders die niederschwellige Aufbereitung komplexer Inhalte zu Catena-X half dabei, Missverständnisse zwischen den Partnern zu minimieren und die Akzeptanz für das neue Ökosystem zu erhöhen.

Im abschließenden Deliverable 322C wurden Handlungsempfehlungen für den kulturellen Wandel sowie die juristischen Nutzungsrechte ausgearbeitet. Aus den vorangegangenen Analysen wurden zwei Awareness Guides für Plattformnutzer und Betreiber abgeleitet, die als Orientierungshilfen für den Umgang mit Eintrittsbarrieren dienen. Ergänzend dazu wurde auf Basis der PDCA-Methode eine Blaupause entwickelt, die Unternehmen dabei unterstützt, ihre Organisationskultur im Plattformkontext zu reflektieren und prozessuale Barrieren abzubauen. In der rechtlich-ökonomischen Perspektive wurde zudem ein strukturiertes Vorgehen für die Aufteilung der Rechte an den Projektergebnissen vorgeschlagen, um die Verwertung gemeinschaftlicher Ergebnisse durch ergänzende Einzelvereinbarungen rechtlich abzusichern.

7. AP4100 Prozessmodellierung, -management & -automatisierung (Capgemini)

(3RS, GFT, KIT, IPA, Motion-Ray)

Das AP4100 adressierte die ganzheitliche Analyse, Modellierung, Optimierung und perspektivische Automatisierung zentraler Plattformprozesse entlang der Wertschöpfungskette. Ziel war es, durch subjektorientierte Prozessmodellierung sowie den konzeptionellen Einsatz KI-basierter, autonomer Entscheidungshilfen und integrierter Wissensassistenzen eine Grundlage für effizientere und weitgehend automatisierbare Prozesse zu schaffen. Aufbauend auf den Ergebnissen des AP2100 wurden bestehende Prozess- und Datenstrukturen konsolidiert, homogenisiert und für weiterführende Automatisierungsschritte vorbereitet.

Die Erfüllung der mit dem AP4100 verbundenen Projektziele leistete einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion von Durchlaufzeiten und Dokumentationsaufwänden für die Plattformteilnehmer. Insbesondere durch die Konzeption intelligenter Assistenzsysteme als erste Interaktionsschicht mit den Daten konnten Potenziale zur Übernahme redundanter manueller Tätigkeiten – wie Statusabfragen, standardisierte Validierungen oder organisationsübergreifende Abstimmungen – identifiziert und strukturiert adressiert werden.

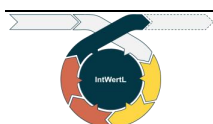
Die Arbeitsergebnisse des AP4100 sind in den nachfolgenden Kapiteln entsprechend der UAPs dargestellt und umfassen die Beschreibung der methodischen Vorgehensweise, die erzielten Ergebnisse sowie – sofern zutreffend – Erläuterungen zu Abweichungen von der ursprünglichen Vorhabenbeschreibung.

7.1. UAP4110 Analyse der notwendigen Prozesse und Dienstleistungen

Im UAP4110 stand die ganzheitliche Analyse, Strukturierung und Modellierung zentraler Plattformprozesse der EcoVity-Basisplattform im Fokus. Ziel war es, wesentliche Interaktions-, Koordinations- und Managementprozesse entlang der digitalen Wertschöpfung transparent darzustellen, Optimierungspotenziale sichtbar zu machen und eine belastbare Grundlage für spätere Implementierungs- und Automatisierungsschritte zu schaffen. Die Prozessmodellierung erfolgte methodisch konsistent unter Anwendung des Paradigmas der Subjektorientierung und der Modellierungssprache PASS.

PASS ist als Prozessmodellierungssprache besonders gut geeignet für verteilte, kollaborative Prozesse und trennt konsequent zwischen der Interaktionssicht und der internen Verhaltenssicht der beteiligten Akteure. Hierzu werden zwei eng miteinander verknüpfte Diagrammtypen eingesetzt: das Subject Interaction Diagram (SID), welches die beteiligten Subjekte und ihre Nachrichtenbeziehungen ohne zeitliche Abfolge beschreibt sowie die Subject Behavior Diagrams (SBD), welche die internen Zustände, Aktivitäten und Übergänge einzelner Subjekte detailliert abbilden. Diese Form der Modellierung eignet sich insbesondere für komplexe Plattform- und Netzwerkprozesse mit mehreren autonom agierenden Akteuren und wurde im Projekt IntWertL durchgängig eingesetzt.

Die Prozessmodelle wurden federführend durch das KIT erstellt und im engen Austausch mit allen beteiligten Partnern abgestimmt. Durch diese enge Zusammenarbeit konnte sichergestellt werden, dass technische, organisatorische und fachliche Perspektiven gleichermaßen berücksichtigt und praxisnahe Modelle erarbeitet wurden.



Der Anforderungsmanagementprozess [D-411A] beschreibt die initiale Phase eines Projektes auf der EcoVity-Plattform, in der Kunden grundlegende Anforderungen für ein geplantes Vorhaben erfassen. Ziel des Prozesses ist es, eine erste, hinreichend strukturierte Beschreibung der Projektanforderungen zu ermöglichen, die als Ausgangspunkt für nachgelagerte Prozesse wie Netzwerkkonfiguration, Auftragsanbahnung und Projektmanagement dient. Die Modellierung berücksichtigt unterschiedliche Formen der Anforderungserfassung – von strukturierten Eingabefeldern über Freitexte bis hin zum Upload ergänzender Dokumente – und mündet in der Erstellung eines dynamischen Lastenheftes, das im weiteren Projektverlauf sukzessive verfeinert wird.

Der Auftragsmanagementprozess [D-411B] adressiert die Steuerung, Überwachung und Koordination laufender Projekte innerhalb der Plattform. Im Mittelpunkt steht die Rolle des Projektmanagers bzw. Integrators, der über die Plattform Aufgaben plant, Auftragsteilnehmer koordiniert, Fortschritte überwacht und auf Abweichungen oder Regelverstöße reagiert. Die Modellierung zeigt, wie sämtliche Kommunikation und Entscheidungsfindung zentral über die Plattform erfolgt und wie unterschiedliche Szenarien – etwa Verzögerungen, Umplanungen oder Eskalationen – systematisch abgebildet werden können. Durch die klare Strukturierung der Zustände, Nachrichtenflüsse und Entscheidungslogiken wird deutlich, welche Funktionalitäten die Plattform zur Unterstützung eines effektiven Projektmanagements bereitstellen muss.

Der Anfrage- und Auftragsanbahnungsprozess [D-411C] stellt einen zentralen Beitrag zur strukturierten und transparenten Interaktion zwischen Kunden, Dienstleistern und der EcoVity-Basisplattform dar. Durch die subjektorientierte Modellierung konnte eine klare und nachvollziehbare Darstellung der Prozesslogik erreicht werden. Besonders hervorzuheben ist die Ausarbeitung von drei Prozessvarianten – von einer vollständig manuellen über eine teilautomatisierte bis hin zu einer integrierten und weitgehend automatisierten Ausprägung. Diese Varianten verdeutlichen, wie ein einheitlicher Kernprozess flexibel an unterschiedliche Reifegrade, Organisationsformen und Anwendungsszenarien angepasst werden kann. Die Modelle zeigen anschaulich, wie durchzunehmende Plattformintegration manuelle Abstimmungen reduziert und Effizienzpotenziale realisiert werden können.

Der Netzwerkkonfigurationsprozess [D-411D] bildet die Grundlage für die Zusammenstellung geeigneter Projektpartner innerhalb der Plattform. Die Modellierung fokussiert insbesondere die Rollen von Integratoren und Plattformmitgliedern sowie deren Interaktionen über den Marktplatz. Durch die klare Darstellung der Kommunikationsbeziehungen und Entscheidungslogiken wird transparent, wie passende Dienstleister identifiziert, ausgewählt und in ein Projekt eingebunden werden können. Die erarbeiteten SID- und SBD-Modelle schaffen ein gemeinsames Verständnis der Plattformlogik und bilden eine anschlussfähige Basis für spätere Erweiterungen und technische Umsetzungen.

Der Registrierungsprozess [D-411E] beschreibt das Onboarding neuer Teilnehmer auf der EcoVity-Plattform. Im Zentrum stehen die Rollen des zukünftigen Teilnehmers, des Organisations-Administrators sowie der Unternehmensprüfung. Die Modellierung zeigt einen klar strukturierten Ablauf von der initialen Registrierung über organisationsinterne Prüfungen bis hin zur Freischaltung für die Plattformnutzung. Durch die saubere Trennung von Interaktions- und Verhaltenssicht wird nachvollziehbar, wie Verantwortlichkeiten verteilt sind und welche Prüf- und Validierungsschritte erforderlich sind, um die Qualität und Vertrauenswürdigkeit des Plattformnetzwerks sicherzustellen.

Die entwickelten Prozessmodelle zeigen insgesamt, dass der subjektorientierte Modellierungsansatz PASS hervorragend geeignet ist, komplexe Plattform- und Netzwerkprozesse verständlich, transparent und konsistent abzubilden. Die Ergebnisse leisten einen wesentlichen Beitrag zur Harmonisierung der Prozesssicht im Gesamtprojekt IntWertL und schaffen eine belastbare Grundlage für die weitere technische Ausgestaltung, Integration und Automatisierung der Plattform. Durch die enge Abstimmung zwischen den beteiligten Partnern und die konsequente methodische Vorgehensweise konnte ein hohes Maß an Praxistauglichkeit und strategischem Mehrwert erzielt werden.

7.2. UAP4120 Konzepte der Architektur der Assistenten

Die vom KIT verantworteten UAPs 4120 und 4130 bauten unmittelbar auf den konzeptionellen und methodischen Ergebnissen der vorangegangenen APs auf, insbesondere auf AP2100 und AP2200 sowie auf den Resultaten aus UAP4110. Eine enge inhaltliche Verzahnung bestand dabei mit AP2200, in dem zentrale Architekturprinzipien, Datenraumkonzepte und Integrationsmechanismen definiert wurden. Diese Grundlagen bildeten die Basis für die Ausarbeitung der Plattformarchitektur in AP4120 sowie für die prototypische Umsetzung in AP4130. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass konzeptionelle Entscheidungen konsistent bis auf die Umsetzungsebene fortgeführt wurden.

In AP4120 lag der Schwerpunkt auf der konzeptionellen Ausgestaltung der Plattformarchitektur sowie auf der Definition intelligenter Assistenz- und Servicekonzepte. AP4130 hingegen fokussierte sich auf die prototypische Realisierung dieser Konzepte in Form von Softwaredemonstratoren und modularen Softwareartefakten. Ziel war es, die im Projekt IntWertL entwickelten Use-Cases und Plattformprozesse nicht nur theoretisch zu beschreiben, sondern diese entlang konkreter Demonstrationsprozesse technisch erfahrbar zu machen.

Die Ergebnisse beider Arbeitspakete sind eng miteinander verzahnt und inhaltlich nur gemeinsam zu betrachten: Während AP4120 den konzeptionellen Rahmen vorgibt, bildet AP4130 die operative Umsetzungsebene. Beide Arbeitspakete sind dabei unmittelbar an die Ergebnisse aus AP2200 angebunden, in dem grundlegende Architekturentscheidungen, Datenflusskonzepte sowie die Einbettung in bestehende Datenraum- und Ökosystemstrukturen, insbesondere Catena-X, vorbereitet wurden.

Das Deliverable D-412A beschreibt das konzeptionelle Fundament der Plattformarchitektur des EcoVity-Ecosystems sowie deren prototypische Umsetzung in Softwaredemonstratoren. Ausgangspunkt ist das digitale Ökosystem EcoVity, das im Projekt IntWertL als Referenzarchitektur für föderierte, datengetriebene Wertschöpfungsnetzwerke entwickelt wird. Die funktionale Architektur dieses Ökosystems wird in einem sogenannten Synthesemodell beschrieben, das als zentrales Ordnungs- und Referenzmodell für die Zuordnung von Akteuren, Anwendungsfällen und Softwaremodulen dient.

Das Synthesemodell liegt in mehreren Evolutionsstufen vor. Eine erste Version wurde bereits in frühen Projektphasen veröffentlicht und im Rahmen des MVP weiterentwickelt. Die im Kontext von AP4120 verwendete dritte Version stellt den aktuellen Arbeitsstand dar und reflektiert die kontinuierliche Weiterentwicklung des digitalen Ökosystems. Da digitale Ökosysteme per Definition dynamisch sind, wird auch das Synthesemodell regelmäßig angepasst und erweitert. Detaillierte Erläuterungen zur Modellierungsmethodik und Lesart des Synthesemodells

sind in einer begleitenden Dissertationsschrift⁶ dokumentiert; im Rahmen des Abschlussberichts liegt der Fokus auf den für die Softwaredemonstratoren relevanten Ebenen. Zentral für die Ableitung der Softwaredemonstratoren sind insbesondere der S-Layer (Siehe Abb. 7-1) und der F-Layer des Synthesemodells. Der S-Layer beschreibt die beteiligten Akteure und Rollen innerhalb des Ökosystems, während der F-Layer die zugehörigen funktionalen Fähigkeiten und Services abbildet.

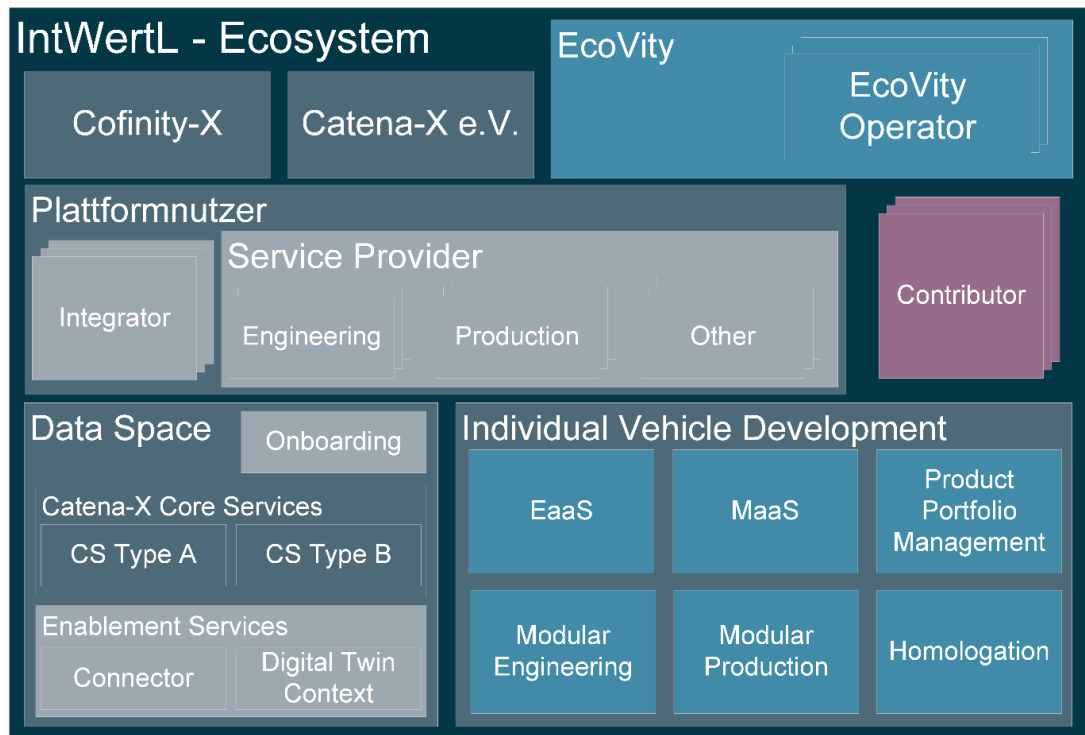


Abbildung 7-1: S-Layer Synthesemodell V3

Auf oberster Ebene sind die Orchestratoren des EcoVity-Ökosystems verortet, namentlich Cofinity-X, Catena-X e.V. sowie EcoVity. Darunter sind die Teilnehmer des Ökosystems angesiedelt, wobei der Rolle des Integrators eine besondere Bedeutung zukommt. Der Integrator fungiert als zentraler Koordinator innerhalb eines Projektes und übernimmt die Verantwortung für die Orchestrierung von Engineering-, Produktions- und Dienstleistungsnetzwerken. Diese Rolle wurde bereits in früheren Deliverables detailliert herausgearbeitet und bildet auch für die Architektur der Softwaredemonstratoren einen zentralen Ankerpunkt.

Die Anwendungsfälle des Ökosystems lassen sich in zwei übergeordnete Domänen gliedern: Data Space und Individual Vehicle Development (IVD). Im Rahmen der Arbeitspakete 4120 und 4130 liegt der Schwerpunkt klar auf der IVD-Domäne. Grundlagen dieses Konzepts wurden bereits von Bönsch et al. (2024)⁷ beschrieben und im Projekt IntWertL weiter konkretisiert.

⁶ Bönsch, Jakob. "Engineering Digital Engineering: A methodology for model-based and subject-oriented design." (2026).

⁷ Bönsch, Jakob, et al. "Intelligente Wertschöpfungsnetzwerke für individuelle Fahrzeugentwicklung." *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 119.12 (2024): 902-906

7.1. UAP4130 Entwicklung der Module

Die Domäne IVD umfasst sechs eng miteinander verknüpfte Anwendungsfälle, die den vollständigen Lebenszyklus eines individualisierten Fahrzeugs von der Portfolioverwaltung bis zur Zulassung abdecken (siehe Abbildung 7-2). Diese Anwendungsfälle bilden die inhaltliche Grundlage für die Konzeption der Softwaredemonstratoren und werden im Folgenden kurz zusammengefasst.



Abbildung 7-2: Individual Vehicle Development Anwendungsfälle

Product Portfolio Management (PPM) adressiert die strukturierte Verwaltung von Produkten, Projekten und Varianten über Organisationsgrenzen hinweg. Ziel ist es, eine einheitliche Sicht auf Produktlebenszyklen zu schaffen und eine Single Source of Truth innerhalb eines föderierten Datenraums zu etablieren. PPM bildet die Grundlage für Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Steuerbarkeit in individualisierten Entwicklungs- und Produktionsvorhaben.

Engineering as a Service (EaaS) ermöglicht den bedarfsgerechten Zugriff auf Engineering-Leistungen innerhalb eines föderierten Netzwerks. Durch standardisierte Beschreibungen von Engineering-Fähigkeiten, Aufgaben und Schnittstellen können Entwicklungsleistungen flexibel vergeben, kombiniert und bewertet werden. Die Nutzung des Catena-X Dataspace stellt dabei Datensouveränität und Vertrauen sicher.

Modular Engineering (ME) verfolgt das Ziel, komplexe Entwicklungsaufgaben in klar abgegrenzte, modular strukturierte Teilaufgaben zu zerlegen. Durch definierte Schnittstellen, Semantiken und Workflows wird eine effiziente Zusammenarbeit insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen ermöglicht. Die Verantwortung für das Gesamtsystem verbleibt beim Integrator, während Teilaufgaben verteilt bearbeitet werden.

Manufacturing as a Service (MaaS) überträgt das Service-Paradigma auf die Produktion. Produktionskapazitäten und -fähigkeiten werden über standardisierte Beschreibungen zugänglich gemacht, sodass Fertigungsaufträge automatisiert vermittelt und koordiniert werden können. Ergänzende Funktionen wie Instant Quoting und Feedbackmechanismen erhöhen Transparenz und Vertrauen.

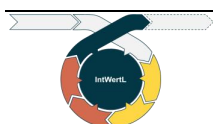
Modular Production (MP) fokussiert die operative Umsetzung verteilter Produktionsprozesse. Durch die Bereitstellung von Produktionsstatusinformationen, Prognosen und standardisierten Prozessbeschreibungen wird eine flexible, netzwerkbasierte Fertigung unterstützt.

Homologation adressiert die regulatorische Zulassung von Fahrzeugen und Komponenten. Dieser Anwendungsfall wurde im Projekt IntWertL nur am Rande betrachtet, da der Schwerpunkt auf Engineering- und Produktionsprozessen lag. Nichtsdestotrotz wurde Homologation konzeptionell im Synthesemodell verankert, um die Vollständigkeit der IVD-Domäne sicherzustellen.

Auf Basis des Synthesemodells und der beschriebenen Anwendungsfälle wurden in UAP4120 und UAP4130 mehrere Softwaredemonstratoren konzipiert und umgesetzt. Ziel dieser Demonstratoren ist es, zentrale Aspekte der Plattformarchitektur und der Use-Cases prototypisch erfahrbar zu machen. Hierzu wurden konkrete Demonstrationsprozesse definiert [D-412A], die unabhängig voneinander präsentiert werden können und jeweils ausgewählte Funktionalitäten des Ecosystems abbilden. Sie dienen dazu, technische Machbarkeit, Integrationsfähigkeit und Interoperabilität der Module zu demonstrieren.

Das UAP4130 war primär durch die Implementierung konkreter Softwarebestandteile, durch diverse Beteiligte der APs 2200 und 4100, geprägt [D-413A, D-413B, D-413-E, D-413F, D-413G, D-413H, D-413I, D-413K, D-413L]. Die Ergebnisse dieser APs bestehen weniger aus klassischen textuellen Deliverables, sondern vor allem aus modularen Softwareartefakten, Schnittstellenimplementierungen und Prototypen. Diese wurden von den beteiligten Softwareunternehmen entwickelt und in gemeinsam genutzten GitLab-Repositories bereitgestellt. Die einzelnen Deliverables aus AP4130 dokumentieren jeweils spezifische Softwarekomponenten und orientieren sich inhaltlich an den zuvor beschriebenen Anwendungsfällen sowie den definierten Demonstrationsprozessen. Die technische Umsetzung der Schnittstellen, Datenmodelle und Services ist in den entsprechenden Repositories nachvollziehbar dokumentiert und bildet die Grundlage für eine weiterführende Entwicklung über die Projektlaufzeit hinaus.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der UAPs 4120 und 4130, dass das im Projekt IntWertL entwickelte Architektur- und Use-Case-Konzept geeignet ist, komplexe, föderierte Wertschöpfungsnetzwerke softwaretechnisch abzubilden. Die Kombination aus methodisch fundierter Architekturarbeit, klar definierten Anwendungsfällen und prototypischer Umsetzung in Softwaredemonstratoren stellt einen wesentlichen Beitrag zum Projekterfolg dar und schafft eine belastbare Grundlage für zukünftige Weiterentwicklungen des EcoVity-Ökosystems.



8. AP5100 Partneranbindung und Onboarding (bwcon)

(3RS, bl design, Capgemini, Fiber Engineering, GFT, IPA)

Das AP beschäftigt sich mit den Voraussetzungen für eine spätere Skalierung aus organisatorischer, juristischer und technischer Sicht. Die initialen Onboarding-Prozesse und -routinen wurden definiert und im Konsortium abgestimmt. Zusammen mit den Partnerfirmen wurden die technischen Anforderungen an die Datenverwaltung und -schnittstellen definiert und für eine Plattformskalierung vorbereitet.

Für das Betreibermodell wurden vertragliche Vereinbarungen und ein Datenschutzkonzept erarbeitet. Ergebnisse sind:

- die Dokumentation der Analyse, wie der Großteil der Unternehmen an die Plattform angebunden werden können sowie die entsprechenden programmierten Schnittstellen
- das Konzept und die Empfehlung zu den notwendigen Anforderungen an den Schutz von geistigem Eigentum und technologischem Know-how für die gemeinsame Entwicklung von Produkten
- der Plattformprototyp mit integrierten IT-Security-Komponenten gemäß Security-Konzept soweit möglich und machbar
- Ein Onboarding-Prozess innerhalb des Plattformprozesses mit unterschiedlichen Zugriffs- und Verifizierungsmöglichkeiten für Plattformteilnehmer sowie interessierte Unternehmen
- Vorschläge für notwendigen Verträge, Rechte und Pflichten der Plattformteilnehmer, des Plattformbetreibers und der Plattformkunden

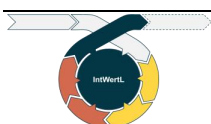
Für die Teilnahme am Catena-X Datenraum und für die Anmeldung bei Cofinity-X wurde beschlossen, deren jeweiligen Prozesse und Vereinbarungen zu übernehmen.

Im AP gab es teilweise Verzug. So wurde das UAP5130, entgegen dem ursprünglichen Plan, zeitlich überschritten. Es war zum einen abhängig von den Ergebnissen aus AP3200 und AP4100, die aber in der zeitlichen Abfolge später eingeplant waren. Darüber hinaus waren die notwendigen Ressourcen zur Umsetzung ursprünglich bei der Leichtbau BW eingeplant und während der AP-Laufzeit nicht verfügbar. Diese wurden erst ca. ein Jahr nach dem geplanten Ende des APs mit dem Zuwendungsbescheid der Aufstockung der bwcon im Juli 2024 freigegeben. Schlussendlich konnte das ausstehende Ergebnis durch eine Unterbeauftragung an die bwcon GmbH im Januar 2026 final realisiert werden.

Im Themenbereich Anbindung und Security wurden zusätzlich Aktivitäten durchgeführt. Capgemini hat gemeinsam mit 3RS und GFT mehrere Sessions zur Inbetriebnahme des EDC vorgenommen. Auch ohne eine Anbindung an die Catena-X Plattform ist es gelungen, einen Datenaustausch vorzunehmen und die Funktionsweise des EDC zu dokumentieren. Es wurden mehrere Veranstaltungen/ Kongresse von GAIA-X und Catena-X besucht, um ein besseres Verständnis beider Plattformen zu erhalten. Des Weiteren wurden zwei Planspiele mit Catena-X und der IHK durchgeführt und mehrere weitere Förderprojekte, die sich mit GAIA-X und Catena-X befassen, untersucht und Informationen ausgetauscht.

8.1. UAP5110 Technische Anforderungen an die Datenverwaltung und -Schnittstellen durch Plattformskalierung

Dieses UAP beschäftigte sich mit den notwendigen Anpassungen des Plattformprototypen, um das automatisierte Anbinden von neuen Partnern und Kunden der Plattform zu



ermöglichen und baut auf AP2100 auf und hat diese konzeptionell weiterentwickelt. Aufgabe im UAP war, für sämtlichen Unternehmen, unabhängig ob und mit welchen Datenmanagementsystem sie arbeiten, eine komfortable Anbindung zu gewährleisten. Mögliche Optionen dafür sind: die Definition einer Open-Source-Schnittstelle, die Programmierung von Interfaces zur Anbindung der verbreitetsten Datenmanagementsysteme und die Programmierung einer manuellen Datenschnittstelle als "Worst Case".

Das UAP5110 zielte darauf ab, die Anbindung neuer Partner und Kunden an die Plattform zu automatisieren und zu skalieren. Für eine Anbindung von verschiedenen Datenmanagementsystemen wurden im AP die Voraussetzungen für das Onboarding von Plattformnutzern evaluiert, insbesondere unter Verwendung von Technologien aus dem Catena-X-Datenraum wie den EDC. Der EDC ermöglicht einen sicheren, organisationsübergreifenden Datenaustausch in föderierten Datenräumen wie Catena-X. Mit ihrem standardisierten Konnektor unterstützt der EDC die interoperable Anbindung unterschiedlicher Datenmanagementsysteme und schaffen so eine einheitliche Grundlage für die Integration von Partnern. Die Evaluierung zeigte, dass die Integration des EDC in die EcoVity-Lösung stark vom Betreiber- und Geschäftsmodell abhängt und dass die Nutzung der EDC als standardisierter Konnektor grundsätzlich möglich ist.

Im Rahmen von IntWertL wurden „on-premise“-Speichermöglichkeiten mit Datenhosting und Datensouveränität betrachtet, um die Anforderungen der Plattformnutzer zu berücksichtigen. Parallel wurden Schnittstellen zu verschiedenen Services definiert und vorbereitet, darunter ein ERP-Modul und ein KI-Service zur Analyse von Angeboten, den Service für Kostenschätzung sowie weiteren Services wie Benutzerregistrierung vorbereitet. Die technische Architektur der Plattform wurde als Microservices-Architektur mit offenen Schnittstellen ausgestaltet, um die Anbindung unterschiedlicher Datenmanagementsysteme zu ermöglichen (siehe auch AP2100).

Des Weiteren wurde die 2-Faktor-Identifizierung durch 3RS erfolgreich als Demo implementiert. Die Lösung wurde anschließend von bwcon evaluiert und geprüft.

8.2. UAP5120 Definition und Umsetzung von Randbedingungen für das Betreibermodell

Ergebnis des UAPs ist eine Anforderungsliste wie in der Vorhabenbeschreibung gefordert. Die Liste mit Beispielen wurde durch mehrere Meetings und Workshops erarbeitet und im D512A dokumentiert. Diese Liste dient als Input für D513A. Diese beinhaltet notwendige vertragliche Vereinbarungen und zusätzliche Funktionen, die in die Plattform integriert werden müssen, um die geschäftlichen Beziehungen zu regeln.

Die Anforderungsliste an die Plattformsicherheit beinhaltet notwendige vertragliche Vereinbarungen und zusätzliche Funktionen, die in die Plattform integriert werden müssen, um die geschäftlichen Beziehungen zu regeln. Hier wurde als Vergleichsbasis das Lieferantenmanagement der Volkswagen AG (siehe Abbildung 8-1) verwendet. Fiber Engineering ist dort gelistet und hat die gegebene Struktur (keine Inhalte) dem Konsortium zur Verfügung gestellt. Daraus konnten Erkenntnisse für die Anforderungsliste des IntWertL-Projektes gewonnen werden zur Sicherheitsarchitektur beim Zugang sowie Rollenverteilung mit Aufgaben bei der Plattform-Registrierung.

	State	Subject	Date
☐	New	Mit Catena-X gemeinsam die Zukunft gestalten	2026-01-26 10:08
☐	New	SDD ist jetzt live – OHUB abgeschaltet	2025-12-04 18:00
☐	New	SDD Anpassung durchgeführt	2025-11-27 16:16

Abbildung 8-1: beispielhaftes Lieferantenmanagement

8.3. UAP5130 Erarbeitung notwendiger vertraglicher Vereinbarungen

Gemäß AP5100 Partneranbindung und Onboarding wurde in UAP5130 der Onboarding- und Registrierungsprozess noch einmal aus rechtlicher Sicht durchleuchtet.

Im Wesentlichen gelten auch beim Onboarding und bei der Teilnahme einer digitalen Wertschöpfungsplattform wie EcoVity dieselben rechtlichen Voraussetzungen, wie bei bereits bekannten Plattformen wie eBay, Amazon, Handwerker.de und ähnlichen. Zusätzlich kommen durch die Komplexität und hohe Experten-Tätigkeit die Anforderung hinzu, einem Verein oder GmbH oder Genossenschaft beizutreten, um gleichzeitig alle Mitglieder gerecht und gleichwertig behandeln zu können. Dafür werden jedoch nicht neue Organisationsformen oder Verträge, sondern vorhandene Organisationsformen und deren Vertragswerke genutzt und entsprechend den EcoVity Zielsetzungen angepasst. Des Weiteren wird empfohlen, für den gemeinsamen Datenraum Catena-X zu nutzen und die rechtlichen Bestimmungen, die dort gelten, zu übernehmen.

Grundlage des vorliegenden D513A waren Nutzungsverhalten und die Rollen (bzw. Use Cases) auf der Plattform und damit das zugrundeliegende Beziehungs- und Vertragssystem für die Definition von vertraglichen Vereinbarungen. Beziehungen außerhalb der Plattform oder außerhalb des Plattform Ökosystems werden hier nicht betrachtet. So werden auch nicht die Beziehungen, Rechte und Pflichten zu Kunden (z.B. Städte und Gemeinden, Handwerker, etc., siehe Use Cases) außerhalb der Plattform untersucht. Hier gehen wir davon aus, dass die entsprechenden (vertraglichen) Beziehungen individuell zwischen diesen Parteien erfolgt.

Über die allgemeinen rechtlichen Rahmenbedingungen hinaus wurde eine detaillierte Vertragslandschaft für das EcoVity-Ökosystem ausgearbeitet. Diese verdeutlicht, welche konkreten bilateralen Verträge zwischen den relevanten Akteuren erforderlich sind – angefangen bei Endkunden, Integratoren und Dienstleistungsanbietern über das Ecovity-Webportal bis hin zu den Business Applications und Cofinity-X/Catena-X. Für die einzelnen Beziehungen konnten dabei realitätsnahe Vertragstypen benannt werden, wie etwa Kauf- und Leasingverträge, SaaS-Nutzungsverträge oder Datenverarbeitungsverträge nach Art. 28 DSGVO. Auf diese Weise wird das zuvor beschriebene Rollenmodell um eine praxisorientierte Sicht ergänzt, die zeigt, wie Rechte, Pflichten und Verantwortlichkeiten vertraglich abgesichert und in eine funktionierende Governance-Struktur eingebettet werden können.

8.4. UAP5140 Konzept Datenschutz

UAP5140 und UAP5150 wurden als ähnlich und überlappend angesehen und deshalb gemeinsam abgearbeitet und betrachtet, und auch in einem gemeinsamen Deliverable abgelegt. Außerdem wird in UAP5160 ebenfalls auf das UAP5150 als grundlegendes Konzept und Basisbaustein referenziert.

Das Deliverable 514A/515A beschreibt die Anforderungen an IT-Sicherheit und Datensouveränität im Rahmen des IntWertL Projekts, dessen Ziel es ist, eine leistungsfähige digitale Entwicklungs- und Produktionsplattform für KMU bereitzustellen. Da in dieser Plattform zahlreiche sensible Informationen verarbeitet und zwischen unterschiedlichen Partnern ausgetauscht werden, bildet ein strukturiertes und durchgängiges Sicherheitskonzept die Grundlage für Vertrauen, Stabilität und langfristige Nutzbarkeit. Das D514A/515A führt dazu sowohl technische Maßnahmen als auch organisatorische Prozesse aus, die eine sichere Entwicklung, Bereitstellung und den Betrieb der Plattform sicherstellen.

Ein zentraler Bestandteil ist die Abgrenzung und Einordnung der drei Sicherheitsbereiche Datenschutz, Informationssicherheit und Cyber Security. Auf dieser Basis werden etablierte Standards wie ISO 27001 und BSI-Grundschutz eingesetzt, um Schutzziele wie Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus wird der gesamte Softwarelebenszyklus betrachtet: Von agilen Entwicklungsprozessen mit klaren Rollen, testgetriebener Entwicklung und Pair Programming bis zu sicheren Deployment Pipelines und automatisierten Sicherheitsprüfungen. Ebenso werden alle eingesetzten Technologien, darunter Angular, TypeScript, REST APIs, Java, MySQL, Docker und Azure, hinsichtlich möglicher Schwachstellen bewertet und jeweils mit geeigneten Migrationsmaßnahmen hinterlegt.

Auch der spätere Betrieb wird umfassend adressiert: Vom Identitäts- und Berechtigungsmanagement über Monitoring, Incident Response und Dokumentation bis hin zur Infrastruktur und Netzwerkabsicherung. Die Orientierung an BSI-Prozess und Systembausteinen stellt sicher, dass relevante Sicherheitsanforderungen vollständig berücksichtigt werden und im späteren Plattformbetrieb zuverlässig umgesetzt werden können.

Das D514/515 liefert ein durchdachtes, ganzheitliches und praxisorientiertes Sicherheitskonzept, das alle relevanten Aspekte von Entwicklung bis Betrieb abdeckt. Es schafft eine solide Grundlage für eine vertrauenswürdige, skalierbare und widerstandsfähige Plattformarchitektur und stärkt die Position des IntWertL Projekts als zukunftsfähige Lösung für kollaborative, digitale Wertschöpfungsnetzwerke. Besonders positiv hervorzuheben ist die klare Struktur, die Verankerung in anerkannten Sicherheitsstandards sowie die konsequente Verbindung von Theorie und praktischen Handlungsempfehlungen. Insgesamt liefert das D514/515 ein

umfassendes, praxisnahes und zukunftsfähiges Sicherheitskonzept, dass die Grundlage für eine vertrauenswürdige, skalierbare und sichere Plattform bildet. Es schafft Transparenz, strukturiert Anforderungen klar und unterstützt damit die erfolgreiche Umsetzung des IntWertL Projekts.

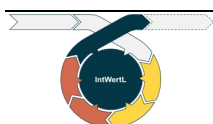
8.5. UAP5150 Evaluation & Konzept zur IT-Sicherheit

Diese Plattform dient dazu, mittelbar die Teilnehmer der Produktentstehungsphasen, wie etwa Konzeption, Design, Validierung, Produktion und Abnahme so miteinander zu verknüpfen, dass die für die jeweiligen Partner relevanten Informationen durchgängig zur Verfügung stehen, und in der jeweiligen Phase weiter angereichert oder je nach Verwendungszweck neu aggregiert werden können. Dabei werden auch Informationen benötigt, oder generiert, die aus den unterschiedlichsten Gründen schützenswert sind.

Das hierfür erstellte Dokument (Deliverable) beschreibt ein Konzept zum Umgang mit den jeweiligen Informationen, bzw. skizziert umzusetzende Maßnahmen für ein gesteigertes Sicherheitsniveau zum Schutz der auf der Plattform prozessierten Informationen. Dabei werden sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen beschrieben, die zur Erhöhung der Informationssicherheit umgesetzt werden können. Außerdem wird auf technologische Schwachstellen eingegangen, die bei dem Einsatz bestimmter Technologien bereits berücksichtigt bzw. für welche Gegenmaßnahmen implementiert werden müssen. Das Dokument unterscheidet in zwei Phasen: Entwicklung und Betrieb der möglichen Plattform. Außerdem wird der Onboarding-Prozess eines neuen Teilnehmers im weiteren Verlauf etwas genauer betrachtet, da dieses Dokument im Rahmen von AP5100 erstellt wurde.

Das Deliverable 514A/515A beschreibt die IT-Sicherheits- und Datensouveränitätsanforderungen für die EcoVity-Plattform, die kleinen und mittelständischen Unternehmen eine kollaborative, digitale Entwicklungs- und Produktionsumgebung ermöglichen soll. Da während aller Phasen der Produktentstehung schützenswerte Informationen verarbeitet werden, definiert das Dokument umfassende organisatorische und technische Sicherheitsmaßnahmen für Entwicklung, Betrieb und Technologieauswahl der Plattform. Es grenzt zentrale Sicherheitsbegriffe, Datenschutz, Informationssicherheit und Cybersecurity, klar voneinander ab und ordnet sie etablierten Standards wie ISO 27001 und BSI-Grundschutz zu. Diese bilden den Rahmen für zentrale Schutzziele wie Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit.

Ein Schwerpunkt liegt auf sicheren Entwicklungsprozessen: Einsatz agiler Methoden, kontinuierliche Tests, Pair Programming, saubere Dokumentation, sichere Architekturprinzipien sowie die Orientierung an OWASP Risiken für Webanwendungen. Dadurch werden Risiken wie Spoofing, Tampering, Information Disclosure oder Denial of Service systematisch adressiert. Der Betrieb wird anhand der BSI-Grundschutz Bausteine strukturiert, die Anforderungen an Organisation, Personal, Berechtigungsmanagement, Betrieb, Monitoring und Incident Response definieren. Dadurch wird ein belastbares Sicherheitsniveau im laufenden Systembetrieb gewährleistet. Abschließend bewertet das D514A/515A die wesentlichen Technologien der EcoVity-Plattform, u. a. Angular, TypeScript, REST APIs, Java, MySQL, Docker, Kubernetes und Azure, hinsichtlich bekannter Schwachstellen und formuliert für jede konkrete Migrationsmaßnahmen.



8.6. UAP5160 Integration IT-Sicherheit

Das UAP5160 befasste sich mit der Integration von IT-Sicherheit im Plattformprototypen. Es wurden notwendige und relevante Sicherheitsmaßnahmen identifiziert und implementiert, die eine sichere Nutzung der Plattform gewährleisten. Ein zentrales Ergebnis ist das Berechtigungs- und Rollenkonzept, das zwischen plattform- und projektspezifischen Rollen unterscheidet. Plattformspezifische Rollen umfassen den Administrator zur Verwaltung von Stammdaten und den Organisationsadministrator zur Verwaltung organisationsspezifischer Daten. Projektspezifische Rollen wie Integrator und Auftragnehmer ermöglichen eine flexible Zuordnung je nach Projektkontext. Die Mandantenfähigkeit wurde durch individuelle User Accounts, die Zuordnung von Ansprechpartnern pro Firma und das Berechtigungskonzept sichergestellt, das verhindert, dass Benutzer auf Daten anderer Zugriff erhalten. Die Kommunikation erfolgt über eine verschlüsselte Verbindung mit Zugriffsberechtigung zwischen Nutzer und Plattform. Dies gewährleistet Vertraulichkeit, Integrität und Authentizität der übertragenen Daten und schützt vor Abhörangriffen und Manipulationen.

Für das IT-Risikomanagement wurden Maßnahmen zur Risikoanalyse, Risikobewältigung, Notfallplanung, kontinuierlichen Überwachung und Mitarbeiterschulung definiert. Ergänzend wurden zertifizierbare Standards wie TISAX und ISO 27001 berücksichtigt sowie Sicherheitsaspekte in der agilen Softwareentwicklung integriert. Die Entwicklung erfolgt in dreiwöchigen Scrum-Sprints mit entsprechender Dokumentation und kontinuierlicher Integration von Sicherheitsaspekten. Das Ergebnis von UAP5160 ist ein Plattformprototyp mit integrierten IT-Security-Komponenten gemäß dem erarbeiteten Security-Konzept sowie die zugehörige Dokumentation. Die implementierten Maßnahmen bilden die Grundlage für einen sicheren Betrieb der Plattform in produktiven Umgebungen. Eine Risikoanalyse für den zentralen Plattformbestandteil WEBLET, auf dem der Plattformprototyp der GFT basiert, ist im Dokument UAP5150 ‚IT-Security-Requirements‘ beschrieben.

Weitere wichtige Punkte des Dokumentes umfassen:

- Zertifizierbare Standards (TISAX, ISO 27001 etc.)
- IT-Sicherheit in der Softwareentwicklung (agile Methodiken, Code Repositories, Wiki, Deployment etc.)

Ergänzend stellt die GFT ein Dokument zur Software Security der IoT Plattform SPHINX OPEN zur Verfügung ([sphinx_open_Software_Security_Concept.pdf](#)). Dieses widmet sich den oben beschriebenen Themenbereichen wie Sicherheitsschulungen und Best Practices von Mitarbeitern, Zertifizierungen, Rollen- & Rechte-Management sowie dem Umgang mit bekannten Sicherheitslücken in der Software. Dieses Dokument wurde speziell für SPHINX OPEN erstellt, lässt sich allerdings auf die Software-Entwicklung der GFT im Allgemeinen übertragen.

Die Entwicklung des MVPs hält sich an die vorgegebenen Standards. Die Plattform wird im Sinne von Scrum in dreiwöchigen Sprints entwickelt, in welchen Entwicklungsaufträge durch den Product Owner in Tickets beschrieben und mit Entwicklerteams zunächst geplant, abgeschätzt und schließlich umgesetzt werden. Änderungen und Erweiterungen der Konzepte fließen anschließend in folgenden Sprints mit ein.

8.7. UAP5170 Definition Onboarding-Prozess

Aufbauend auf die vorhergehenden APs und UAPs wurde im UAP5170 der Ablauf des Onboarding-Prozesses erarbeitet und in einem Prozessablaufdiagramm visualisiert. Dabei wurde betrachtet, wie die notwendigen Daten abgefragt werden und wie der Prozess möglichst effizient durchgeführt wird. Das beinhaltet die Integration des Abschlusses notwendiger Verträge und Vereinbarungen, die Überprüfung der notwendigen technischen Infrastruktur der neuen Plattformteilnehmer sowie die Entwicklung eines begleitenden Qualitätssicherungsprozess. Die qualitativen Anforderungen an neue Partner wurden im Konsortium abgestimmt.

Ergebnis des UAP5170 ist eine Prozessdarstellung des Onboarding Prozess – Eine Vereinfachte Darstellung und Beschreibung wurde im Del 517A dokumentiert.

9. AP5200 Erprobung und Validierung des dezentralen Engineering-Netzwerk (DLR)

(Fiber Engineering, Kenbun, KIT, Knebel, König Metall, Lauer & Weiß, Motion-Ray, QS-engineering, Rosswag, Schübel, Weber Fibertech)

Die Ziele des AP5200 sind die Analyse, Konzeption und Ausgestaltung von Ansätzen und Methoden zur Befähigung von Unternehmen zur kollaborativen Entwicklung von Fahrzeugen und Fahrzeug-Systemkomponenten sowie die gezielte Aufbereitung und Bereitstellung dieser Ansätze für die weitere Verwertung im Rahmen der Entwicklung der EcoVity Engineering-Plattform. Der fachliche Fokus liegt dabei insbesondere auf den Themen Leichtbau-Strukturoptimierung, Data Management, CAX-Prozessketten, Änderungs- & Qualitätsmanagement und KI-Integration. Die Entwicklung, Erprobung und Validierung der Arbeitsergebnisse erfolgte entlang der Projekt Use Cases.

Die Erfüllung des Projektmeilenstein 2 ist unmittelbar mit den Arbeitsinhalten des AP5200 verbunden. Der Meilenstein bezieht sich auf die Funktionsbereitschaft des Konzepts der Engineering-Plattform und der Demonstration dieses Konzepts entlang der Projekt-Use Cases. Insgesamt konnte Projektmeilenstein 2 im Juni 2025 mit dreimonatiger Verzögerung vollständig abgeschlossen werden. Die Verzögerung ergibt sich im Wesentlichen aus einer äußerst intensiven eingänglichen Gestaltungsphase über die zielführende Zusammenschaltung der Partnerbeiträge sowie aus der intensiven Auseinandersetzung mit dem Konzept dezentraler Datenräume und der damit verbundenen, erfolgreich bewältigten, Transferarbeit.

Die Arbeitsergebnisse des AP5200 sind in den nachfolgenden Kapiteln entsprechend der Unterarbeitspakete und den darin verorteten Themeninhalten beschreiben. Die Beschreibungen umfassen die gewählte Vorgehensweise, eine Kurzvorstellung der Arbeitsergebnisse sowie Erläuterungen bezüglich Abweichungen von der Vorhabenbeschreibung.

9.1. UAP5210 Prozessspezifikation und -definition im Rahmen der Plattformeinbindung des Engineering-Netzwerks

9.1.1. Prozessmodell des Engineering-Netzwerks

Unter Hauptverantwortung des KIT wurde zunächst eine eingehende Analyse des Basis-Szenarios „kollaboratives Engineering“ durchgeführt. Hierzu wurden unter Einbeziehung der am UAP beteiligten Industriepartner detaillierte Customer Journeys erstellt und auf ein einheitliches Prozessmodell des Engineering-Netzwerks konzentriert. Dieses Modell wurde unmittelbar mit bestehenden Rollen- und Prozessbildern aus AP1100 sowie mit der Plattform-Modulplanung des AP2100 integriert. Das Ergebnis dieser Arbeiten D521A skizziert erstmals die Kommunikationspfade zwischen verschiedenen Akteuren im Rahmen des Engineerings über die EcoVity Plattform. Dabei wird bereits die hohe Bedeutung eines gemeinsamen Datenraums sowie drei funktionaler Plattformbestandteile verdeutlicht: dem Projektmanagement, einem Projekt-Anfrage-Tool und der virtuellen Dokumentation und Verwaltung von Entwicklungsanforderungen. Zusätzlich wird bereits erstmals die Einwirkung verschiedener Akteure auf das Entwicklungsobjekt dargestellt, da dieses als zentraler Betrachtungsgegenstand im Fokus des Engineering-Netzwerks steht. Die Arbeiten erfolgten im vollständigen Einklang mit der Vorhabenbeschreibung.

9.1.2. Ableitung informationstechnischer Entity-Modelle

Die gemeinsamen Arbeiten der QS-engineering und des DLR zu den nachfolgend dargestellten Inhalten wurden durch die Projektinitiative Kernteam Integrator unterstützt, das vom KIT angeleitet wurde und dessen Arbeiten direkt mit UAP5210 integriert wurden. Im Rahmen der Zusammenarbeit wurde die konzeptionelle Ausgestaltung der Plattform weiter vorbereitet. Ziel war es, die spezifischen Anforderungen der Nutzer (insb. des Integrators) mit Hinblick auf das kollaborative Engineering zu adressieren, eine nahtlose Integration unterschiedlicher Geschäftsprozesse zu ermöglichen und zugleich die Anpassungsfähigkeit an zukünftige Anforderungen sicherzustellen. Durch den Einsatz der ARIS-Methode konnte die Komplexität des dezentralen Engineering-Netzwerks systematisch heruntergebrochen werden, um diese Ziele langfristig zu sichern. Die Analyse aus verschiedenen Perspektiven, insbesondere der Daten-, Funktions- und Organisationssicht, ermöglichte die Identifikation und Beschreibung zentraler Entitäten des kollaborativen Engineerings. Diese Entitäten umfassen (I) Plattformnutzer, (II) Projekte, (III) Aufgaben und Ressourcen sowie (IV) das gemeinsame Informationsmanagement. Die erneute, intensive Betrachtung des (V) Entwicklungsobjekts bildet darüber hinaus eine wesentliche Grundlage für die Abbildung von Fahrzeugstrukturen über mechanische, elektrische und elektronische Systeme, Software sowie virtuelle Hilfsentitäten (z. B. Simulationsmodelle). Die Arbeiten zur Ableitung informationstechnischer Entity-Relationship-Modelle D521C erfolgten im Einklang mit der Vorhabenbeschreibung.

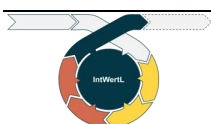
9.1.3. Modellierung der Engineering-Netzwerkaktivitäten

Auf Grundlage des generellen Prozessmodells des Engineering-Netzwerks sowie der mittels ARIS-Methode identifizierten Entity-Relationship-Modelle konnte das DLR in kontinuierlicher Abstimmung mit den Projektpartnern die konkreten Aktivitäten zur Anbahnung und Durchführung von Entwicklungsvorhaben final festlegen. Das Arbeitsergebnis D521B stellt vollständig dar, wie die kollaborative Entwicklung von Produkten, insbesondere von Leichtbaufahrzeugen geringer Stückzahl, künftig auf der dezentralen EcoVity-Webplattform abgebildet werden kann. Zentral ist dabei die Untergliederung von Engineering-Projekten in drei zentrale Phasen: Die Initiierung (Definition des Entwicklungsbedarfs), die Initialisierung (Vergabe und Feinabstimmung von Projekthalten) und die Durchführung (Steuerung, Überwachung und Dokumentation des laufenden Projekts). Die einzelnen Funktionsbestandteile dieser Phasen konnten zu einem vollständig integrierten Zielbild über die Erarbeitung weiterer Deliverables des AP5200 zusammengeführt werden.

Die Arbeitsergebnisse des UAP5210 führen somit insgesamt zu einer informationstechnisch und funktionell aufbereiteten Spezifikation des Engineering-Netzwerks, die im Rahmen der Detailarbeiten der nachfolgenden Unterarbeitspakete iterativ geschärft werden konnte. Der Abschluss des UAP5210 erfolgte im Einklang mit der Vorhabenbeschreibung.

9.2. UAP5220 Spezifikation von Inputs, Schnittstellen und Outputs im Rahmen des Prozesses

Im Rahmen des UAP5220 konnte der Informations- und Datenaustausch zwischen Teilnehmern des Engineering-Netzwerks im Detail analysiert und ausgestaltet werden, sodass er auf der EcoVity Plattform vollumfänglich und konsistent abgebildet werden kann. Die Arbeiten umfassen auch die Sicherstellung der Integrationsfähigkeit des Engineering-Netzwerks mit dem Produktions-Netzwerk sowie den übrigen EcoVity-Plattform-Modulen. Das Vorgehen der Projektpartner und die Ergebnisse der gemeinsamen Arbeiten sind nachfolgend in drei Teilen beschrieben.



9.2.1. Informationsbedarf im kollaborativen Engineering

Unter der Anleitung von Lauer & Weiss und des DLR wurde eine umfangreiche Analyse des Informationsbedarfs im Kontext der Entwicklung von Fahrzeugsystemen und -komponenten vorgenommen. Dieser Informationsbedarf umfasst insbesondere die an die Entwicklung gestellten Anforderungen sowie Kontextinformationen für deren strukturierte Aufbereitung und Verknüpfung. Als Grundlage für die Bewältigung dieser Aspekte konnte eine äußerst detaillierte Informationsstruktur erstellt werden, die als allgemeingültige Referenz für die Erfassung und Beschreibung entwicklungsrelevanter Informationen eingesetzt werden. Diese kann auf der EcoVity Engineering-Plattform im Zuge der Projektinitiierung (durch den Integrator) angewendet werden. Die Informationsstruktur wurde zum Zweck der erleichterten Implementierung nicht rein schriftlich, sondern direkt im maschinenlesbaren JSON-Format entwickelt. Sie ist zudem vollständig kompatibel zur Automotive VDA-Standardstruktur für Komponentenlastenhefte. Entwicklungsrelevante Informationen können somit problemlos zu einem digitalen Lastenheft zusammengesetzt werden. Durch das Einbringen praktischer Erfahrungswerte der Industriepartner konnte darüber hinaus ein äußerst pragmatisches Extrakt besonders relevanter Entwicklungsanforderungen (wenige Dutzend statt mehrerer Hundert) gebildet und in einem Fragenkatalog zusammengefasst werden, der insbesondere für die Anwendung durch innovative KMU optimal geeignet ist. Die Arbeiten zur Spezifikation des Informationsbedarfs im kollaborativen Engineering D522A sind im Einklang mit der Vorhabenbeschreibung erfolgt.

9.2.2. Datenaustauschformate für Engineering-Informationen

Nachdem der Informationsbedarf im kollaborativen Engineering inhaltlich spezifiziert wurde, konnte der technische Austausch der Informationen genauer untersucht werden. Während der intensiven Betrachtung von Daten- und Dateiaustauschformaten, konnte das Projektteam feststellen, dass eine plattformweite Einigung auf bestimmte Dateiformate zu großen Herausforderungen und letztendlich zu einem Zielkonflikt mit der Innovationsoffenheit und Selbstbestimmung von KMU führt. Die vorgenommenen Arbeiten D522B umfassen folglich einen Überblick über die Hürden der Standardisierung von Dateiformaten, eine Sammlung vorherrschender Formate zur Übermittlung unterschiedlicher Informationstypen (von Text über Video bis CAD und FEA), und den Verweis auf moderne Ansätze, wie das vom ProSTEP iViP Verein entwickelte Digital Data Package (DDP). Insbesondere im Zuge der Auseinandersetzung mit letzterem wurde dem Projektteam die hohe Bedeutung der semantischen Modellierung von Metainformationen bewusst. Plattformstandards zur informationstechnischen Gestaltung von Daten sollten demnach unbedingt auf dieser (Meta-) Ebene stattfinden. Demgegenüber kann das spezifische Format, in dem funktionale Daten letztendlich ausgetauscht werden (zumeist auch in Abhängigkeit der im Einzelfall zwischen Partnern eingesetzten Software), kaum Gegenstand zeitgemäßer Standardisierungsbemühungen sein. Diese Erkenntnis hat maßgeblich zur Entscheidung über die Entwicklung von Datenmodellen im Rahmen der UAPs 5220/30 beigetragen.

9.2.3. Prüfung der konzeptionellen Funktionsfähigkeit der Engineering-Plattform

Der abschließende Teil des UAP5220 bezieht sich auf die Analyse der Wechselbeziehungen und der Schnittstellen zwischen den Ansätzen und Methoden des Engineering-Netzwerks selbst sowie mit den übrigen EcoVity-Plattform-Modulen. Dabei liegt der Fokus nicht weiter auf einer generischen Skizzierung, sondern auf der Sicherstellung der konkreten Anschlussfähigkeit des Gesamtkonzepts des Engineering-Netzwerks inklusive der entwickelten Rollen- und Prozessbilder (UAP5210), der ingenieurtechnisch-methodischen Vorgehenskonzepte und der

erarbeiteten Implementierungsbausteine (UAPs 5220/30) an die EcoVity-Plattform. Um diesen Nachweis zu erbringen, wurde ein tragfähiges Prüfverfahren entwickelt, demzufolge alle Arbeitsergebnisse des AP5200 konsolidiert, kontextualisiert, systematisch aufbereitet und bewertet wurden. Diese Art der Prüfung geht insbesondere über die Validierungsarbeiten des UAP5240 hinaus, da diese zwar die prinzipielle Wirksamkeit und das praktische Nutzenpotenzial der entwickelten Ansätze und Methoden des kollaborativen Engineerings betreffen, sich jedoch nicht auf deren Anschlussfähigkeit an die EcoVity-Plattform sowie auf die konkrete Aufbereitung für die Entwicklung von Software beziehen. Die Arbeiten zur Prüfung der konzeptionellen Funktionsfähigkeit der Engineering-Plattform sind im Einklang mit der Vorhabenbeschreibung erfolgt. Die äußerst hohe Anwendbarkeit der Arbeitsergebnisse (D522C) im Rahmen einer softwaretechnischen Realisierung der Engineering-Plattform ist besonders hervorzuheben.

EXKURS Sonderinitiative Feature Development: Die in den UAPs 5210 bis 5230 entwickelten Ansätze und Methoden sind durch den Anspruch der Bewältigung der Komplexität des kollaborativen Engineerings außerordentlich umfangreich ausgefallen. Aus diesem Grund haben sich das DLR, GFT, bl design, Capgemini und das KIT im Rahmen der Sonderinitiative Feature Development zusammengeschlossen, um diese Komplexität herunterzubrechen und ein besonders implementierungsnahes Backlog für die agile Softwareentwicklung anzulegen. Die Initiative stellt ein bemerkenswertes Entgegenkommen aller beteiligten Projektpartner dar, um das Konzept der Engineering-Plattform zwischen den APs 5200 und 2100/4200 nicht nur klar zu kommunizieren und in Form von Deliverables zu dokumentieren, sondern direkt wechselseitig zu diskutieren, zu iterieren und eine spätere Implementierung optimal vorzubereiten. Im Rahmen des Feature Developments konnte somit eine beträchtliche Transferleistung zwischen den Arbeitswelten von Fahrzeugentwicklungsingenieuren und Webanwendungs-/Softwareentwicklern erbracht werden. Die Arbeiten der Gruppe sind in das Projekt-Deliverable D522C zur Prüfung der konzeptionellen Funktionsfähigkeit der Engineering-Plattform unmittelbar eingefasst.

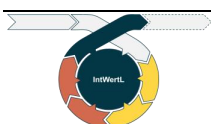
9.3. UAP5230 Entwicklung und Optimierung von Entwicklungstools und -prozessen

Das DLR hat für das UAP5230 die Rolle des UAP-Verantwortlichen wahrgenommen. Aus der Grobplanung der Arbeitsinhalte entsprechend Deliverable 521B geht eine strategische Trennung zwischen der Erarbeitung grundlegender Basiskonzepte für das kollaborative Engineering (Kapitel 9.3.1) einerseits, und der Entwicklung und Integration konkreter Software-Tools, die das kollaborative Engineering fachlich unterstützen (Kapitel 9.3.2), andererseits hervor.

9.3.1. Schaffung einheitlicher Basiskonzepte für die Engineering-Plattform

Das erste Basiskonzept der förderierten Engineering-Plattform betrifft den Entwicklungsgegenstand selbst (hier: Gesamtfahrzeug, Systemkomponenten, Einzelbauteile). Die zentrale Herausforderung hierbei ist die Definition der Systematik für die bauliche Aufgliederung von Fahrzeugen, durch die das Innovationspotenzial der Plattformnutzer nicht beschränkt wird.

Durch die Zusammenführung der Expertisen verschiedener Projektpartner, konnten zwei Bestandteile einer zielführenden und wirksamen Lösung zur Beschreibung von Entwicklungsgegenständen identifiziert und erarbeitet werden (D523A):



- Datenmodelle zur Beschreibung von Systemkomponenten (mechanische, elektrisch/elektronische, Software) für die strukturierte Abbildung von Fahrzeugarchitekturen inklusive der Definition von (cyber-) physischen Schnittstellen.
- Die wirksame Verknüpfung von Entwicklungsanforderungen (individuelle Anforderungen ebenso wie gesetzlicher Vorgaben und Grenzwerte aus dem Bereich der Homologation) mit Fahrzeugsystemen und -komponenten.

Die entwickelten Datenmodelle wurden beispielhaft für den AtTrack TE700 (Use Case 2, Entwicklung einer CargoBox) inklusive der mit den Bauteilen verbundenen Entwicklungsanforderungen instanziiert.

In Erweiterung des Konzepts zur Beschreibung von Entwicklungsgegenständen haben sich die Projektpartner dem Themenkomplex der Konfiguration und Parametrisierung in einem auf der Plattform verfügbaren Konfigurator gewidmet. Die Arbeiten umfassten insbesondere die Abgrenzung verschiedener Konfigurator-Typen auf Basis ihres Komplexitätsgrades. Darunter fallen beispielsweise die ingenieurfachliche Komplexität, die notwendigen Informationsverarbeitungsfähigkeiten/-kapazitäten sowie die praktische Umsetzbarkeit in Form eines endanwenderfähigen Plattformmoduls. Auch im Rahmen des Planspiels zum Use Case 2 (AtTrack TE700 CargoBox) konnte die fertigungsgerechte Variation/ Konfiguration eines Bauteildesigns am Beispiel des Eck-Knotens der CargoBox realitätsnah erprobt werden. Der allgemeine Mehrwert der Bauteilkonfiguration in kollaborativen Entwicklungsszenarien konnte hierbei eindeutig nachgewiesen werden. Die Ergebnisse zum Thema Bauteilparametrisierung und -konfiguration sind in D523B festgehalten.

Das zweite Basiskonzept der föderierten Engineering-Plattform betrifft die Beschreibung von Entwicklungs-Aktivitäten. Die Arbeiten zur sog. Referenz-Engineering-Systematik, umspannen zunächst grundlegende Problemlösungsparadigmen und deren Überführung in das Szenario der integrierten und föderierten Produktentwicklung in digitalen Wertschöpfungsnetzwerken. Insbesondere der Produktentstehungsprozess der Automobilindustrie wurde hinsichtlich der Besonderheiten der kollaborativen/verteilten Kleinserienfahrzeugentwicklung und des Sonderfahrzeugbaus analysiert. Kritische Prozessbestandteile (Entwicklungsphasen und Prozesskaskaden) und Projekt-Artefakte (Meilensteine, Quality-Gates, Freezes) einer für die EcoVity Plattform geeigneten Referenz-Engineering-Systematik wurden identifiziert, detailliert beschrieben und mittels dedizierter Datenmodelle für die systemische/softwareseitige Verarbeitung in D523C aufbereitet.

Die Arbeiten zur Schaffung einheitlicher Basiskonzepte für die Engineering-Plattform sind in Einklang mit der Vorhabenbeschreibung erfolgt.

9.3.2. Entwicklung konkreter Software-Tools zur Entwicklungsunterstützung

In der zweiten Hälfte des UAP5230 haben sich die Projektpartner nicht weiter den konzeptuellen Bestandteilen der Engineering-Plattform gewidmet, sondern der Analyse und Entwicklung konkreter Software-Werkzeuge zugewandt, die das kollaborative Engineering fachlich unterstützen können. Die Einbindung solcher Tools zielt im Wesentlichen auf die Automatisierung von standardisierbaren Tätigkeiten, wodurch die Entwicklungszeit reduziert und Personalkapazitäten eingespart werden können. Im ersten Schritt hat das Projektteam eine tiefgehende Analyse zum Mehrwert verschiedener entwicklungsunterstützender Methoden und Tools vorgenommen. Dabei konnte festgestellt werden, welche Tools sowohl den größtmöglichen Mehrwert für Plattformnutzer darstellen, als auch im Rahmen des IntWertL Förderprojekts sinnvoll entwickelt und/oder an die Engineering-Plattform angebunden werden können. Das Ergebnis

D523D umfasst eine strukturierte Beschreibung verschiedener Tools sowie die differenzierte Darstellung und Diskussion ihrer Wirksamkeit und ihres Mehrwertpotenzials im kollaborativen Engineering. Als Basis hierfür dienen die praktischen Arbeiten an den IntWertL Use Cases, beispielsweise zu den Themen Fahrzeugkonzeptionierung (Entwurf/Iteration/Bewertung), Pre-Processing, Strukturoptimierung, Post-Processing, Modellauswertung bspw. hinsichtlich Crashverhalten und vielem mehr.

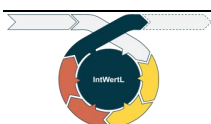
Bevor die beispielhafte Entwicklung derartiger Tools stattfinden konnte, haben die Projektpartner, insbesondere mit Hinblick auf die langfristige Verwertung des Projekts, zunächst ein detailliertes Framework für die Entwicklung, das Anbieten und die Verwendung engineering-unterstützender Tools und Mini-Anwendungen auf der EcoVity Plattform entworfen (D523E). Unter dem entwickelten Framework können beispielsweise Python-Tools für die Auslegung, Simulation und Strukturoptimierung, als auch Datenbanken oder Anwendungen anderer Disziplinen, modular vernetzt und genutzt werden. Zum Schutz des geistigen Eigentums werden diese in Containern (z. B. Docker Container) installiert, angeboten und betrieben. Das Framework diskutiert ebenfalls die Erzeugung ganzer Tool-Pipelines sowie die funktionale Gestaltung des Frontends (User Interface) sowie des Backends eines Tool-Marktplatzes sowie eines Wizards zum geführten Hinzufügen neuer Tools, KMU-gerecht und ohne die übermäßige Abhängigkeit von Integrationsarbeiten auf Ebene der „klassischen Kommandozeile“. Die Erarbeitung des Frameworks erfolgte im Einklang mit der Vorhabenbeschreibung und veranschaulicht das große Interesse der Projektpartner an der Gestaltung eines langfristig tragfähigen Plattform-Integrationskonzepts für das Anbieten und die Nutzung funktionaler Engineering-Tools in dezentralen Wertschöpfungsnetzwerken.

Als direkt wirksames Beispiel für den Einsatz entwicklungsunterstützender Tools auf einer Engineering-Plattform, hat das DLR eine beispielhafte Anwendung entwickelt und demonstriert. Die Entwicklung erfolgte entsprechend der zuvor durchgeführten Analyse der Nutzenpotenziale in D523D und unter vollständiger Anwendung des entworfenen Integrations-Frameworks aus D523E. Die Anwendung umfasst eine Methoden-Tool-Box, in der Methoden zur (I) Erstellung von Anforderungen (Anforderungsliste), der (II) Aufstellung von Lösungsvorschlägen (Morphologischer Kasten), als auch (III) zur Lösungsfindung (Kombinationslogik mit Bewertungsschema) als Software-Tool programmiert wurden (D523F). Die Methoden, die dieser Anwendung zugrunde liegen, werden sowohl in der akademischen Ausbildung von Ingenieuren, als auch technisch-praktischen Ausbildung, wie der des (Industrie-) Mechanikers, gelehrt. Die Arbeiten an der Realisierung entwicklungsunterstützender Tools deckten sich mit der Vorhabenbeschreibung.

9.4. UAP5240 Anwendung des Engineering-Netzwerks anhand der Use-Cases/ Bauteile-Komponenten

9.4.1. Praktische Erprobung des Engineering-Netzwerks

Im Rahmen der praktischen Erprobung des Engineering-Netzwerks haben die Partner Rossowag und DLR zunächst eine Evaluierungsstrategie entwickelt, die ein spezifisches Zielsystem, den genauen Evaluierungs- und Validierungsumfang, und die allgemeine Prozessgestaltung umfasst. Die Erprobung des Engineering-Netzwerks erfolgte anschließend in vollständiger Integration mit Planspiel-2 (AtTrack TE700 CargoBox) und dem AP6300. Die Konzepte und Methoden des AP5200 konnten somit an einem konkreten, realen Entwicklungsgegenstand erprobt werden. Teilnehmende Partner, konkrete Arbeitsumfänge und Details zum spezifischen

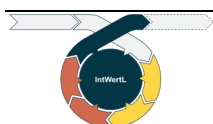


Entwicklungsgegenstand sind in Kapitel 13. „AP6300 Validierung Gesamtkonzept“ beschrieben.

Die Erprobung des Engineering-Netzwerks fand unter Zuhilfenahme manueller Hilfsmittel statt (z. B. Beschreibung des Entwicklungsbedarfs auf Basis des Fragenkatalogs D-522A in Dokumentenform, Projekt-/Prozessplanung entsprechend D-523C in Excel, Regelkommunikation via E-Mail). Die Evaluierung bezieht sich daher ausdrücklich nicht auf die praktische Funktionsfähigkeit bereits implementierter Plattformfunktionen. Vielmehr betrifft sie die erste praktische Anwendung der in AP5200 entwickelten, theoretischen Konzepte und Methoden zum Zweck der prinzipiellen Validierung mit Blick auf die tatsächliche Wirksamkeit und das praktische Mehrwertpotenzial der Ergebnisse des APs. Auf Basis der Erprobung wurde eine formelle Validierung durchgeführt, wie nachfolgend beschrieben.

9.4.2. Validierung des Engineering-Netzwerks (524B)

Auf Basis der zuvor erstellten Erprobungs- und Validierungsstrategie haben das DLR und Rosswag eine qualitative Befragung der Teilnehmer des Planspiels zum Use-Case 2 (AtTrack TE700 CargoBox) durchgeführt, ausgewertet und im Rahmen des Deliverable 542B dokumentiert. Dabei konnte der Nachweis erbracht werden, dass die in AP5200 erarbeiteten Ansätze und Methoden von den am Planspiel teilnehmenden Projektpartnern als mehrwertstiftend und zielführend eingeschätzt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die konkrete Ausgestaltung der Ansätze unbedingt weiterverfolgt werden sollte, um das inhärente Potenzial zur Abwicklung von Entwicklungstätigkeiten auf einer kollaborativen Plattform weiter auszuschöpfen. Die hier vorgenommene Validierung wird durch das Deliverable [D-522C] ergänzt, da dort auch die informationstechnische/softwaretechnische Anschlussfähigkeit der Ansätze und Methoden des AP5200 an bestehende Module der EcoVity-Plattform betrachtet wird. Gemeinsam begründen die Deliverables die formelle Erreichung des Projektmeilenstein 2. Die Arbeiten zur Erprobung und Validierung des Engineering-Netzwerks haben im Einklang mit der Vorhabenbeschreibung stattgefunden.



10. AP5300 Erprobung und Validierung dezentrales Produktions- und Beschaffungsnetzwerk (Schübel)

(bl design, DLR, Fiber Engineering, IPA, Kenbun, KIT, Knebel, König Metall, Lauer & Weiss, Motion-Ray, QS-engineering, Rosswag)

Das AP5300 hatte die praktische Erprobung und Validierung der digitalen Plattform EcoVity innerhalb des industriellen Produktionsnetzwerks zum Ziel. Im Fokus standen die Analyse, Bewertung und Optimierung von Fertigungsprozessen für unterschiedliche Use-Cases im Bereich Leichtbau. In der Umsetzung wurden exemplarischer Bauteile und Baugruppen unter Einsatz verschiedener fertigungsspezifischer Verfahren gefertigt mit dem Ziel relevanter Parameter, Kriterien und Qualitätsmerkmale entlang der gesamten Prozesskette sowie an den definierten Schnittstellen zu den vor- und nachgelagerten Arbeitspaketen zu untersuchen. Die Ergebnisse der Erprobung wurden systematisch dokumentiert, ausgewertet und zur kontinuierlichen Weiterentwicklung der Plattform bereitgestellt. Darüber hinaus erfolgte eine iterative Optimierung der Fertigungsprozesse sowie die Aufbereitung der gewonnenen Erkenntnisse als Grundlage für zukünftige Anwendungen innerhalb des Produktionsnetzwerks. Die Ergebnisse dieser Aufgaben sind nachstehend aufgeführt.

10.1. UAP5310 Definition Erprobungsparameter und -kriterien

Im Rahmen der Vorbereitung auf die Integration in die Plattform wurde eine umfassende Prüfung der bestehenden Datenstruktur der Plattform durchgeführt, um deren Eignung für ein zukunftsfähiges und automatisiertes Matchmaking zu bewerten. Ziel dieser Analyse war es, die aktuelle Struktur hinsichtlich ihrer Funktionalität, Erweiterbarkeit und Kompatibilität mit den Anforderungen der Plattform und der zuständigen UAP zu überprüfen und gegebenenfalls zu optimieren. Dabei stand nicht nur die technische Umsetzbarkeit im Vordergrund, sondern auch die Unterstützung einer skalierbaren und konsistenten Datenintegration über den gesamten Lebenszyklus der Bauteile hinweg.

Die Prüfung erfolgte anhand mehrerer zentraler Kriterien: Zunächst wurde die Vollständigkeit der abgebildeten Bauteilspezifikationen evaluiert, um sicherzustellen, dass alle relevanten technischen und funktionalen Eigenschaften erfasst sind. Daneben wurde die Struktur und Maschinenlesbarkeit der Daten analysiert, da diese für eine automatisierte Verarbeitung unerlässlich sind. Die Erweiterbarkeit der Struktur für zukünftige Use Cases wurde ebenso geprüft wie die Kompatibilität mit den technischen und organisatorischen Anforderungen der Plattform sowie der UAPs. Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass die aktuelle Struktur zwar einen soliden ausgebildeten Ausgangspunkt darstellt, jedoch in erster Linie auf einer deskriptiven Ebene angelegt ist. Sie eignet sich daher nicht ausreichend für ein automatisiertes Matchmaking, bei dem präzise, standardisierte und maschinenverarbeitbare Parameter notwendig sind. Besonders deutlich wurde, dass semantische Beziehungen zwischen Bauteilen, deren Anforderungen und den jeweiligen Nutzungskontexten derzeit nicht ausreichend abgebildet sind. Dies erschwert sowohl eine intelligente Zuordnung und Bewertung von Komponenten als auch die Entwicklung von effizienten Matching-Algorithmen.

Um diese Herausforderungen zu meistern, wurden umfassende Änderungsvorschläge erarbeitet, die eine fundierte Grundlage für die zukünftige Plattformintegration schaffen. Dazu gehören die Harmonisierung von Einheiten, Wertebereichen und Datenformaten, um Datenkonsistenz und Interoperabilität zu gewährleisten. Gleichzeitig wird empfohlen, statische Bauteil-daten, wie geometrische Eigenschaften oder Herstellerinformationen, von dynamischen

Zustandsdaten, wie aktuellem Betriebszustand oder Wartungsstatus, zu trennen. Dies ermöglicht eine klarere Datenorganisation und verbessert die Flexibilität bei der Verarbeitung und Nutzung der Informationen.

Weiterhin wird die Entwicklung erweiterter Filter- und Rankinglogiken gefordert, um eine differenzierte und kontextbezogene Bewertung von Bauteilen zu ermöglichen. Diese Logiken bilden die Basis für ein zukünftiges KI-Matchmaking, das auf den spezifischen Anforderungen der Anwender und der Plattform basiert. Zudem wird die Versionierung von Bauteilinformationen empfohlen, um Änderungen nachvollziehbar zu machen und eine stabile Datenbasis über die Zeit zu gewährleisten. Die Definition klarer Datenübergabepunkte zum Plattformkern sowie dokumentierte Schnittstellen für die UAPs ermöglichen eine transparente und standardisierte Kommunikation zwischen den Systemen. Darüber hinaus wird die Vorbereitung auf API-basierte Datenabfragen betont, um eine effiziente und skalierbare Datenbereitstellung zu gewährleisten. Die erarbeiteten Optimierungen und die definierten Matchmaking-Parameter werden den zuständigen UAPs in strukturierter und nachvollziehbarer Form zur Verfügung gestellt. Dies dient der Unterstützung bei der Implementierung der Matchmaking-Logik, der Gewährleistung einer konsistenten Datenintegration sowie der frühzeitigen Einbindung von Rückkopplungen aus der Praxis. Durch diese Maßnahmen wird nicht nur die technische Integration erleichtert, sondern auch die Grundlage für eine zukunftsfähige, intelligentere und benutzerzentrierte Plattform geschaffen, die sich flexibel an sich verändernde Anforderungen anpassen kann.

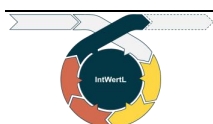
10.2. UAP5320 Erprobung der Plattform anhand vorgenommener Definitionen und Spezifikationen sowie einer genauen Validierungsvorschrift

Die Erprobung der Plattform erfolgte in drei Stufen:

1. Praktische Erprobung in 2 Planspielen, durch Anwendung des MVPs und der Methoden durch die Konsortialpartner.
2. Formelle Abnahme durch Validierungsberichte, durch Dokumentation der Einhaltung der Anforderungen und Verbesserungsvorschläge.
3. Auswertung und Übertrag auf die Plattform und die darin enthaltenen Anwendungsbeispiele/Use Cases

10.2.1. Kriterien für die Erprobung:

Die Erprobung der Plattform erfolgte anhand klar definierter Kriterien, die die zentrale Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit und technische Robustheit abdecken. Als wichtigste Bewertungskriterien wurden die allgemeine Bedienbarkeit der Plattform, die technische Stabilität sowie die Funktionalität der Kernfunktionen ausgewählt. Die Bedienbarkeit umfasst dabei die intuitive Handhabung der Benutzeroberfläche, die Klarheit der Navigation und die Zugänglichkeit der Funktionen für verschiedene Nutzergruppen, insbesondere auch für Benutzer mit unterschiedlichem technischem Hintergrund. Die technische Stabilität wurde anhand der Systemleistung, der Reaktionszeiten, der Fehleranfälligkeit bei gleichzeitiger Nutzung durch mehrere Teilnehmer sowie der Zuverlässigkeit der Datenübertragung und -speicherung getestet. Die Funktionalität der Plattform wurde schließlich anhand der korrekten Ausführung der vorgesehenen Prozesse, wie z. B. das Einreichen von Bauteilen, die Durchführung von Suchanfragen, die Anzeige von Ergebnissen und die Integration von Nutzerfeedback, evaluiert. Diese Kriterien bilden die Grundlage für eine umfassende Validierung der Plattform im Rahmen des Planspiels.



10.2.2. Vorgehen bei der Erprobung:

Das Erprobungsverfahren wurde in mehreren Schritten strukturiert, um eine realistische und praxisnahe Testumgebung zu schaffen. Zunächst erfolgte eine umfassende Einführung und Schulung der am Planspiel beteiligten Konsortialpartner, um sicherzustellen, dass alle Teilnehmer die Plattformfunktionen verstehen und nutzen können. Diese Schulung umfasste sowohl technische als auch prozessuale Aspekte und wurde durch praxisnahe Anleitungen sowie Hilfestellungen in Form von Handbüchern und Videos unterstützt. Im Anschluss daran wurde der Plattform-MVP (Minimum Viable Product) in einer realitätsnahen Umgebung eingesetzt. Das Planspiel diente als Praxislabor, in dem die Teilnehmer die Plattform in einem simulierten Anwendungskontext nutzen konnten. Während dieser Phase wurde die Plattform kontinuierlich begleitet und von einem technischen Support-Team betreut, um technische Probleme schnell zu erkennen und zu beheben. Parallel dazu wurde die Plattform von Validierungsteilnehmern durch strukturierte Befragungen und Feedbackrunden evaluiert. Die Ergebnisse wurden in individuellen Validierungsberichten zusammengefasst, die sowohl technische als auch nutzerbezogene Aspekte dokumentierten und somit eine fundierte Grundlage für weitere Verbesserungen boten.

10.2.3. Definition der Dateninhalte und -formate:

Ein wesentlicher Aspekt der Erprobung betrifft den Informationsaustausch innerhalb von CAD-Datensätzen. Während einige technische und beschreibende Informationen direkt im CAD-Modell enthalten sein können, besteht bei der Weitergabe und dem Einlesen dieser Daten in unterschiedliche Systeme die Gefahr, dass wertvolle Informationen verloren gehen oder ungenau dargestellt werden. Dies liegt vor allem daran, dass die verschiedenen CAD-Systeme unterschiedliche Methoden zur Speicherung von Zusatzinformationen, wie z. B. Herstellerdaten, Montageanweisungen, Materialbeschreibungen oder Qualitätsstandards, verwenden, die oft nicht über Konvertierungsprozesse oder universelle Datenaustauschformate übertragen werden. Besonders bei der Verwendung von Standardformaten wie STEP, obwohl dies derzeit der Standard für den übergreifenden Austausch für CAD-Daten ist, bleiben oft wichtige metainformationen oder softwareinterne Attribute unberücksichtigt, da sie nicht in den Standard definiert sind oder nicht von allen Systemen unterstützt werden. Da kein universelles CAD-Format existiert, das alle Anforderungen an Konsistenz, Vollständigkeit des systemübergreifend erfüllt, stellt sich die Herausforderung, dass der Informationsaustausch nicht allein über einen CAD-Datensatz selbst erfolgen kann. Vielmehr ist es notwendig, zusätzliche Informationen, etwa in Form von Dokumenten, Tabellen oder Metadaten-Dateien, „neben“ dem CAD-Datensatz zu verarbeiten und zu übermitteln. Dies erfordert eine klare Strukturierung und Dokumentation der Daten, um sicherzustellen, dass alle relevanten Informationen vollständig, konsistent und nachvollziehbar bleiben, unabhängig von den verwendeten Softwarewerkzeugen oder Systemgrenzen. Diese Herausforderung unterstreicht die Notwendigkeit einer integrierten Datenmanagementstrategie, die sowohl den 3D-Inhalt als auch die zugehörigen Metadaten und Kontextinformationen umfasst, um einen zuverlässigen und fehlerfreien Informationsfluss im gesamten Produktlebenszyklus zu gewährleisten.

10.3. UAP5330 Bereitstellung der Ergebnisse für andere Arbeitspakete als laufender und iterativer Prozess der Optimierung der Plattform

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in einer strukturierten und nutzerfreundlichen Form für die weiteren APs bereitgestellt, um eine effiziente Weiterverwendung und eine nahtlose Integration in den Gesamtprojektverlauf zu gewährleisten. Dabei umfassen die bereitgestellten Inhalte strukturierte Parameterlisten, die technische, funktionale und kontextuelle Aspekte abdecken sowie konzeptionelle Datenmodelle und detaillierte Attributschemata. Zudem wurden Beschreibungen der Matchmaking-Logiken auf konzeptioneller Ebene bereitgestellt, die den Aufbau und die Funktionsweise der Zuordnungsprozesse transparent machen. Darüber hinaus wurden Annahmen, Restriktionen und offene Fragen explizit abgegrenzt, um Transparenz über die Grenzen der aktuellen Erkenntnisse zu schaffen und die weitere Entwicklung gezielt zu steuern. Ziel dieser Vorgehensweise war es, anderen APs eine direkte Nutzung der Ergebnisse zu ermöglichen, ohne dass umfangreiche Vorarbeiten erneut durchgeführt werden müssen. Dies fördert nicht nur die Effizienz, sondern auch die Konsistenz im gesamten Projektverlauf.

Um Matchmaking-Prozesse auf Basis gegebener Bauteilspezifikationen zu unterstützen, wurden spezifische Parametergruppen definiert, die eine umfassende und differenzierte Beschreibung der Bauteile ermöglichen. Diese Gruppen umfassen Identifikations- und Klassifikationsparameter, die die eindeutige Zuordnung und Kategorisierung der Bauteile gewährleisten. Dazu kommen geometrische und physikalische Parameter, die die räumlichen und technischen Eigenschaften der Komponenten beschreiben. Zudem wurden Kontext-, Verfügbarkeits- und Restriktionsparameter definiert, die zusätzliche Rahmenbedingungen wie Standort, Verfügbarkeit, rechtliche oder logistische Einschränkungen berücksichtigen. Diese Parameter sind so konzipiert, dass sie sowohl im Rahmen des MVPs als auch in weiteren APs flexibel und skalierbar eingesetzt werden können.

Die konsolidierten Ergebnisse wurden dem zuständigen UAP in strukturierter Form übermittelt, um mehrere zentrale Ziele zu erreichen: Zum einen soll die Implementierung von Matchmaking-Logiken unterstützt werden, indem klare, nutzerorientierte und technisch fundierte Vorgaben bereitgestellt werden. Zum anderen ermöglicht die strukturierte Bereitstellung die Berücksichtigung von AP-übergreifenden Anforderungen und die Integration von Erkenntnissen aus verschiedenen Projektbereichen. Darüber hinaus werden Rückmeldungen aus der praktischen Anwendung systematisch in das Projekt zurückgeführt, um kontinuierliche Verbesserungen und eine Anpassung an realitätsnahe Anforderungen zu gewährleisten. Die strukturierte Weitergabe der Forschungsergebnisse trägt maßgeblich zur Effizienz und Transparenz im Projekt bei. Sie ermöglicht eine effiziente Nutzung der Ergebnisse über die Grenzen einzelner Arbeitspakete hinaus, fördert die Konsistenz in der Datenverarbeitung und -darstellung und unterstützt die Zusammenarbeit zwischen den Projektbeteiligten. Zudem wird damit die Anschlussfähigkeit an zukünftige industrielle Datenökosysteme wie Catena-X vorbereitet, da die bereitgestellten Datenmodelle und -formate auf offene Standards und eine interoperable Datenarchitektur ausgerichtet sind.

Durch diese systematische und strukturierte Herangehensweise liegt eine belastbare Grundlage für die AP-übergreifende Zusammenarbeit, die zukünftige Skalierung im Projekt IntWertL sowie die Umsetzungswahrscheinlichkeit der Plattform EcoVity vor. Die Ergebnisse sind nicht nur für den aktuellen Projektverlauf von Bedeutung, sondern bilden auch eine wertvolle Basis

für zukünftige Entwicklungen und die Etablierung eines nachhaltigen, datengetriebenen Ökosystems im Bereich der digitalen Produktentwicklung und -integration.

10.4. Planspiel 2 - Modularer Aufbau eines kommunalen Entsorgungsfahrzeugs

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde im Planspiel 2 ein innovatives, modular aufgebautes Konzept für ein kommunales Entsorgungsfahrzeug entwickelt und prototypisch skizziert. Ziel war es, eine nachhaltige, kreislauffähige und praxisnahe Lösung zu konzipieren, die sich flexibel an unterschiedliche Einsatzbereiche kommunaler Entsorgungsaufgaben anpassen lässt und zugleich ohne spezielles Fachwissen montiert, repariert und umgerüstet werden kann.

10.4.1. Grundkonzept und Zielsetzung

Im Mittelpunkt stand die Entwicklung eines Fahrzeugs, dessen Aufbau konsequent modular, reparierbar und recyclingfähig gestaltet ist. Kommunale Entsorgungsbetriebe stehen vor der Herausforderung, unterschiedlichste Aufgaben, von der Wertstoffsammlung über die Grünabfallentsorgung bis hin zur Reinigung öffentlicher Flächen, mit begrenzten Ressourcen zu bewältigen. Das entwickelte Konzept adressiert diese Anforderungen.

10.4.2. Konstruktiver Aufbau

Die tragende Struktur des Aufbaus basiert auf Aluminium-Profilen des Baukastensystems von Bosch Rexroth. Die Profilstruktur bildet ein räumliches Grundgerüst, das als Plattform für unterschiedliche Funktionsmodule dient (z. B. Sammelcontainer, Kippmechanismen, Werkzeughalterungen oder Reinigungsmodule). Als Verkleidungs- und Funktionsflächen kommen umgeformte Hohlraum-Kunststoffplatten aus recycelbarem HDPE oder PP zum Einsatz. Diese werden thermisch verformt und mechanisch mit dem Profilrahmen verbunden. Die Kunststoffplatten übernehmen sowohl schützende als auch funktionale Aufgaben (z. B. Führungselemente, Abdeckungen, modulare Trennwände).

10.4.3. Reparaturfähigkeit und Nutzerorientierung

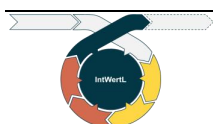
Ein zentrales Ziel des Planspiels war die Reduktion von Fachabhängigkeit. Das Konzept setzt daher auf:

- farbcodierte Bauteile
- standardisierte und selbsterklärende Verbindungssysteme
- modulare Austauschbarkeit statt Komplettaustausch

Beschädigte Elemente, etwa einzelne Profile oder Kunststoffplatten, können mit einfachen Handwerkzeugen ersetzt werden. Eine Reparatur erfordert weder Schweißarbeiten noch spezielle Werkstattausrüstung. Dadurch sinken Wartungskosten und Ausfallzeiten.

10.4.4. Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft

Das entwickelte Konzept unterstützt die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft in mehrfacher Hinsicht: vollständige Demontierbarkeit; sortenreine Trennung von Aluminium und Kunststoff; Profile und Module können mehrfach genutzt werden; Reparatur statt Ersatz. Durch die modulare Bauweise entsteht ein langlebiges System, das sich an veränderte kommunale Anforderungen anpassen lässt, ohne vollständig ersetzt werden zu müssen.



10.4.5. Fazit

Im Rahmen des Planspiels 2 erwies sich die simulierte Zusammenarbeit auf der digitalen Plattform EcoVity als wesentlicher Erfolgsfaktor. Durch die strukturierte, rollenbasierte Bearbeitung der Aufgabenstellung konnten technische, ökologische und wirtschaftliche Anforderungen parallel abgestimmt und zielgerichtet integriert werden. Die transparente Dokumentation von Entscheidungen, die iterative Weiterentwicklung der Konstruktionsansätze sowie der kontinuierliche Austausch zwischen den beteiligten Integratoren führten zu einer effizienten und konsistenten Lösungsentwicklung. Insbesondere die Möglichkeit, Module, Materialoptionen und Konstruktionsvarianten digital zu vergleichen und gemeinschaftlich zu bewerten, beschleunigte den Entscheidungsprozess erheblich und trug maßgeblich zur erfolgreichen Durchführung bei.

11. AP6100 Markteinführung & Roll-Out der Entwicklungs- und Produktionsplattform (Capgemini)

(3RS, bl design, Fiber Engineering, Instawerk, IPA, Kenbun, KIT, Knebel, Schübel)

Das AP6100 bildet den abschließenden Schritt auf dem Weg zur produktiven Einführung der im Projekt entwickelten Entwicklungs- und Produktionsplattform. Während in den vorangegangenen Arbeitspaketen die konzeptionellen Grundlagen geschaffen, technische Komponenten entwickelt und zentrale Funktionen validiert wurden, widmet sich AP6100 dem Übergang in den realen Anwendungskontext. Im Mittelpunkt steht dabei die Frage, wie die Plattform erfolgreich in den Markt eingeführt, von Nutzergruppen angenommen und langfristig betrieben werden kann.

Der Roll Out beinhaltet sowohl die Planung und Durchführung der Markteinführung als auch die systematische Bewertung des Nutzens, der Bedienbarkeit und der Einsatzfähigkeit unter realen Bedingungen. Dazu wurden technische, organisatorische und marktorientierte Aspekte zusammengeführt, um ein stimmiges Gesamtbild zu erzeugen und eine reibungslose Einführung beim Anwender sicherzustellen.

Mit AP6100 wird die Brücke zwischen Entwicklung und praktischer Nutzung geschlagen. Die Ergebnisse zeigen, in welchem Maße die Plattform ihre vorgesehenen Ziele erfüllt, wie sie in bestehende Wertschöpfungsnetzwerke integrierbar ist und welche Impulse sie für die Digitalisierung in der Leichtbaufahrzeugbranche liefert.

11.1. UAP6110 Benutzervalidierung

Im Rahmen von IntWertL wurde in UAP6110 die Benutzervalidierung durchgeführt. Ziel war es, die entwickelten Plattformfunktionen auf ihre Praxistauglichkeit, technische Leistungsfähigkeit und Benutzerfreundlichkeit zu prüfen. Dabei standen insbesondere die End-to-End-Prozesse im Fokus, die von der Registrierung über die Projektinitiierung bis hin zum Projekt- und Partnermanagement reichen. Die durchgeführten Validierungsschritte zeigen, dass das Gesamtkonzept der Plattform tragfähig, integrierbar und für reale Anwendungsfälle geeignet ist.

Die Validierung erfolgte sowohl auf dem EcoVity-Webportal als auch alternativ über das GFT-Portal und deckte sämtliche Kernmodule des Projekts ab. Die Nutzer konnten die Plattform aus der Perspektive von Integratoren, Lieferanten und Projektverantwortlichen testen und bewerten. Hierbei wurde deutlich, dass der Registrierungsprozess klar strukturiert, nachvollziehbar und ohne technische Hürden durchführbar war. Besonders positiv hervorgehoben wurde die Zwei-Faktor-Authentifizierung, die ein hohes Maß an Sicherheit gewährleistete und gleichzeitig einfach in der Anwendung blieb. Auch die Stammdatenverwaltung wurde als intuitiv und verlässlich bewertet, sodass alle notwendigen Informationen effizient gepflegt werden konnten.

Im nächsten Validierungsschritt wurde der Prozess der Projektanlage untersucht. Die Benutzer*innen bestätigten, dass die Erstellung neuer Projekte leicht verständlich und logisch aufgebaut ist. Sowohl die Eingabe textbasierter Definitionen als auch das automatische Extrahieren und Visualisieren relevanter Schlüsselbegriffe funktionierten einwandfrei. Die Plattform stellte alle benötigten Funktionen bereit, um Anforderungen sauber zu erfassen, zu analysieren und als Grundlage für die weitere Planung aufzubereiten. Insbesondere die Möglichkeit,

Bauteile und Baugruppen aus dem Konfigurator auszuwählen und kundenspezifisch zusammenzustellen, wurde als effizienter und praxisnaher Mehrwert wahrgenommen.

Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der Validierung der KI-gestützten Funktionen. Die automatisierte Analyse von Text- und Bildinhalten, die tabellarische Aufbereitung von Eingabedaten sowie die Vorschlagserstellung für Aktivitäten wurden von den Nutzern als deutliche Prozessverbesserung bewertet. Die KI-Unterstützung beschleunigte nicht nur die Datenerfassung, sondern erhöhte auch die Konsistenz und Transparenz innerhalb der Projektdokumentation. Die Nutzer empfanden die KI-Elemente als hilfreich, intuitiv und sinnvoll in den Gesamtprozess integriert.

Auch der Marktplatz zur Auswahl und Einbindung von Engineering und Produktionspartnern wurde erfolgreich validiert. Die Nutzer bestätigten, dass sowohl die Lieferantensuche als auch die Datenverbindungen logisch, transparent und zielführend aufgebaut waren. Durch die Integration externer Partner – beispielsweise über Schnittstellen wie zur Produktionsplattform von Instawerk – konnten relevante Dienstleister schnell identifiziert und in den Projektkontext eingebunden werden. Die Kommunikation zwischen Integrator und Dienstleister verlief nachvollziehbar und wurde zuverlässig dokumentiert.

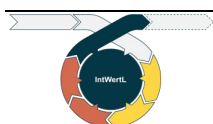
Im Bereich der Beauftragung zeigte sich, dass die Plattform eine durchgängige, verständliche und nachvollziehbare Übermittlung aller Angebotsdaten ermöglicht. Von der Auswahl über die Preisgestaltung bis hin zur Dokumentation konnten alle Schritte reibungslos durchgeführt werden. Die Nutzer bestätigten, dass das System ihre Daten konsistent verarbeitet und in das vorgegebene Raster integrierte.

Ein weiterer zentraler Validierungsaspekt war das Projektmanagement-Modul. Die hinterlegten Daten waren jederzeit verfügbar und die Nutzer konnten Prozesse, Aufgaben und Zeitverläufe klar nachverfolgen. Das integrierte Gantt-Diagramm wurde als geeignetes Werkzeug zur Darstellung der zeitlichen Abhängigkeiten und zur Planung des Projektablaufs bestätigt. Nutzer*innen sahen darin eine wertvolle Unterstützung, um Projekte sowohl strukturell als auch zeitlich optimal zu koordinieren. Die KI-basierte Unterstützung bei der Datenaufbereitung und Planung wurde auch in diesem Bereich als hilfreich empfunden.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die Validierung aller untersuchten Komponenten erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Die Plattform zeigt ein hohes Maß an Reife, unterstützt die Prozesse entlang der Wertschöpfungskette effizient und bietet Anwendern eine transparente, intuitive und sichere Umgebung zur Projektplanung und -steuerung. Die Rückmeldungen der Stakeholder, darunter die beteiligten Industriepartner sowie das Testing-Team von Capgemini, bestätigen die hohe Akzeptanz und die Praxistauglichkeit der Lösung. Die Ergebnisse bilden damit eine solide Grundlage für die weitere technische Verfeinerung und die mögliche Skalierung im Rahmen zukünftiger Projektphasen.

11.2. UAP6120 Marktanalysen/ -studien

Der Markt für Spezial- und Nischenfahrzeuge befindet sich aktuell in einer Phase tiefgreifender Veränderung. Getrieben wird diese Dynamik durch vor allem steigende regulatorische Anforderungen, wachsende Kundenansprüche hinsichtlich Individualisierung sowie den zunehmenden Einsatz digitaler Werkzeuge entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Gleichzeitig stehen Hersteller, Integratoren und Dienstleistungsunternehmen vor der Herausforderung, wirtschaftlich tragfähige Prozesse zu etablieren, obwohl ihre Produkte häufig in kleinen



Stückzahlen gefertigt werden. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Frage an Bedeutung, wie digitale Plattformmodelle zur Effizienzsteigerung und Risikominimierung beitragen können.

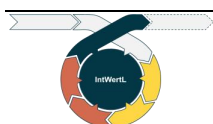
Eine qualitative Marktvalidierung mit Industrievertretern zeigt, dass der Bedarf nach durchgängigen digitalen Prozessen grundsätzlich hoch ist. Unternehmen bestätigen, dass insbesondere die strukturierte Erfassung von Kundenanforderungen ein zentraler Engpass darstellt. Fehlende Standardisierung, unpräzise Anfragen und aufwendige Abstimmungen führen regelmäßig zu Verzögerungen und Fehleinschätzungen. Digitale Konfiguratoren werden daher als wertvolles Instrument gesehen, da sie Transparenz schaffen, Anfragen qualifizieren und Integratoren frühzeitig entlasten. Gleichzeitig wird deutlich, dass ein unbegrenzter Freiheitsgrad in der Individualisierung wirtschaftlich kaum tragfähig ist. Erfolgreiche Plattformmodelle müssen daher nicht nur technische Konfiguration ermöglichen, sondern auch die Erwartungshaltung der Kunden steuern und dabei gezielt standardnähere Lösungen fördern.

Während die Identifikation passender Partner über Marktplatzfunktionen theoretisch attraktiv erscheint, zeigt die Praxis eine deutliche Einschränkung: Vertrauen, gewachsene Beziehungen und bestehende Netzwerke besitzen in dieser Branche einen sehr hohen Stellenwert. Die Integration neuer Partner verursacht zusätzlichen Abstimmungs- und Schulungsaufwand, der häufig höher bewertet wird, als der mögliche Nutzen. Daher bevorzugen Integratoren geschlossene, kuratierte Netzwerke gegenüber offenen Marktplätzen. Plattformen müssen dies berücksichtigen und eher als Werkzeug zur Netzwerkpflge statt als wettbewerbsintensiver Marktplatz fungieren.

Ein weiterer zentraler Befund betrifft die Produktentstehung. Unternehmen kämpfen mit unstrukturierten Prozessen, fehlender Transparenz und unzureichend synchronisierten Teilprojekten. Ein digitales, gemeinsames Projektmanagement Tool wird daher als besonders wertvoll erachtet, sofern es konsequent genutzt wird und sensible Informationen nur auf Metadatenebene geteilt werden. Hier zeigt sich einer der größten potenziellen Mehrwerte digitaler Plattformen: Die frühzeitige Sichtbarkeit von Abhängigkeiten und Risiken kann Verzögerungen reduzieren und Koordination wesentlich verbessern.

Die größte Bedeutung kommt jedoch dem Bereich der Zulassung und Homologation zu. Die regulatorische Komplexität, die lange Dauer von Prüfprozessen und die begrenzten Ressourcen kleiner Hersteller machen diesen Schritt besonders kritisch. Studien zeigen, dass geringfügige technische Änderungen oft eine erneute Homologation auslösen können, verbunden mit massiven Zeit- und Kostenfolgen. Die frühe Identifikation relevanter Anforderungen wird daher als entscheidender Erfolgsfaktor gewertet. Digitale Homologationsassistenten können Unternehmen erheblich entlasten, indem sie Anforderungen strukturieren, Prüfungen steuern und Risiken minimieren.

Insgesamt zeigt die Marktanalyse, dass digitale Plattformen im Bereich der Spezialfahrzeuge einen hohen Mehrwert bieten können – jedoch nur, wenn sie die spezifischen Rahmenbedingungen der Branche berücksichtigen. Erfolgsentscheidend sind eine kontrollierte, integratorzentrierte Ausgestaltung, eine klare Begrenzung des Individualisierungsgrades, unterstützende statt offene Marktplatzmechanismen und ein starker Fokus auf Transparenz sowie regulatorische Sicherheit. Die Validierung verdeutlicht damit, dass Plattformmodelle wirtschaftliches Potenzial besitzen, dieses jedoch nur durch eine praxisnahe, realitätsorientierte Ausgestaltung vollständig erschlossen werden kann.



11.3. UAP6130 Validierung der Plattform unter Einsatzbedingungen

Die Validierung der Plattform stellt einen zentralen Meilenstein im Projektmonat 39 dar. Ziel des Vorhabens war es, eine ganzheitliche, digitale Lösung zu schaffen, die Unternehmen der Leichtbaufahrzeugbranche mit geringer Stückzahl in allen Phasen der Produktentstehung, von der Projektregistrierung über das Konfigurations- und Anforderungsmanagement bis hin zu Beschaffung, Produktion, Dokumentation und Homologation, nahtlos unterstützt.

Die Validierungsphase diente dazu, sämtliche funktionalen Bausteine, Schnittstellen sowie End-to-End Prozesse auf ihre Funktionsfähigkeit, Konsistenz und Benutzerfreundlichkeit hin zu prüfen. Hierfür wurden reale Anwenderprozesse abgebildet und die beteiligten Webportale, insbesondere das EcoVity-Webportal sowie die GFT-Variante, umfangreich getestet. Dabei wurde sowohl die technische Stabilität als auch die inhaltliche Nachvollziehbarkeit der Abläufe bewertet.

11.3.1. Registrierung und Stammdatenverwaltung

Bereits der Einstieg über das Webportal erwies sich als klar strukturiert und leicht verständlich. Nutzer durchlaufen einen sicheren Registrierungsprozess, der eine Zwei-Faktor-Authentifizierung beinhaltet und dadurch ein hohes Maß an Schutz gewährleistet. Die Validierung zeigte, dass sowohl die Anmeldung als auch das Hinterlegen und Aktualisieren von Stammdaten nachvollziehbar und ohne Schwierigkeiten möglich waren. Besonders positiv hervorgehoben wurde die übersichtliche Gestaltung und die einfache Zugänglichkeit aller relevanten Funktionen.

11.3.2. Projektanlage und -initiierung

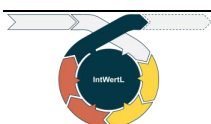
Für die Projektanlage stehen zwei Varianten zur Verfügung: EcoVity sowie das GFT-Webportal. Beide Lösungen ermöglichen es Integratoren, neue Projekte anzulegen, Stammdaten zu hinterlegen und Anforderungen strukturiert zu definieren. Die Plattform wertet eingegebene Freitexte automatisch aus, identifiziert Schlüsselbegriffe und visualisiert diese, so dass eine eindeutige Projektdisposition entsteht.

Die Validierung ergab, dass der Prozess der Projektanlage effizient, intuitiv und vollständig durchführbar ist. Anwender konnten sämtliche Informationen problemlos eingeben, wobei die Datenverarbeitung transparent blieb und jederzeit nachvollzogen werden konnte. Die automatischen Auswertungsmöglichkeiten wurden als besonders hilfreich wahrgenommen, da sie die Strukturierung komplexer Inhalte unterstützen.

Ein weiteres Kernelement ist die Integration KI-gestützter Funktionen zur Texterkennung, Datenaufbereitung und tabellarischen Darstellung. Die Validierung verdeutlichte, dass diese unterstützenden Mechanismen nicht nur die Effizienz steigern, sondern durch ihre hohe Genauigkeit und Benutzerfreundlichkeit einen deutlichen Mehrwert bieten. Die Nutzer empfanden die KI-Unterstützung als positiv und zielführend.

11.3.3. Marktplatz und Partnerauswahl

Ein zentraler Bestandteil der Plattform ist der Marktplatz, der die Interaktion zwischen Integratoren und Dienstleistern erleichtert. Die Software schlägt geeignete Engineering und Produktionspartner vor, stellt relevante Lieferantendaten bereit und ermöglicht eine strukturierte Abstimmung zu Anforderungen und Lösungen.



Die Validierung bestätigte, dass die Auswahlprozesse verständlich und nachvollziehbar gestaltet sind. Die Verbindung der Daten über Plattformgrenzen hinweg wurde als sinnvoll und effizient wahrgenommen. Besonders die Lieferantensuche über Instawerk wurde als zielführend bewertet, da relevante Angebote schnell und transparent identifiziert werden konnten.

11.3.4. Beauftragung und Dokumentation

Die Plattform ermöglicht zudem die digitale Beauftragung von Stückzahlen, Preisen und Angeboten direkt über das System. Alle relevanten Angebotsinformationen können effizient übermittelt, dokumentiert und archiviert werden. Dieser Prozess wurde im Rahmen der Validierung ebenfalls positiv bewertet, da er die Durchgängigkeit des Projektablaufs stärkt und Medienbrüche reduziert.

11.3.5. Projektmanagement und Datenverfügbarkeit

Im Bereich Projektmanagement stellt die Plattform sämtliche hinterlegten Daten zentral bereit, sodass jederzeit eine transparente und vollständige Grundlage für die Planung besteht. Durch die Darstellung der Zeitplanung als Gantt-Diagramm wird ein strukturiertes und übersichtliches Zeitmanagement ermöglicht. Die Validierung zeigte, dass die Datenverfügbarkeit durchgehend gewährleistet war und das Gantt-Diagramm eine echte Unterstützung für die operative Planung darstellt.

Auch hier wurde die Unterstützung durch KI – etwa bei der Datenaufbereitung oder der Ableitung von Aktivitäten – als sehr hilfreich empfunden. Die KI-Assistenz trägt dazu bei, komplexe Projekte effizienter zu planen und notwendige Schritte frühzeitig zu erkennen.

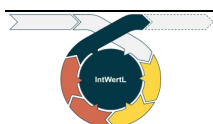
11.3.6. Fazit

Die Validierung der Plattform für intelligente Wertschöpfungsnetzwerke hat gezeigt, dass das entwickelte Gesamtsystem vollständig funktionsfähig, anwenderfreundlich und in allen Bereichen konsistent umgesetzt ist. Die Integration moderner Technologien, insbesondere KI-gestützter Funktionen, erhöht die Effizienz und Transparenz der Prozesse deutlich. Sämtliche getesteten Bereiche erfüllten die Anforderungen der Anwender in hohem Maße. Registrierungsprozesse, Projektanlage, Datenaufbereitung, Partnerauswahl, Beauftragung und Projektmanagement fügen sich nahtlos zu einem durchgängigen End-to-End-Prozess zusammen. Die klare Struktur, die intuitive Bedienung und die hohe Datenqualität bieten eine solide Grundlage für zukünftige industrielle Anwendungen.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Plattform nicht nur technisch ausgereift ist, sondern auch in Bezug auf Benutzerzufriedenheit und Praxistauglichkeit überzeugt. Sie leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Digitalisierung und Effizienzsteigerung im Umfeld von Leichtbaufahrzeugen geringer Stückzahl und stellt einen bedeutenden Schritt in Richtung intelligenter, vernetzter Wertschöpfung dar.

11.4. UAP6140 Entwicklung der Funktionen

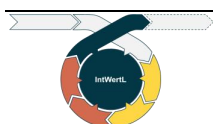
Im UAP6140 stand die zielgerichtete Entwicklung der zentralen Plattformfunktionen im Fokus, die als technisches Fundament für die gesamte Wertschöpfungskette dienen. Aufbauend auf den zuvor definierten Anforderungen wurden die Module sukzessive konzipiert, technisch umgesetzt und eng an den späteren Einsatzbedingungen orientiert weiterentwickelt.



Ein wesentliches Entwicklungsziel bestand darin, eine durchgängig digitale Prozessunterstützung bereitzustellen, die Integratoren, Lieferanten und weitere Stakeholder gleichermaßen befähigt, Projekte effizienter, transparenter und risikoärmer zu steuern. Dafür wurden sowohl klassische Softwarekomponenten als auch moderne KI-gestützte Bausteine integriert. Die Entwicklung erfolgte iterativ, sodass neue Erkenntnisse aus Validierungen, Nutzerrückmeldungen und Schnittstellenanforderungen kontinuierlich in den Fortschreibungsprozess einfließen konnten.

Ein Schwerpunkt lag auf der datengetriebenen Ausgestaltung der Projektanlage und des Anforderungsmanagements. Die Funktionen zur automatischen Extraktion und Strukturierung von Freitexten, zur Erkennung relevanter Schlüsselbegriffe sowie zur Visualisierung von Zusammenhängen wurden so implementiert, dass sie eine klare, nachvollziehbare Ableitung der Projekthinhalte ermöglichen. Ergänzend dazu wurde die tabellarische KI-gestützte Datenaufbereitung entwickelt, die Nutzerinnen und Nutzern eine erhebliche Reduktion manueller Arbeitsschritte bietet. Im Bereich der Partnerauswahl und Marktintegration wurden Schnittstellen geschaffen, die eine reibungslose Datenkommunikation mit externen Diensten ermöglichen. Die Funktionsentwicklung berücksichtigte dabei sowohl offene Marktplatzmechanismen als auch kuratierte Netzwerke, um den branchenspezifischen Anforderungen gerecht zu werden. Die softwaregestützten Prozesse für Angebotsübermittlung, Preisgestaltung und Beauftragung wurden so umgesetzt, dass sie vollständig integriert, transparent und reproduzierbar nachvollzogen werden können.

Auch das Projektmanagementmodul wurde im Rahmen des UAP6140 funktional ausgestaltet. Dazu zählen die Entwicklung eines dynamischen Gantt-Diagramms, eines konsistenten Aufgabenmodells und der zugrunde liegenden Datenmanagementmechanismen. Die Funktionen wurden so implementiert, dass eine kontinuierliche Sichtbarkeit von Abhängigkeiten, Fortschritten und Risiken gewährleistet ist. Insbesondere die KI-basierten Vorschläge für Aktivitäten und Zeitplanung unterstützen die Anwenderinnen und Anwender bei der operativen Strukturierung und erhöhen die Qualität der Planung. Die Entwicklung der Funktionen im Arbeitspaket UAP6140 konnte vollständig und erfolgreich abgeschlossen werden. Die erarbeiteten Softwaremodule zeichnen sich durch hohe technische Reife, robuste Leistungsfähigkeit und eine deutliche Nutzerorientierung aus. Durch die Kombination aus klassischen Softwarearchitekturen und intelligenten, KI-gestützten Elementen entsteht ein modernes, leistungsfähiges Werkzeug, das die Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette spürbar verbessert. Die positiven Rückmeldungen aus Validierungen und Nutzerstudien bestätigen die hohe Praxistauglichkeit der entwickelten Funktionen. Damit bildet UAP6140 einen zentralen Baustein für den nachhaltigen Erfolg der Plattform und einen wichtigen Schritt hin zu einer digitalisierten, vernetzten und effizienten Gestaltung von Spezialfahrzeugprojekten.



12. AP6200 Plattformbetrieb verstetigen und Onboarding weiterer Partner (bwcon)

(3RS, bl design, Capgemini, IPA, Kenbun, Motion-Ray)

Das AP konzentriert sich auf die Verstetigung der Zusammenarbeit sowie die Optimierung des Plattformbetriebs. Im Mittelpunkt standen die Erweiterung des Partnernetzwerks, die Etablierung einer offenen Kooperationskultur, die Skalierung von Fähigkeiten und Kompetenzen, der technische und inhaltliche Vertrieb, die Kommerzialisierung des Plattformbetriebs sowie die Definition von Service- und Supportkonzepten.

Die Hauptidee des AP6200 ist ein Vermarktungskonzept und dessen Durchführung, die Erarbeitung von Support-Tools und einem Service/ Feedback-Konzept sowie ein Prozess, der eine kontinuierliche strategische Weiterentwicklung der Plattform sicherstellt.

Eine reale Verstetigung der Plattform und das Onboarding weiterer Partner war nicht möglich, da zum Zeitpunkt der geplanten AP-Laufzeit weder der Prototyp die notwendige Reife hatte, noch eine funktionsfähige Plattform oder ein ausgereiftes Geschäfts- bzw. Betreibermodell vorlag. Stattdessen wurden konzeptionelle Ansätze erarbeitet, die auf der langjährigen Erfahrung der Projektpartner in AP6200 basierten.

Da die notwendigen Inputs aus vorgelagerten APs 3200, 4100, 5200, 5300, 6100 und 3200 nicht rechtzeitig geliefert werden konnten, hat AP6200 proaktiv an deren Meetings teilgenommen und mitgearbeitet und so zur inhaltlichen Arbeit beigetragen. Die Ergebnisse und Erkenntnisse daraus wurden für die Umsetzung von AP6200 genutzt. Inputs der vorgelagerten APs flossen im weiteren Verlauf in das AP6200 und wurden soweit wie möglich nachträglich eingearbeitet bzw. die Ergebnisse von AP6200 aktualisiert.

Es sei darauf hingewiesen, dass der initial geplante Reifegrad einer marktfähigen Plattform als überambitioniert einzuschätzen ist. Gründe hierfür sind, dass notwendigen, wirtschaftlichen Vorleistungen der relevanten Partner mit hohen finanziellen Aufwänden verbunden und nicht erbracht werden konnten. Eine kommerzielle Plattformnutzung ließ sich nicht mit den Rahmenbedingungen und Zielsetzungen des Förderprojekts vereinbaren und war in Projektlaufzeit auch nicht vorgesehen.

12.1. UAP6210 Erarbeitung und Durchführung stakeholder-spezifischer Marketingkonzepte

Im Rahmen des Forschungsprojekts IntWertL befasst sich UAP6210 mit der Markteinführung der digitalen Wertschöpfungsplattform und insbesondere mit der Erhöhung der Anzahl der Plattformteilnehmer. Ziel war der Übergang vom Forschungs- und Förderprojekt hin zu einem langfristig tragfähigen, kommerziellen Angebot. Hierzu wurden relevante Nutzergruppen analysiert, spezifische Vermarktungsstrategien entwickelt sowie geeignete Vermarktungsinstrumente definiert und erprobt. Die Wirkung der Maßnahmen wurde bereits während der Projektlaufzeit, etwa auf Veranstaltungen oder in Gesprächen mit Stakeholdern, evaluiert und bei Bedarf angepasst.

Das UAP baut auf Ergebnissen aus AP6100 und AP3200 zur Markt- und Kundenanalyse auf. Auf Basis des analysierten Ist-Zustands wurde eine Vermarktungsstrategie entwickelt und die dafür notwendigen Instrumente festgelegt, darunter Online- und Offline-Kommunikations-

kanäle, Eventauftritte, Benchmarks, Studien sowie die vermarktungsgerechte Aufbereitung eines Referenzprojekts zur Veranschaulichung des Plattformnutzens.

Da zum Zeitpunkt der Erstellung weder ein fertiges Geschäfts- und Betreibermodell noch eine marktreife, vorzeigbare Plattform vorlag, wurden wesentliche Bestandteile des Vermarktungskonzepts konzeptionell entwickelt. Diese basieren auf Annahmen sowie Erfahrungen aus vergleichbaren Projekten. Wo möglich wurden konkrete Anwendungsbeispiele für EcoVity/IntWertL aufgezeigt.

Die Ergebnisse des UAP6210 verteilen sich auf zwei Deliverables: D621A Dokumentiertes Vermarktungs- und Go-to-Market-Konzept und D621B Dokumentation der Validierung sowie der Optimierungspotenziale.

D621A fokussiert sich auf die Definition der Zielgruppen, des Leistungsversprechens (USPs) sowie auf ein Marketing- und Kommunikationskonzept inklusive Budget- und Zeitplanung. Bereits während der Projektlaufzeit wurden unter anderem eine Projektwebseite, Newsletter, Blogbeiträge sowie die Teilnahme an externen Veranstaltungen (z. B. Catena-X-Tag, Hannover Messe Industrie, bwcon Hightech Summit, Zulieferertage, Technologietage) umgesetzt und kontinuierlich optimiert. Weitere Bestandteile eines Go-to-Market-Plans werden erläutert, stehen jedoch nicht im Mittelpunkt der Ausarbeitung.

D621B behandelt die Validierung sowie die kontinuierliche Weiterentwicklung der in D621A beschriebenen Marketing- und Kommunikationsmaßnahmen einschließlich Budget- und Zeitplanung.

12.2. UAP6220 Funktionale Plattformpföpfung und Supportprozesse

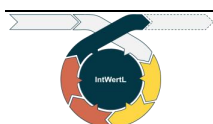
Ein Schwerpunkt von UAP6220 lag auf der Analyse und dem Ausbau des CRM-Systems. Anmeldungen und Teilnehmer des Ökosystems werden im CRM verwaltet. Interaktionen mit Mitgliedern und Interessenten können regelmäßig ausgewertet werden, um Optimierungspotenziale abzuleiten.

Im Deliverable D622A werden zudem Vorschläge für ein Feedback- und Ticketsystem dargestellt, das sowohl den Support als auch die Kommunikation mit den Nutzern unterstützt. Das Dokument fokussiert sich auf die EcoVity-Registrierung mit Catena-X-Anbindung, das entsprechende Onboarding sowie die begleitenden Supportelemente. Der grundsätzliche Aufbau des Supportsystems wird beschrieben, ebenso die Erweiterung des EcoVity-Portals um Supportseiten und Kontaktpunkte zum Support-Team. Die Ticketbearbeitung erfolgt über ein Eskalationsverfahren gemäß definierter Service Levels. Aufgrund der Vielzahl beteiligter Systeme innerhalb von Catena-X werden Zuständigkeiten im Support gesondert betrachtet.

Abschließend enthält das Dokument eine Analyse geeigneter Drittanbieter-Supportsysteme sowie einen MVP-Vorschlag für die Eigenentwicklung eines Supportsystems.

12.3. UAP6230 Verstetigung und Optimierung der strategischen Ausrichtung

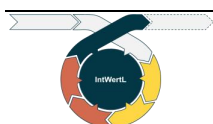
Ziel des UAP ist die nachhaltige, strategische Weiterentwicklung der EcoVity-Plattform. Hierzu wurde ein wiederholbarer, strukturierter Prozess zur Überprüfung und Weiterentwicklung des Geschäftsmodells und der Plattformfunktionen entwickelt. Das Dokument beschreibt die



entsprechenden Methoden, Werkzeuge, Rollen und Kennzahlen mit dem Ziel, eine langfristig tragfähige Plattformstruktur zu etablieren.

Da weder ein etabliertes Partnerökosystem noch eine vollständig implementierte Plattform vorlagen, wurde bewusst darauf verzichtet, klassische Verbesserungsmethoden wie Kaizen, Six Sigma oder SWOT-Analysen auf IntWertL bzw. das externe Angebot EcoVity anzuwenden. Innerhalb des Projekts wird der Name IntWertL verwendet, während für die externe Kommunikation und Vermarktung der Markenname EcoVity eingeführt wurde. Inhaltlich ist in beiden Fällen dieselbe Plattform gemeint.

Im Rahmen von UAP6230 wurden zudem das Ticketsystem und Supportsystem konzipiert sowie Beispiele für Verbesserungsprozesse erarbeitet. Darüber hinaus erfolgte, in Überschneidung mit UAP6220, die Analyse und der Ausbau des CRM-Systems, um Anmeldungen, Teilnehmer und Interaktionen systematisch auszuwerten und kontinuierlich zu optimieren.



13. AP6300 Validierung Gesamtkonzept (DLR)

(3RS, AtTrack, Fiber Engineering, INYO, IPA, Kenbun, König Metall, Rosswag, Weber Fiber-tech)

Abweichend zum Titel des APs wurden in der Anfangsphase (die ersten beiden Unterarbeitspaketen) auch hier die Anforderungen an eine mögliche Plattform mit den potenziell entsprechenden Nutzern mit Unterstützung aus dem AP1100 zusammengetragen. Im späteren Verlauf wurden in UAP6330 die Funktionalitäten des Netzwerks und der Plattform in der Realität von Nutzern bewertet. Anschließend wurden prototypische Strukturen umgesetzt und der Gesamtprozess durch die einzelnen Softwaremodule evaluiert.

13.1. UAP6310 Workshops und Anforderungsdefinition für kundenindividuelle Fahrzeuge

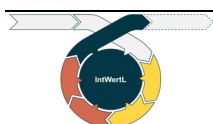
Im Rahmen des UAP6310 wurden Workshops mit den Städten Bühl und Meersburg durchgeführt. Ziel war es hierbei, ein Verständnis zu erlangen, wie in den Städten und Kommunen der Fahrzeugbeschaffungsprozess aussieht sowie zukünftige Anforderungen und Spezifikationen von Endanwendern und Fahrzeugbetreibern abzuleiten. Auch die Technologieregion Karlsruhe (TRK) wurde befragt, aber da die TRK selbst keinen Fuhrpark besitzt und keine Gespräche mit der Stadtverwaltung durchgeführt wurden, werden hier nur die Ergebnisse der Städte Bühl und Meersburg aufgezeigt.

In den Workshops mit den Städten haben sich gewisse Bedarfe herausgestellt, die die EcoVity-Plattform decken kann. Ein Wunsch der Kommunen ist, ein vorgegebenes Formular zur Unterstützung bei Fahrzeugdefinition/im Bestellprozess, „damit man nichts vergisst“. Zudem wäre eine objektive Vergleichsplattform hilfreich, um sich Inspiration zu holen, was es gibt. So lassen sich evtl. modulare Produkte platzieren, die EcoVity mit Option auf individuelle Konfiguration, aber auch individuelle Entwicklung (z.B. OEM-Basismodell plus Um- oder Aufbau), anbieten kann. Zudem sollen Kriterien verglichen werden, wie z.B. Reichweite, Umweltfreundlichkeit, etc.

Davon leiten sich Möglichkeiten ab, wie die EcoVity-Plattform gestaltet werden kann, beziehungsweise worin gezielt Unterstützungsbedarf besteht. Vorgegebene Formulare sollten angeboten werden, um Fahrzeuganforderungen ausreichend umfangreich zu definieren. Dabei sollte die Ausschreibungsplattform automatisiert screenen (API) und abwägen, ob man etwas anbieten kann. Zudem muss sie als Vergleichsplattform genutzt werden können und einen Konfigurator anbieten. Sie sollte dabei auch Lösungsvorschläge für bestehende Vorurteile wie z.B. geringe Reichweite bei Elektrofahrzeugen, hoher bürokratischer Aufwand bei Installation von Ladesäulen, etc. aufzeigen.

13.2. UAP6320 Definition der Inputparameter und Bereitstellung

Für die Entwicklung eines Fahrzeuges oder auch nur eines Bauteils bedarf es an vielfältigen Informationen. Je genauer die Vorgaben sind, desto einfacher ist die Entwicklung und desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, den Kundenwünschen zu entsprechen. Daher ist es wichtig, dass sich Auftraggeber und Auftragnehmer im Vorfeld ausgiebig abstimmen und die Parameter im Verlauf sich nicht ändern. Um dies zu gewährleisten, haben sich die Erstellung eines Lastenhefts als theoretische Wunschliste des Auftraggebers/Kunde sowie das Pflichtenheft als Umsetzung der Kundenwünsche aus Sicht des Auftragnehmers etabliert.



In IntWertL wurden drei Use-Cases betrachtet, anhand derer alle Entwicklungsschritte der Plattform entwickelt und validiert werden sollen. Durch die Insolvenz der Rainer & Oliver PULS GmbH musste im Konsortium eine Alternative gefunden werden. Neben den geplanten Lizenzgebern AtTrack GmbH (Use-Case 1) und Inyo (Use-Case 2) wurde ein Rolling Chassis von Knebel Fahrzeugbau (Use-Case 3) genutzt, um die Anforderungen an die Plattform aus Herstellersicht zu erlangen.

Alle gelieferten Daten der Use-Case-Geber wurden gesichtet und bewertet. Dabei ergaben sich keine offenen Fragen zur Bereitstellung oder Art der Daten. Für die weitere Bearbeitung sind keine Überarbeitungen nötig und somit sollten die Daten auch auf einer zukünftigen Entwicklungsplattform EcoVity entsprechend genutzt und weiterverarbeitet werden können.

13.3. UAP6330 Nutzung der Plattform, des Engineering- und des Produktionsnetzwerks

Für die Nutzung des Engineering-Netzwerks und später des Produktionsnetzwerks wurden mehrere Planspiele aufgesetzt. Um die internen Prozesse besser verstehen und visualisieren zu können, stellte der Use-Case 3 Geber Knebel Fahrzeugbau die Entwicklung einer universellen Konsole für einen Kofferaufbau auf verschiedene Chassis zur Verfügung. Bei mehreren Abstimmungstreffen wurden Informationen ausgetauscht und die Prozesse zur beispielhaften Entwicklung der Konsole an das AP5200 und Austausch mit AP2100 weitergegeben. Dieses Wissen mit den Entwicklungskompetenzen der Planspiel-Partner Lauer und Weiss sowie dem DLR wurde intensiv genutzt, um eine Struktur zu entwickeln, Entwicklungsabläufe effizient auf einer digitalen Plattform abzubilden. Validiert wurden die Entwicklungsprozesse in einem weiteren Planspiel mit dem Use-Case 1 der Firma AtTrack. Hier wurde basierend auf einem klar strukturierten Lastenheft eine CargoBox (Kofferaufbau) für das Fahrzeug TE700 konzipiert.

Das Produktionsnetzwerk wurde dann auf einem Prototyp der Produktionsplattform von GFT dargestellt und durch unterschiedliche Partner getestet. Der zuvor konzipierte CargoBox wurde noch durch Simulationen abgesichert und die gesamte Produktion auf die Plattform übertragen. Neben Gussknoten der Firma Schübel und 3D-gedruckten Knoten von Rosswag wurden auch Sandwichplatten der Firma Weber Fibertech und BlASFaserplatten der Firma Fiber Engineering sowie Formprofile von König Metall aus dem Konsortium genutzt, um den Kofferaufbau zu realisieren. Die Plattformmodule und die CargoBox konnten in der Hannover-Messe Industrie (HMI) auf dem Gemeinschaftsstand der Plattform Industrie 4.0 besichtigt werden.

13.4. UAP6340 Realisierung Use-Case optimaler Fahrzeugkomponenten und -strukturen

Nach der Konzeption der, im vorgehenden Kapitel beschriebenen, CargoBox für den AtTrack TE700, mussten neben den Komponenten aus dem Konsortium auch Zukaufteile beschafft werden. Die grundlegende Rahmenstruktur bestand aus Bosch-Rexroth-Teilen aus dem bekannten Profilbaukasten. Zudem wurden maßgeschnittene Alu-Dibond Platten und ein Rollladensystem benötigt. Nachfolgend Abbildung 13-1 links zeigt den Stand auf der Hannover-Messe mit der fertigen Cargo Box.

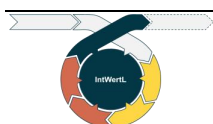




Abbildung 13-1: li.: CargoBox des TE700 auf der Hannover-Messe am Stand des BMWK; re.: Bürgermeister R. Scherer (re.) im Gespräch mit M. Utz (li.) vor Prototyp eines kommunalen Sammelfahrzeugs

Zum Ende des Projekts wurde dann noch ein realitätsnaher Fahrzeugaufbau für ein kommunales elektrisches Sammelfahrzeug entwickelt und aufgebaut. Hierzu wurden die Vorgaben der Kommunen nach einer nachhaltigen, effizienten, reparaturfreundlichen und kostengünstigen Lösung zur Realisierung herangezogen. Präsentiert wurde das Fahrzeug mit dem Aufbau beim letzten regulären Projekttreffen in Meersburg dem Bürgermeister und den Verantwortlichen des Bauhofs und für das innovative modulare Konzept überzeugt.

13.5. UAP6350 Evaluation des Gesamtprozesses

In dem UAP6350 wurden die Evaluationsschritte des Gesamtprozesses der digitalen Umsetzung betrachtet. Aus Mangel einer alle Softwaremodule umfassenden Plattform wurde von den beteiligten modulentwickelnden Partnern beschlossen, die einzelnen, programmierten Module einer Selbstevaluation zu unterziehen und anschließend in einer Zielerreichungsmatrix zusammenzufassen (siehe folgende Tabelle 13-1).

Tabelle 13-1: Entwicklung des geplanten TRL der Schlüsseltechnologien über die Projektlaufzeit

#	Schlüsseltechnologie / Kriterium	TRL Be- ginn	TRL Ende	
			Plan	Ist
1	Architektur einer dezentralen Open-Source-Plattform für Entwicklungsprozesse (Engineering-as-a-Service, Configure-to-Order, Rollenmanagement)	4	6	6
2	Herstellerunabhängige, non-proprietäre Durchgängigkeit der CAx-Ketten zwischen Entwicklung und Produktion (semantische Informationsmodellierung, Interoperabilität, Datentransparenz)	3	5	4-5
3	Hochflexible dezentrale Produktionsplattform (Manufacturing-as-a Service im Leichtbau)	6	7	7
4	Risiko-, Komplexitätsmanagement- und Haftungskonzepte (Governance, Risiko, Compliance) für dezentral entwickelte Produkte sowie deren Fertigung & Integration	3	5	4-5
5	Digitaler Zwilling zur Nachhaltigkeitsbewertung über den gesamten Fahrzeuglebenszyklus (CO2-Fußabdruck)	4	6	9*
6	Kundenindividuelles Leichtbaufahrzeug und Befähigung von Systemlieferanten zur Leichtbau-OEMs (Integration- & Documentation-as-a-Service)	3	5	5
7	Wissensmanagement in dezentralen Plattformen (Onboarding, Skalierung, UX)	4	6	6

*wird über die Anbindung an Catena-X erreicht

14. AP7100 Projektmanagement und Dissemination (bwcon)

(DLR, IPA, KIT)

Das Arbeitspaket AP7100 umfasste die Gesamtkoordination, Steuerung und Außendarstellung des Projekts IntWertL. Ziel war es, durch ein strukturiertes PM die Zielerreichung sicherzustellen, die Zusammenarbeit im Konsortium zu fördern sowie die entwickelten Ergebnisse systematisch zu dokumentieren, zu verbreiten und in Richtung Markt zu überführen.

Im Projektverlauf wurde ein hybrides PM etabliert, das klassische Steuerungsmechanismen mit agilen Arbeitsweisen kombinierte. Die Koordination erfolgte über klar definierte Rollen im Projektmanagement-Team sowie über eine mehrstufige Meetingstruktur auf Projekt-, AP-Leitungs- und Konsortialebene. Ergänzend wurden zentrale Instrumente zur Fortschrittskontrolle und Qualitätssicherung eingeführt, darunter ein systematisches Tracking von Arbeitspaketen, Meilensteinen und Deliverables sowie standardisierte Freigabeprozesse. Zur Unterstützung der Zusammenarbeit wurden digitale Kollaborationswerkzeuge, eine einheitliche Ablagestruktur sowie ein projektweites Glossar etabliert, um insbesondere die interdisziplinäre Kommunikation zu erleichtern.

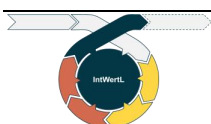
Neben der operativen Steuerung unterstützte das Projektmanagement die inhaltliche Arbeit in mehreren Arbeitspaketen, insbesondere in den Bereichen Geschäftsmodellentwicklung, Veränderungsmanagement sowie Vermarktung. Dies umfasste unter anderem die Organisation und Moderation von Workshops, die Begleitung von Entscheidungsprozessen sowie die zielgruppengerechte Aufbereitung komplexer Inhalte. Ein besonderer Fokus lag auf der Integration externer Entwicklungen, insbesondere im Kontext von Catena-X sowie auf der Berücksichtigung der Bedürfnisse von KMU im Plattformkontext. Darüber hinaus hat das PM das Projekt IntWertL sowie das Produkt EcoVity an Veranstaltungen der Zielgruppe vorgestellt oder eigene Veranstaltungen dafür organisiert mit dem Zweck Interessenten für EcoVity zu akquirieren und hat aktiv Feedback zu den Entwicklungen im Projekt eingeholt.

Im Bereich Dissemination wurden die Projektergebnisse über verschiedene Kanäle zielgruppenspezifisch verbreitet. Hierzu zählten Fachpublikationen, Veranstaltungen, Netzwerkarbeit sowie die aktive Teilnahme an Branchenevents und Messen. Parallel dazu wurden Inhalte für die externe Kommunikation aufbereitet und zur Unterstützung der Verstetigung der Plattform EcoVity eingesetzt. Insgesamt wurde durch die Maßnahmen im AP7100 eine strukturierte Projektumsetzung gewährleistet sowie eine Grundlage für die Verstetigung und Weiterentwicklung der Projektergebnisse geschaffen.

14.1. UAP7110 Gesamtprojektmanagement

Im Fokus des UAP7110 stand die Gesamtkoordination des Projektes, die Überprüfung und Sicherstellung der Erreichung der (Teil-) Ziele und Meilensteine und der Führung und Vernetzung der Projektpartner als Form der Moderation eines Wertschöpfungsnetzwerks.

Innerhalb der Gesamtkoordination wurde von einem Projektmanagement-Team (PM) übernommen, das aus der bwcon research, dem KIT, dem Fraunhofer IPA und dem DLR bestand. Das PM arbeitete vorwiegend virtuell zusammen. Für eine effiziente Zusammenarbeit wurden die Aufgaben im PM auf definierte Rollen mit Stellvertretungsregelung verteilt. Es wurde ein hybrides Projektmanagement durchgeführt, klassisches Projektmanagement für die Koordination und Tracking der APs und Meilensteine und agiles Projektmanagement in der Steuerung



der Aufgaben im PM. Mit Retrospektiven und einer gemeinsam festgelegten Feedback-Kultur, überprüfte das PM die Wirksamkeit seiner Maßnahmen zur Erreichung der Ziele im UAP.

Für die Koordination der Projektpartner wurde eine Meetingstruktur (siehe Abb. 14-1) auf PM sowie auf AP-Leitungs- und Konsortialebene etabliert. Im PM gab es wöchentliche Meetings. Auf AP-Ebene gab es zweiwöchentliche Meetings mit dem PM zur Abstimmung des Fortschritts in den APs sowie zur Abstimmung von projektübergreifenden Themen und Aufgaben. Im letzten Projektjahr etablierte das PM die AP-Leitungsrunde als Entscheidungsgremium, um komplexe, AP-übergreifende Fragestellungen entscheiden zu können. Es wurden 15 Gesamtprojekttreffen in Projektlaufzeit umgesetzt, zehn in Präsenz und 5 online. Darüber hinaus wurde eine Meetingserie für monatliche Impulsvorträge zur Vorstellung von Ergebnissen im Konsortium eingeführt. Die Moderation der Meetings lag auf allen genannten Ebenen lag stets beim PM.

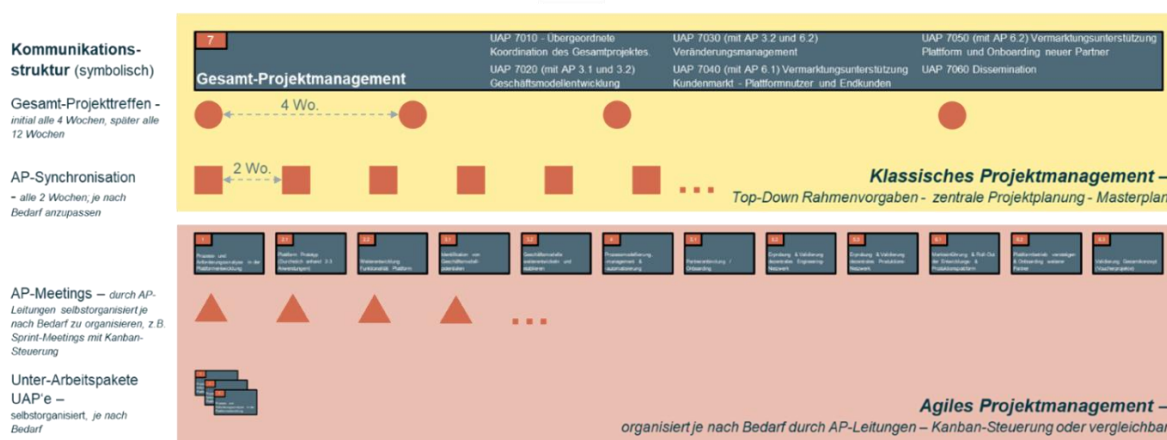


Abbildung 14-1: Meetingstruktur

Zur Stärkung der Zusammenarbeit im Projekt wurde eine einheitliche Ablagestruktur einer projekteigenen NextCloud-Instanz für alle Projektpartner vorgegeben. Für die Termin-Koordination wurde der Kalender der NextCloud genutzt. Das PM etablierte Standards für die Zusammenarbeit im Projekt und richtete ein Glossar ein, dass fachspezifische Sprache über die Disziplinen transparenter und verständlicher machte. Für die virtuelle Zusammenarbeit wurde das Kollaborations-Tool Miro genutzt. Durch die virtuelle Zusammenarbeit wurden viele Dienstreisen eingespart. Um inhaltliche und zwischenmenschliche Beziehungen zwischen den Projektpartnern aufzubauen, setzte das Projektmanagement Maßnahmen um, die die Entstehung eines Wertschöpfungsnetzwerks förderte. Hierzu gehörten zahlreiche Workshops, AP-übergreifende und bilaterale Meetings, Ansprachen im Konsortium, insgesamt zwölf interner Newsletter sowie regelmäßige, schriftliche Kommunikation zu den relevanten Themen für das Konsortium. Darüber hinaus unterstützte das PM die interdisziplinäre Kommunikation zwischen der SW-Entwicklung und Automobilzulieferern.

Für die kontinuierliche Überprüfung des Projektfortschrittes sowie die Sicherstellung der Erreichung der (Teil-) Ziele und Meilensteine entwickelte das PM eine Tabelle mit Übersicht der APs, Meilensteine und Deliverables, die dem Tracking und der Dokumentation dieser diente, einen Freigabe- und Prüfprozess zur Qualitätssicherung, und eine Schnittstellenübersicht der APs zur Visualisierung der Abhängigkeiten untereinander.

Um das im Projekt erworbene Wissen zu teilen und Ergebnisse zu transferieren, fand ein Austausch mit relevanten Kooperationsprojekten statt. Hierzu gehörten v.a. Catena-X sowie die Forschungsprojekte DigiTain, NeMo.bil, Smart Factory Web, Possible und Extreme Defi. Darüber hinaus fand in Projektlaufzeit ein Austausch und Kooperation mit vielen Fachkreisen und Netzwerken statt, z.B.: Catena-X e.V., Intelligent Move Netzwerk (e-mobil), Netzwerk der e-mobil, Leichtbauzentrum BW e.V., Transformationsnetzwerk Cluster Automotive Region Stuttgart 2.0, Innovationscampus Mobilität der Zukunft, TU Bergakademie Freiberg, RegioMORE. Darüber hinaus fanden im Rahmen von IntWertL eine Kooperation mit den Catena-X-Fachkreisen sowie den Mitgliedern von Catena-X e.V. statt.

Eine große Herausforderung war der Ausfall des ursprünglichen Konsortialführers Leichtbau BW für das PM. Nach der Schließung der Leichtbau BW im Ende Dezember 2022 übernahm die bwcon research zunächst kommissarisch die Konsortialführung.

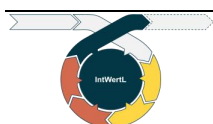
Eine weitere Herausforderung war das Lizenzgeber-Modell im Projekt. Hier sind Marktbedingungen und Förderarithmetik im Widerspruch. Unternehmen sind nicht bereit Leistungen sehr weit vorzuhalten und das Fördermittelrecht fordert ein, dass Zahlungen erst geleistet werden müssen, damit man sie förderrechtlich geltend machen kann. Keine Partei hatte Bereitschaft für eine Zwischenfinanzierung der erforderlichen Liquidität. Hat man einen Auftrag extern vergeben hält sich der Auftragnehmer an diesen gebunden und akzeptiert keine Projektverzögerungen. Die noch vom Partner Leichtbau BW ausformulierten Verträge waren hatten keine Vertragsklausel bzgl. Projektverzögerungen enthalten. Vor dem Hintergrund dieser Unschärfe hat das Projekt die Herausforderungen gut gemeistert.

14.2. UAP7120 Geschäftsmodellentwicklung/ Unterstützung AP3100 und AP3200

Im UAP hatte das PM eine überwiegend unterstützende Rolle für die APs 3100 und vor allem 3200 inne. Es wurde die Organisation und Koordination der Regelterminen durchgeführt. Bei stockendem AP-Fortschritt nahm das PM an den Regelmeetingteil und unterstützte inhaltlich sowie in der Steuerung der Aufgaben. Darüber hinaus wurde organisatorisch und methodisch bei der Planung und Durchführung von Experten-Interviews und Workshops unterstützt. Eine weitere wichtige Aufgabe war die Kooperation mit dem Catena-X-Netzwerk. Hierzu gehörten Absprachen mit Vertretern von Catena-X und Cofinity-X zum Geschäftsmodell und Weiterentwicklung von EcoVity, der Integration von EcoVity in das Monetarisierungskonzept von Cofinity-X und die Einbringung der Projekteinhalte in eine Catena-X Expertengruppe.

14.3. UAP7130 Veränderungsmanagement/ Unterstützung AP3200 und AP6200

Im UAP hat das PM zu mehreren Themen teilweise inhaltlich und vorwiegend organisatorisch und koordinativ aus einer gesamtheitlichen Sichtweise auf das Projekt unterstützt. Die Hauptergebnisse wurden in AP3200 und AP6200 erstellt. Unterstützt wurde beifolgenden Themen: Vision, der Reduktion von Ängsten und Ablehnung hinsichtlich Catena-X, Roadmap, Entscheidungsbedarfen, Verwertungsperspektiven und Interessen der Projektpartner nach Projektende, KMU-Bedürfnisse auf der EcoVity Plattform und Priorisierung von Aufgaben im letzten Projektjahr. Termine, in denen es um Klärung von Missverständnissen oder Konflikten unter den Projektpartnern ging, moderierte das PM eigenständig.



14.4. UAP7140 Vermarktungsunterstützung Kundenmarkt AP6100 und AP6200

Zur Verstetigung von IntWertL unterstützte das PM inhaltlich in der Entwicklung der Wortmarke EcoVity. Die Umsetzung der Wort-Bildmarke „EcoVity“ erfolgte im Unterauftrag von bl design in den UAPs 2110 und 2230. Das PM erstellte ganzheitliche Projekt-Präsentationen für die Projektpartner zur externen Kommunikation. Für die Umsetzung des Unterauftrags „Externe Kommunikation“ durch die bwcon GmbH wurden Inhalte zur Erstellung und Pflege der Webseite sowie zahlreicher Kommunikationsmittel und Kommunikatorenbeiträge zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus unterstützte das in der Organisation und Koordination des Kommunikationsbeirat und der Kommunikatoren. Zur Bekanntmachung, Verbreitung von IntWertL und der Plattform und Ökosystem EcoVity sowie der Validierung der Plattform nutzte das PM seine eigenen Netzwerke sowie Partnernetzwerke und externe Fachkreise. Diese wurden auch zur Akquise von potenziellen Plattformnutzer und Betreiber genutzt.

14.5. UAP7150 Dissemination

Im Rahmen der Dissemination wurden zahlreiche Beiträge für Pressemitteilungen, Newsletter, Fachzeitschriften und Social Media veröffentlicht. Hierzu gehören auch Whitepaper und mehrere Artikel zu IntWertL und EcoVity sowie zwei Referenzpaper, die über Medienkanäle der PM-Organisationen und Kommunikatoren veröffentlicht wurden. Dafür wurden die EcoVity Webseite, die Webseiten und Netzwerke der PM-Organisationen, die Netzwerke der assoziierten Partner, Transferpartner und Fachkreisen der Automobilzuliefererindustrie genutzt. Das PM nahm an Branchenevents, Kongressen und Messen mit Vorträgen und Informationsständen zu IntWertL und EcoVity teil. Hier zu nennen sind u.a. der bwcon Hightech Summit BW, der Technologietag Leichtbau, der Zulieferertag Automobilwirtschaft BW und der Catena-X Tag. Ein besonderes Highlight war die Organisation und Teilnahme als Leuchtturmprojekt auf dem Gemeinschaftsstand der Plattform Industrie 4.0 der Hannovermesse 2025.

Zu nennen ist zudem die Tractus-X-konforme Aufbereitung der Ergebnisse in Form von KITs innerhalb der Business Domain „Individual Vehicle Development“. Die im Projekt erarbeiteten fachlichen Konzepte, Datenmodelle und Prozessbeschreibungen wurden gezielt für diesen Anwendungsbereich strukturiert und so spezifiziert, dass sie den Architekturprinzipien sowie den Interoperabilitäts- und Governance-Anforderungen von Tractus-X entsprechen. Dadurch wurde eine Grundlage für die prototypische Umsetzung in Sandbox-Umgebungen sowie für eine perspektivische Überführung in produktive Services innerhalb der Catena-X-Umgebung geschaffen.

15. AP8100 Ökologische Bewertung des Plattformkonzepts und Integration von Life Cycle Assessment (KIT)

(AtTrack, Inyo)

Das AP8100 adressierte die Fragestellung, wie ökologische Nachhaltigkeit systematisch und methodisch fundiert in die Produktentwicklung integriert werden kann. Ausgangspunkt war die Erkenntnis, dass wesentliche Umweltwirkungen eines Produktes bereits in der frühen Entwicklungs- und Designphase festgelegt werden, etwa durch Materialwahl, Fertigungsverfahren, Modularisierung oder Design-for-Recycling-Ansätze. Ziel war es daher, sowohl den ökologischen Nutzen konkreter Leichtbaukonzepte quantitativ zu bewerten als auch konzeptionelle Grundlagen für die frühzeitige Berücksichtigung von Umweltwirkungen in einer Engineering-Plattform zu entwickeln.

Im Projektverlauf zeigte sich, dass die ursprüngliche Vorhabenbeschreibung in Teilen angepasst werden musste. Insbesondere eine direkte quantitative Bewertung des Effekts von „Live-Engineering“ mit ökologischen Kennzahlen auf der Plattform konnte aufgrund des Entwicklungsstands der Gesamtplattform nicht realisiert werden. Stattdessen wurde der Fokus geschärft auf:

- die systematische Ableitung relevanter Wirkungskategorien und Anforderungen an die Ökobilanzierung (UAP8110),
- methodisch konsistente Ökobilanzen zweier Use-Case Fahrzeuge und eines Vergleichsfahrzeugs (UAP8120),
- sowie die Konzeption einer entwicklungsnahe Nachhaltigkeitsbewertungsmethodik als Ergänzung zur Plattform (UAP8130).

Die Arbeiten wurden vollständig durch das KIT (IIP und IMI) durchgeführt.

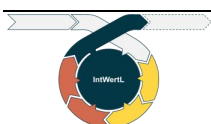
15.1. UAP8110: Anforderungen an die Ökobilanzierung

Im UAP8110 wurden zunächst die normativen und methodischen Grundlagen für die ökologische Bewertung analysiert. Aufbauend auf den Normen ISO 14040/14044 sowie ISO 14064–14067 wurden relevante Wirkungskategorien identifiziert und hinsichtlich Aussagekraft, Datenverfügbarkeit und Kommunikationsfähigkeit bewertet.

Ein zentrales Ergebnis war, dass eine ausschließliche Fokussierung auf Treibhausgasemissionen zwar praxisnah, jedoch nicht ausreichend ist, um ökologische Nachhaltigkeit ganzheitlich abzubilden. Neben dem Klimawandel wurden daher u. a. folgende Kategorien als relevant identifiziert:

- Humantoxizität (karzinogen/nicht-karzinogen),
- Ökotoxizität (terrestrisch, Süß- und Meerwasser),
- Ressourcenverbrauch (fossil und mineralisch),
- Versauerung.

Diese Auswahl bildet die Grundlage für die nachfolgenden Bilanzierungen in UAP8120 und fließt konzeptionell in die Arbeiten zu UAP8130 ein. Gleichzeitig zeigte sich im Austausch mit Projektpartnern, dass ökologische Bewertung bislang weder zentraler Bestandteil industrieller Entscheidungsprozesse noch expliziter Fokus des Gesamtprojekts war. Dies bestätigte die Relevanz vereinfachter, entwicklungsnahe Bewertungsansätze.



15.2. UAP8120: Ökologischer Nutzen der Engineering- und Produktionsplattform

Im UAP8120 wurden vollständige Ökobilanzen für drei Fahrzeugkonzepte erstellt:

- Use Case 1: Leichtbaufahrzeug AtTrack (Deliverable 811D),
- Use Case 2: Leichtbaufahrzeug Inyo (Deliverable 811C),
- Referenz: konventioneller batterieelektrischer Pkw (Deliverable 812B).

Die Bilanzierungen erfolgten konsistent über identische Systemgrenzen und Annahmen, um Vergleichbarkeit sicherzustellen. Es wurden sowohl cradle-to-gate- als auch cradle-to-cradle-Betrachtungen durchgeführt. Funktionelle Einheiten waren ein Fahrzeug über die angenommene Lebensdauer sowie Personenkilometer unter Berücksichtigung realitätsnaher Besetzungsannahmen.

Zentrale Ergebnisse sind:

- Die Produktionsphase des AtTrack verursacht ca. 6,0–6,2 t CO₂-Äquivalente, wobei Batterie und Getriebe die dominanten Beiträge liefern.
- Über den gesamten Lebenszyklus ergeben sich ca. 16,8 t CO₂-Äquivalente, wobei die Nutzungsphase – abhängig vom Strommix – einen wesentlichen Einfluss besitzt.
- Szenarien mit Photovoltaik-Strom zeigen signifikante Reduktionen über nahezu alle Wirkungskategorien.
- Im Vergleich weist der AtTrack in allen betrachteten Kategorien geringere Umweltwirkungen auf als der konventionelle E-Pkw; der Inyo liegt überwiegend zwischen beiden Konzepten.

Die Ergebnisse belegen, dass Leichtbaukonzepte insbesondere durch reduzierten Materialeinsatz und geringere Produktionsaufwände ökologische Vorteile bieten. Gleichzeitig wurde deutlich, dass Leichtbaufahrzeuge nicht alle Mobilitätsbedarfe ersetzen können, sondern gezielt bestimmte Fahrten substituieren. Die Bilanzierungen liefern damit eine belastbare quantitative Grundlage für die Bewertung des ökologischen Nutzens solcher Konzepte.

15.3. UAP8130: Konzeptionierung einer Ergänzung der Module um LCA-Ansätze

UAP8130 verfolgte einen konzeptionellen Ansatz zur Integration von Nachhaltigkeitsbewertung in die Entwicklungsphase von Produkten. Ausgangspunkt war die Erkenntnis, dass klassische Life Cycle Assessments aufgrund hoher Datenanforderungen und notwendiger Detailtiefe in der Regel erst nach Abschluss der Produktentwicklung sinnvoll anwendbar sind. Ziel des UAP war daher die Entwicklung eines vereinfachten, prospektiven Bewertungsansatzes, der bereits in frühen Entwicklungsphasen eingesetzt werden kann und Entscheidungsunterstützung im Designprozess bietet.

Um den Fokus und die Ausgestaltung der Bewertungsmethodik nutzerorientiert festlegen zu können, wurde zunächst eine empirische Umfrage zur Wahrnehmung ökologischer Nachhaltigkeit durchgeführt (Deliverable D813A). Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass Nachhaltigkeit von den Befragten primär über konkrete Produkteigenschaften wie Langlebigkeit, Reparierbarkeit, Recyclingfähigkeit und Materialwahl definiert wird. Der CO₂-Fußabdruck wird zwar als relevant wahrgenommen, jedoch häufig gegenüber nutzungs-, qualitäts- und gesundheitsbezogenen Kriterien nachrangig bewertet. Gleichzeitig besteht ein ausgeprägtes Bedürfnis nach transparenter, nachvollziehbarer und vergleichbarer Nachhaltigkeitsbewertung, während

vereinfachte Labels oder pauschale Firmenversprechen kritisch gesehen werden. Zudem variiert die Wichtigkeit einzelner Wirkungskategorien stark in Abhängigkeit vom Nutzungskontext und der individuellen Perspektive. Diese Ergebnisse belegen, dass eine starre, eindimensionale Nachhaltigkeitskennzahl nicht nutzerorientiert ist, und lieferten zentrale Anforderungen für die Konzeption der Bewertungsmethodik.

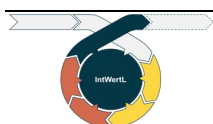
Der Kern der konzeptionellen Bewertungsmethodik (D813B) ist ein wissensgrafbasierter Ansatz, der Produktstruktur, Lebenszyklusphasen, Prozesse, Optionen, Akteure und Bewertungswerte als vernetzte Knoten und Relationen abbildet. Die zugrunde liegende Struktur gliedert sich in drei Ebenen:

- die Objektebene mit Projekt, Baugruppen, Komponenten sowie Material- und Prozessoptionen,
- die Phasen- und Prozessebene mit Produktion, Nutzung, End-of-Life und Transport,
- die Bewertungsebene mit Emissions-Äquivalenten, Energie- und Wasserverbräuchen sowie explizit modellierten Unsicherheiten.

Der Wissensgraf ermöglicht Hot-Spot-Analysen entlang der Prozess- und Objektstruktur, Varianten- und Optionsvergleiche (z. B. Material- oder Fertigungsalternativen), regionale Anpassungen etwa über unterschiedliche Strommixe sowie den systematischen Umgang mit unsicheren oder geschätzten Daten, wie sie in frühen Entwicklungsphasen typisch sind. Der initiale Fokus der prototypischen Ausarbeitung liegt auf der CO₂-Berechnung, da hierfür die beste Datenverfügbarkeit in öffentlich zugänglichen Datenbanken besteht; weitere ökologische Wirkungskategorien sind jedoch konzeptionell vorgesehen und anschlussfähig. Die zugrunde liegende Methodik des wissensgrafbasierten Bewertungsansatzes wird aktuell wissenschaftlich weiter vertieft und formalisiert.

Zur Veranschaulichung der praktischen Anwendung wurde ergänzend eine beispielhafte Nutzerführung in Form eines Klick-Dummys entwickelt. Diese illustriert den vorgesehenen Ablauf von der Produktauswahl über die Definition der Bewertungsmetriken, die automatische Datenintegration aus dem Wissensgrafen, eine Vollständigkeitsprüfung, die Berechnung und Visualisierung der Ergebnisse bis hin zu Analyse-, Hot-Spot- und Variantenvergleichsfunktionen. Damit wird gezeigt, wie die konzeptionelle Methodik in eine nutzerfreundliche Softwarelogik überführt werden kann. In zwei Impulsvorträgen wurde das Konzept allgemein, die Methodik in Speziellen und eine prototypische Umsetzung durch Python-Skripte demonstriert.

Im Vergleich zu bestehenden Initiativen wie Catena-X verfolgt der im UAP8130 entwickelte Ansatz ausdrücklich keine rückwirkende, standardisierte Erfassung realer Lieferketten- und Produktionsdaten zur PCF-Berechnung. Stattdessen liegt der Fokus auf einer prospektiven, simulationsbasierten Nachhaltigkeitsbewertung zur Entscheidungsunterstützung in der Produktplanung und -entwicklung. Der Ansatz versteht sich damit als komplementär zu bestehenden Datenökosystemen, adressiert jedoch eine deutlich frühere Phase des Produktlebenszyklus und erweitert die Entwicklungsplattform um eine systematische, transparente und flexible Nachhaltigkeitsperspektive.



15.4. Wissenschaftliche Einbettung und begleitende Veröffentlichungen

Die im UAP8130 entwickelte Methodik zur entwicklungsnahe Nachhaltigkeitsbewertung wurde durch begleitende wissenschaftliche Arbeiten methodisch fundiert und validiert. Zur Analyse von Abläufen, Rollen und Entscheidungsstrukturen in Life Cycle Assessments wurde ein subjektorientiertes Modell zur Beschreibung von LCA-Prozessen entwickelt und veröffentlicht (Greif et al., 2025)⁸. Die Ergebnisse zeigen zentrale Grenzen klassischer LCA-Ansätze in frühen Entwicklungsphasen auf und lieferten wesentliche Anforderungen für vereinfachte, prospektive Bewertungsmethoden. Ergänzend wurde untersucht, wie Entscheidungen und Freiheitsgrade in der Produktentwicklung die Struktur und Durchführbarkeit von LCAs beeinflussen (Hauck & Greif, 2024)⁹. Der dort vorgestellte methodische Rahmen zur subjektorientierten Prozessmodellierung bildet eine konzeptionelle Grundlage für den im Projekt entwickelten wissensgraftbasierten Ansatz. Die empirische Umfrage zur Wahrnehmung ökologischer Nachhaltigkeit (D813A) wurde ebenfalls wissenschaftlich begleitet; ein methodischer Rahmen zur Gestaltung entsprechender Befragungen ist in Hauck, Greif und Skade (2024)¹⁰ veröffentlicht. Die Zusammenführung von Wissensgrafen, KI-Methoden und Nachhaltigkeitsbewertung in der Produktentwicklung wird schließlich in einer aktuellen Veröffentlichung von Hauck und Greif (2025)¹¹ in den Forschungskontext eingeordnet.

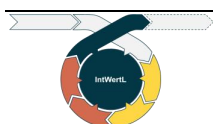
Insgesamt zeigt AP8100, dass ökologische Nachhaltigkeit sowohl quantitativ bewertbar als auch methodisch in frühe Entwicklungsphasen integrierbar ist. Die durchgeführten Ökobilanzen belegen den ökologischen Vorteil von Leichtbaukonzepten gegenüber konventionellen Elektrofahrzeugen. Gleichzeitig verdeutlichen die Arbeiten in UAP8130, dass klassische LCA-Ansätze für die Produktentwicklung nur eingeschränkt geeignet sind und durch vereinfachte, flexible Bewertungsmethoden ergänzt werden müssen. Mit der Kombination aus empirischer Nutzeranalyse, wissensgraftbasierter Methodik und konzeptioneller Nutzerführung liefert AP8100 eine belastbare Grundlage für die weitere Integration von Nachhaltigkeitsbewertung in digitale Engineering-Plattformen; die prototypische Umsetzung und Erprobung erfolgen in nachfolgenden APs.

⁸ Greif, Lucas, Hauck, Svenja, Elstermann, Matthes and Ovtcharova, Jivka. "A human-centric analysis of life cycle assessments: development and validation of a subject-oriented model" *International Journal of Production Research*, 2025, pp. 1-26.

⁹ Hauck, Svenja and Greif, Lucas. "Facilitating the Preparation of Life Cycle Assessment Through Subject-Oriented Process Modeling: A Methodological Framework" *Subject-Oriented Business Process Management. Models for Designing Digital Transformations*, edited by Matthes Elstermann and Matthias Lederer, Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 173-188.

¹⁰ Hauck, Svenja, Greif, Lucas and Skade, Kim. "A Methodological Framework for Survey Design: Investigating Perceptions of Product Sustainability - A Case Study" *Proceedings of the First International Conference on Sustainable Energy Education (SEED 2024)*, edited by Elena de la Poza Plaza, Amparo Blázquez-Soriano, Ruijing Wang and Annamaria Sereni, Editorial Universitat Politècnica de València, 2024, pp. 699-707.

¹¹ Hauck, Svenja and Greif, Lucas. "Sustainable Product Development and Production with AI and Knowledge Graphs" *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, vol. 120, no. s1, 2025, pp. 107-111.



16. Projektmonitoring/ Fazit

In der folgenden Tabelle 16-1 werden die geplanten und die tatsächlichen Daten der Arbeitspakete aufgelistet. Dabei beschreiben das geplante Startdatum und das Zieldatum den vorgesehenen Anfang und das geplante Ende der Arbeitspakete. Das tatsächliche Startdatum sowie das Fertigstellungsdatum geben an, wann die Arbeitspakete tatsächlich begonnen haben und wann sie abgeschlossen wurden.

Tabelle 16-1: Soll/Ist Abgleich Laufzeiten Plan der APs

#UAP	Laufzeit-Plan		Laufzeit-Ist	
	Geplantes Startdatum	Zieldatum	Tatsächliches Startdatum	Fertigstellungsdatum
1100	Prozess- & Anforderungsanalyse in der Plattformentwicklung (Produktentwicklung, Produktion)			
	01.09.2022	31.08.2025	27.09.2022	30.09.2025
1110	01.09.2022	30.11.2022	11.10.2022	12.12.2022
1120	01.11.2022	31.03.2023	14.12.2022	01.09.2023
1130	01.02.2023	31.05.2023	01.03.2023	01.09.2023
1140	01.09.2022	31.12.2022	17.10.2022	31.08.2023
1150	01.09.2022	31.08.2025	27.09.2022	30.09.2025
2100	Implementierung eines funktionierenden Plattformprototypen			
	01.09.2022	31.08.2023	27.09.2022	10.07.2024
2110	01.09.2022	31.08.2023	27.09.2022	31.08.2023
2120	01.11.2022	31.08.2023	15.12.2022	01.09.2023
2130	01.11.2022	30.06.2023	15.12.2022	01.09.2023
2140	01.09.2022	31.08.2023	17.10.2022	31.08.2023
2150	01.01.2023	31.08.2023	13.04.2023	31.08.2023
2160	01.03.2023	31.08.2023	03.05.2023	10.07.2024
2200	Weiterentwicklung Funktionalität Plattform			
	01.08.2023	31.12.2025	17.08.2023	25.11.2025

2210	01.08.2023	31.08.2025	30.10.2023	29.09.2025
2220	01.08.2023	31.12.2025	30.10.2023	24.10.2025
2230	01.07.2024	31.12.2025	04.06.2024	25.11.2025
3100	Identifikation von Geschäftsmodell-Potenzialen der Plattform			
	01.09.2022	31.12.2023	27.09.2022	25.11.2025
3110	01.09.2022	30.04.2023	26.10.2022	30.04.2023
3120	01.09.2022	30.04.2023	26.10.2022	30.04.2023
3130	01.12.2022	31.12.2023	01.12.2022	31.12.2023
3140	01.05.2023	31.12.2023	01.09.2025	25.11.2025
3200	Geschäftsmodelle und Veränderungsmanagement			
	01.05.2023	28.02.2025	27.07.2023	15.02.2026
3210	01.05.2023	31.12.2024	27.07.2023	25.11.2025
3220	01.04.2024	28.02.2025	04.06.2024	15.02.2026
4100	Prozessmodellierung, -management & -automatisierung (Dokumentation, Validierung, Homologation & Freigabe)			
	01.02.2023	28.02.2025	07.02.2023	28.02.2026
4110	01.02.2023	31.10.2024	07.02.2023	24.08.2024
4120	01.04.2023	31.12.2024	25.04.2023	28.02.2026
4130	01.06.2023	28.02.2025	01.06.2023	28.02.2026
5100	Partneranbindung und Onboarding (Stammdatenmanagement)			
	01.09.2022	31.08.2023	27.09.2022	31.08.2023
5110	01.09.2022	31.08.2023	27.09.2022	31.08.2023
5120	01.09.2022	31.03.2023	27.09.2022	31.03.2023
5130	01.03.2023	31.08.2023	27.09.2022	20.01.2026
5140	01.03.2023	31.08.2023	27.09.2022	31.08.2023

5150	01.09.2022	31.03.2023	27.09.2022	31.03.2023
5160	01.03.2023	31.08.2023	27.09.2022	31.08.2023
5170	01.09.2022	31.08.2023	27.09.2022	31.08.2023
5200	Erprobung und Validierung des dezentralen Engineering-Netzwerk			
	01.09.2023	28.02.2025	09.03.2023	26.06.2025
5210	01.09.2023	28.02.2024	04.09.2023	10.01.2025
5220	01.09.2023	28.02.2024	09.11.2023	26.06.2025
5230	01.11.2023	31.12.2024	06.11.2023	26.06.2025
5240	01.03.2024	28.02.2025	02.05.2024	26.06.2025
5300	Erprobung und Validierung dezentrales Produktions- und Beschaffungsnetzwerk			
	01.09.2023	28.02.2025	15.11.2023	02.02.2026
5310	01.09.2023	28.02.2024	15.11.2023	02.02.2026
5320	01.01.2024	30.09.2024	01.10.2024	26.06.2025
5330	01.06.2024	28.02.2025	30.09.2024	02.02.2026
6100	Markteinführung & Roll-Out der Entwicklungs- und Produktionsplattform			
	01.11.2023	30.11.2025	18.12.2023	19.12.2025
6110	01.11.2023	28.02.2025	18.12.2023	19.12.2025
6120	01.11.2023	28.02.2025	18.12.2023	19.12.2025
6130	01.11.2023	28.02.2025	18.12.2023	19.12.2025
6140	01.05.2024	30.11.2025	23.05.2024	19.12.2025
6200	Plattformbetrieb verstetigen und Onboarding weiterer Partner			
	01.03.2024	28.02.2026	27.03.2024	12.01.2026
6210	01.03.2024	28.02.2026	27.03.2024	12.01.2026
6220	01.03.2024	28.02.2026	27.03.2024	03.09.2025
6230	01.03.2024	28.02.2026	27.03.2024	11.06.2025
6300	Validierung Gesamtkonzept			

	01.10.2022	28.02.2026	27.09.2022	03.02.2026
6310	01.10.2022	30.04.2023	27.09.2022	12.07.2023
6320	01.10.2022	30.04.2023	27.09.2022	12.07.2023
6330	01.01.2023	31.03.2025	09.03.2023	03.02.2026
6340	01.07.2024	31.10.2025	30.08.2024	25.11.2025
6350	01.07.2025	28.02.2026	14.07.2025	13.10.2025
7100	Projektmanagement und Dissemination			
	01.09.2022	28.02.2026	01.09.2022	28.02.2026
7110	01.09.2022	28.02.2026	01.09.2022	28.02.2026
7120	01.09.2022	31.12.2023	27.09.2022	25.11.2025
7120	01.07.2023	28.02.2025	27.07.2023	25.11.2025
7130	01.05.2023	28.02.2025	04.06.2023	15.02.2026
7130	01.11.2023	28.02.2026	14.05.2025	12.01.2026
7140	01.12.2023	28.02.2026	01.09.2024	12.01.2026
7150	01.01.2024	28.02.2026	01.12.2024	28.02.2026
8100	Ökologische Bewertung des Plattformkonzepts und Integration von Life Cycle Assessment (LCA) Ansätzen			
	01.09.2022	31.08.2025	12.01.2023	20.01.2026
8110	01.09.2022	31.08.2025	12.01.2023	19.12.2023
8120	01.09.2022	31.08.2025	12.01.2023	31.07.2025
8130	01.09.2022	31.08.2025	12.01.2023	20.01.2026

In der folgenden Tabelle 16-2 sind die erstellten Deliverables den jeweiligen Meilensteinen zugeordnet. Im Projekt wurden die Deliverables an die Interessenten sowie das freigebende Institut übermittelt und anschließend durch eine Widerspruchsregelung sowie das Vier-Augen-Prinzip freigegeben.

Tabelle 16-2: Übersicht Deliverables

Meilenstein	UAP	Bezeichnung	Dokumententitel
M1	1110	111A	Identifikation von Rollen und Prozessen
		111B	Nutzer- und Prozessanalyse
		111C	Syntheseprozessmodell
	1120	112A	Stand der Technik Engineering-Plattformen
	1130	113A	Stand der Technik Produktionsplattformen
	1140	114A	Technische Spezifikation der Plattformarchitektur und Schnittstellendefinition
	2110	211A	Szenarioprozessmodell
		211B	User Journey Entwicklung
		211C	IntWertL Logo Dynamisch
		211D	User Journey Stadt
		211E	Frontend Layout Auftrag_CAD_Fertigung
		211F	Frontend Look Auftrag_CAD_Fertigung
		211G	Frontend Look MVP
		211H	Frontend OnBoarding
	2120	212A	Dokumentation / Anforderungsbeschreibung der Engineering-Plattform aus fachlicher Sicht
	2130	213A	Dokumentation / Anforderungsbeschreibung der Produktions-Plattform aus fachlicher Sicht

	214 0	214A	Dokumentation / Anforderungsbeschreibung der offenen Basis-Plattform aus technischer Sicht
	215 0	215A	Dokumentation / Anforderungsbeschreibung der Andockmöglichkeiten an die Plattform
	411 0	411A	Anforderungsmanagementprozess
		411B	Auftragsmanagementprozess
		411C	Anfrage-/Auftragsanbahnungsprozess
		411D	Netzwerkkofigurationprozess
		411E	Registrierungsprozess
	511 0	511A	Technische Anforderungen an die Datenverwaltung und -schnittstellen durch Plattformskalierung - Anforderungsbeschreibung
	512 0	512A	Anforderungsliste Plattform-Sicherheit
	513 0	513A	Anforderungsbeschreibung, Konzept vertragliche Rahmenbedingungen
	514 0	514A	Konzept und Empfehlung zu den notwendigen Anforderungen an den Schutz von geistigem Eigentum und technologischem Know-how trotz gemeinsamer Entwicklung von Produkten
	515 0	515A	Anforderungen an IT-Sicherheit und Datensouveränität
	517 0	517A	Ergebnis ist eine Prozessdarstellung des Onboarding Prozesses
M2/M 3	216 0	216A	Evaluierung des MVPs
	217 0	217A	Dokumentation der Ergebnisse aus den Deliverables 1120, 1130, 2120, 2130
	412 0	412A	Plattformkonzept
		412E	Integration Layer Documentation
		412L	Tractus-X EDC Deployment on AWS

4130	413A	Unterauftragssteuerung
	413B	Projektiitiierungs-Tool
	413E	IntegrationLayer
	413F	PASS-Online-Editor
	413G	3D Konfigurator
	413H	3D Viewer
	413I	STEP-Converter
	413J	Kenbun-KI-Services
	413K	Registrierung und "Plattform"
	413L	Unterauftragssteuerung
5210	521A	Prozessmodell des Engineering-Netzwerk s
5210	521B	Prozessflow-Modellierung zur Netzwerkertücktigung
5210	521C	Beschreibung der Daten-und Aspektmodeles zur Plattformertüchtigung
5220	522A	Fragenkatalog zur Analyse des Entwicklungsbedarfs
5220	522B	Definition offener Datenaustauschformate und einheitlicher Gestaltungsmethodik
5220	522C	Inputs, Outputs und fachlich relevante Schnittseltlen des Engineering-Netzwerk s
5230	523A	Modularisierungssystematik des Gesamtfahrzeugs
5230	523B	Katalogisierungs- und Parametrisierungspotenziale für Bauteile
5230	523C	Definition einer (Referenz-) Engineeringsystematik (Kleinserien PEP)

	523 0	523D	Analyse entwicklungsunterstützender Methoden und Tools
	523 0	523E	Rahmenwerk zur Integration von Auslegungs- Simulations- und Optimierungstools
	523 0	523F	Entwicklung und Bereitstellung eines integrationreifen Engineering-Tools
	524 0	524A	Praktische Erprobung des Engineering-Netzwerk s (anhand Use Case)
	524 0	524B	Validierung des Engineerinnetzwerks (anhand Use Case)
	531 0	531A	CAD-Datenanalyse der Use-Case-Daten
		531B	Erstellung eines Produzentenbefragungskatalogs
		531C	Finale Parameterdefinition
		531D	Integration in die Plattform
	532 0	532A	Praktsche Erprobung des Produktions-Netzwerks (anhand Use Cases)
		532B	Validierung des Produktionsnetzwerks
	533 0	533A	Bereitstellung der Ergebnisse für andere Arbeitspakete
	611 0	611A	Customer Journeys
		611B	Benutzervalidierung
		612A	Marktanalysen/-studien
		613A	Validierung des Prototyps
		614A	Entwicklung der Funktionen
M4	311 0	311A	Marktanalyse – Engineering-Plattformen
	312 0	312A	Marktanalyse – Produktionsplattformen

	313 0	313A	Analyse der individuellen Geschäftsmodelle der Projektpartner
		313B	Analyse des Nutzfahzeugmarktes
		313C	Analyse der Zielgruppen und des Plattformökosystems
	321 0	314A	Validierung des Geschäftsmodells von EcoVity
		314B	Prozess zur Weiterentwicklung des Geschäftsmodells
		321A	Beschreibung des Plattformnutzens
		321B	Entwicklung des Betreibermodells
		321C	Beschreibung der Kostenstruktur
		321D	Entwicklung der Monetarisierungsstrategie
	322 0	322A	Vision, Roadmap
		322B	Treiber, Hemmnisse und Eintrittsbarrieren der Plattformnutzer
		322C	Kultureller Wandel und Nutzungsrechte
M5/M 6	115 0	115A	Datensouveränität und -sicherheit
	516 0	516A	Dokumentation der Ergebnisse aus der Erprobung der IT-Security-Maßnahmen anhand des Plattformprototypen.
	532 0	532A	
	621 0	621A	Erarbeitung stakeholderspezifischer Sichtbarkeitskonzepte der Plattform
		621B	Erarbeitung stakeholderspezifischer Sichtbarkeitskonzepte der Plattform
	622 0	622A	Funktionale Plattfromptimierung und Supportprozesse
	623 0	623A	Verstetigung der Optimierung der strategischen Ausrichtung
	631 0	631A	Dokumentation der Anforderungsdefinition

	632 0	632A	Dokument zur Definition der Inputparameter
	633 0	633A	Dokument zur Evaluation des Engineering- und Produktionsnetzwerks
	634 0	634A	prototypische(s) Komponente/Bauteil
	635 0	635A	Dokument zur Evaluation der Plattform
	811 0	811A	Ökologischer Nutzen der Engineering- und Produktionsplattform
		811B	Ökologischer Nutzen der Engineering- und Produktionsplattform
		811C	Ökologischer Nutzen der Engineering- und Produktionsplattform
		811D	Ökologischer Nutzen der Engineering- und Produktionsplattform
	812 0	812A	Ökologischer Nutzen der Engineering- und Produktionsplattform
	813 0	813A	Konzept zur Nachhaltigkeitsbewertung
		813B	Umfrage zum Thema Wahrnehmung der ökologischen Nachhaltigkeit